

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL EM UM  
LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E  
CONSEQÜÊNCIAS EM PASTAGEM DEGRADADA DE *Brachiaria  
decumbens***

ERIVALDO DE JESUS DA SILVA

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
JUNHO DE 2010

**SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL EM UM  
LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E  
CONSEQÜÊNCIAS EM PASTAGEM DEGRADADA DE *Brachiaria*  
*decumbens***

**ERIVALDO DE JESUS DA SILVA**  
Engenheiro Agrônomo  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2007

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração Ciência do Solo.

**Orientador:** Prof. Dr. Joelito de Oliveira Rezende  
**Co-orientador:** Prof. João Albany Costa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
ERIVALDO DE JESUS DA SILVA**

---

Prof. Dr. Joelito de Oliveira Rezende  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
(Orientador)

---

Dr. José Marques Pereira  
CEPLAC - CEPEC

---

Prof. Dr. Marcos Roberto da Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em .....

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em .....

A Deus, em primeiro lugar, e aos meus pais – Maria José Barbosa de Jesus (*in memoriam*) e Antonio Faleiro da Silva (*in memoriam*), por serem, antes de tudo, a razão de minha existência. E também a minha pequena família: minha amada Lêda e ao meu amado filho Maurinho, os divisores de água de minha vida, o meu porto seguro...

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB.

Ao Mestrado em Ciências Agrárias – CCAAB/UFRB

À Universidade Federal de Viçosa – UFV

Ao meu orientador Prof. Dr. Joelito de Oliveira Rezende pelos ensinamentos, da ciência e da vida, e por ser o exemplo de dedicação e profissionalismo, acima de tudo.

Ao Professores, Dr. Carlos da Silva Ledo e ao professor João Albany, pela orientação nas interpretações dos resultados estatísticos.

Ao Professores, Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos, Jorge Antonio Gonzaga, José Fernandes de Melo Filho, Luciano da Silva Souza, Maria de Fátima Peixoto, Paula Ângela Alcoforado e Washington Cotrin Duete, a todos pela dedicação, seriedade e comprometimento com instituição e a sociedade.

Aos amigos do “prédio de química” Ubiratam de Oliveira, Leandro Gonçalves, José Augusto Monteiro, Joctan Coutos, Cássio Boechardt, Marcela Bonfim, Ana Paula, Aline Angelli, Drielle, Peterson, Bruce, Fábio, Ralph, enfim, a todos pela valiosa amizade conquistada ao longo dessa jornada e pela participação, de alguma forma, na realização deste trabalho.

Aos amigos do Minter Nelson, Adriana, Genésio, Marcão,... Pela amizade e consideração nessa jornada.

Aos amigos de luta no CCAAB/UFRB – Às minhas chefas, prof., Cristiane Aguiar e Nelsiane Magalhães, pela amizade e pelo exemplo de responsabilidade e dedicação. E também aos colegas do GEINFRA pela ajuda mútua na resolução dos problemas e execução das atividades.

Aos meus irmãos e aos sobrinhos Rebeca, Raquel, Marlus, Alana, Tailine e Isabeli.

# SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>Capítulo 1</b>	
SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL COMO AGENTES MODIFICADORES DE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E CONSEQUÊNCIAS NO CRESCIMENTO RADICULAR DE <i>Brachiaria decumbens</i> .....	20
<b>Capítulo 2</b>	
SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL EM LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E CONSEQUÊNCIAS NO ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA DE PASTAGEM DEGRADADA DE <i>Brachiaria decumbens</i> .....	54
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	73
<b>APÊNDICES</b> .....	74

## **SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL EM UM LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E CONSEQÜÊNCIAS EM PASTAGEM DEGRADADA DE *Brachiaria decumbens***

Autor: Erivaldo de Jesus da Silva

Orientador: Joelito de Oliveira Rezende

Co-Orientador: João Albany da Costa

**RESUMO:** Degradação de pastagem é um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural das pastagens, inviabilizando economicamente a produção e a qualidade da forragem exigida pelos animais. Tal processo pode ser de origem física, e/ou química e/ou biológica. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da subsolagem, correção da acidez e adubação mineral em um Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro e as conseqüências em uma pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. Tal avaliação foi feita por meio de indicadores físicos (densidade, porosidade e resistência mecânica do solo à penetração), químicos (valores de pH, hidrogênio, alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de base, saturação por bases, CTC) e biológicos (crescimento radicular, densidade de raiz e produção de massa verde e seca da parte aérea das plantas). O experimento foi instalado no Campus da UFRB, no Município de Cruz das Almas, com delineamento experimental em parcela subdividida. Verificou-se que a subsolagem aumentou a porosidade total do solo - principalmente a macroporosidade - diminuiu a densidade e a resistência do solo à penetração radicular e contribuiu para maior movimentação dos nutrientes ao longo do perfil do solo. Associada à subsolagem, a calagem reduziu os teores de  $Al^{+3}$ , elevou o pH, a saturação por bases trocáveis (valor V%) e a CTC (efetiva). A combinação subsolagem, calagem, nitrogênio, fósforo e potássio melhorou o ambiente radicular das plantas, promovendo aumento do crescimento e densidade de raízes. Os nutrientes nitrogênio e potássio foram os responsáveis pelas maiores produções de massas verde e seca da gramínea, nas épocas avaliadas. A subsolagem quando associada à aplicação dos nutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio e calagem, proporcionou aumentos nos teores de fósforo, potássio e cálcio da parte aérea da planta.

**Palavras-chave:** Densidade do solo, porosidade do solo, resistência do solo à penetração radicular, crescimento e densidade de raiz.

## **SUBSOILING, LIMING AND MINERAL OXISOL COHESIVE IN COASTAL DECK AND CONSEQUENCES IN DEGRADED PASTURE OF *Brachiaria decumbens***

Author: Erivaldo de Jesus da Silva

Advisor: Joelito de Oliveira Rezende

Co-Advisor João Albany da Costa

**ABSTRACT:** Degradation of pasture is an evolving process of loss of vigor, productivity and resilience of natural pasture, preventing the production cost and quality of forage required by animals. This process can be caused by physical and /or chemical and /or biological. The aim of this study was to evaluate the effects of subsoiling, correct acidity and mineral fertilizer on a Typic Cohesive Coastal Board and the consequences of a degraded pasture of *Brachiaria decumbens*. This evaluation was performed using the following indicators bulk density, porosity and soil resistance to penetration) chemical (pH, hydrogen, aluminum, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sum of base, base saturation, CTC) and biological (root growth and root density). The experiment was installed on campus UFRB in the city of Cruz das Almas, with a split plot experimental design. It was found that subsoiling increased total soil porosity - mainly macroporosity - decreased density and soil resistance to root penetration and contributed to greater movement of nutrients through the soil profile. Associated with subsoiling, liming decreased the concentration of  $Al^{+3}$ , increased pH, exchangeable base saturation (V% value) and CTC (effective). The combination of subsoiling, liming, nitrogen, phosphorus and potassium improved the rooting environment of plants, increasing growth and root density. The nutrients nitrogen and potassium were responsible for the highest yields of green mass and dry grass, in the periods. Subsoiling when associated with nutrients, nitrogen, phosphorus, potassium and lime, provided increases in levels of phosphorus, potassium and calcium in the plant canopy.

**Key-words:** Bulk density, soil porosity, soil resistance to root penetration, growth and root density.



# INTRODUÇÃO

## 1. Importância das pastagens nas regiões tropicais

As pastagens são o componente principal da dieta dos ruminantes nas regiões tropicais, além de ser a forma mais econômica e viável de alimentação desses grupos de animais. Quando bem manejadas, são capazes de sustentar níveis satisfatórios de produção de leite e carne, sobretudo nas épocas mais favoráveis do ano, suprimindo as necessidades de energia, proteína, minerais e vitaminas essenciais à produção animal. Portanto, qualquer alternativa de alimentação para substituí-las traduz-se em acréscimos de custos consideráveis, principalmente quando há dificuldades de produção (Vasconcelos 2006; Benedetti, 1994). No Brasil elas representam a sustentação da bovinocultura. Na maioria das propriedades o desconhecimento de sua fisiologia, exigências climáticas e de fertilidade do solo acarretam em manejo inadequado das forrageiras que as compõem (Souza Neto & Pedreira, 2004; Vasconcelos, 2006).

De acordo com informações publicadas no último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), o rebanho brasileiro passou de 153 058 275 de cabeças em 1996 para 171 613 337 em 2006 (cerca de 12% de aumento) (Quadro 1). Por outro lado, a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) aponta que as áreas destinadas às pastagens caíram de 177,7 milhões de hectares para 158,75 milhões de hectares, resultando numa redução 10,66% - o que significa dizer que 18,95 milhões de hectares foram ocupados com outras atividades, a exemplo de soja e cana-de-açúcar. Houve diminuição da área de pastagens naturais, de 78,0 milhões para 57,3 milhões de hectares, assim como a elevação da área de pastagens plantadas, de 99,6 milhões de hectares em 1996, para 101,4 milhões de hectares no mesmo ano. A produção de leite passou de 17,93 bilhões de litros, em 1996, para 20,16 bilhões de litros, em 2006, indicando crescimento de 12,42%.

**Quadro 1.** Números do Censo Agropecuário 2006, divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Descrição	Área (ha)		Dif	Var.(%)
	1996	2006		
Pastagens naturais (ha)	78 048 463	57 316 457	-20 732 006	-26,56
Pastagens plantadas (ha)	99 652 009	101 437 409	1 785 400	1,79
Área total de pastagens (ha)	177 700 472	158 753 866	-18 946 606	-10,66
Rebanho bovino (cabeças)	153 058 275	171 613 337	18 555 062	12,12
Bovinos/ha	0,86	1,08	0,22	25,58
Produção de leite (mil litros)	17 931 249	20 157 683	2 226 434	12,42
Estabelecimento de bovinos	2 698 197	2 673 176	-25 021	-0,93
Estabelecimento de leite	1 810 041	1 349 326	-460 715	-25,45
Vacas ordenhadas (mil cabeças)	13 719	12 637	-1 082	-7,89
Litros de leite/vaca/ano	1 307	1 595	288	22,04

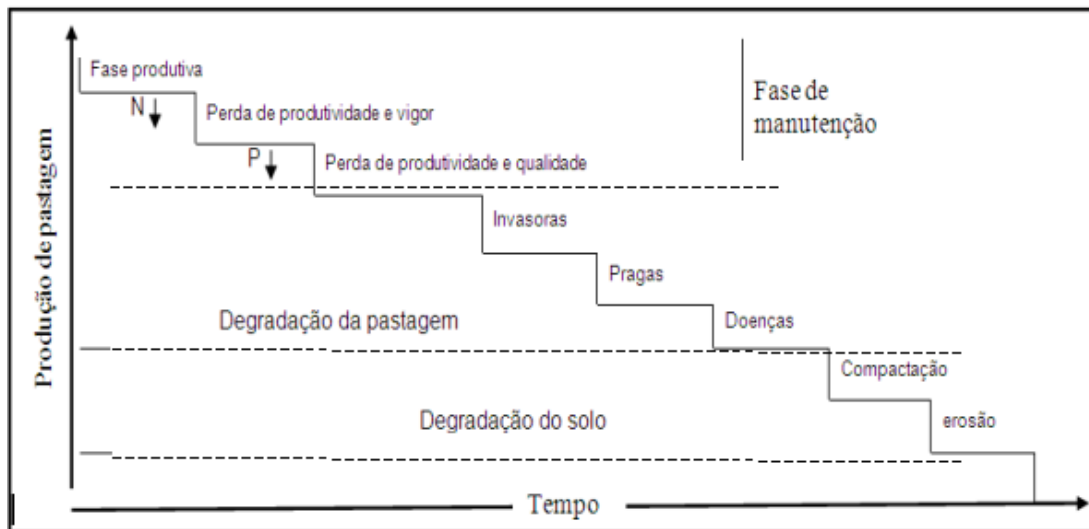
Fonte: IBGE, 2006.

Um aspecto importante que se deve considerar é que, na grande maioria dos estabelecimentos de pecuária, as áreas destinadas ao pastejo, são marginais e possuem solos de baixa qualidade química e física. Ou são aquelas que não se prestam mais à exploração agrícola pelo esgotamento de sua fertilidade natural e, por isso, são destinadas ao estabelecimento de pastagens, apresentando problemas de produtividade e de sustentabilidade de produção. Segundo Souza Neto & Pedreira (2004), o cenário predominante tanto no exterior quanto no Brasil mostra que, devido ao desconhecimento, questões econômicas e situações particulares dos sistemas de produção em que está inserida, grande parte das pastagens encontra-se degradada. Tais pastagens passam a suportar taxas de lotação cada vez menores, apresentam áreas descobertas seguido de presença significativa de invasoras e, por fim, queda na produtividade animal a níveis tão baixos que a alternativa é a substituição das forrageiras existentes por outras mais produtivas, com conseqüente ônus econômicos e técnicos decorrentes dessa substituição.

### 1.1 Degradação de pastagem

Macedo (1999) definiu degradação de pastagens como um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural das pastagens, para sustentar economicamente os níveis de produção natural e de qualidade exigida pelos animais, assim como superar os efeitos nocivos de pragas,

doenças e invasora, culminando com a erosão do solo em razão do manejo inadequado (Figura 1).



Fonte: Macedo (1999)

**Figura 1.** Representação simplificada do processo de degradação da pastagem cultivada em suas diferentes etapas no tempo.

Souza Neto & Pedreira (2004) discutiram sobre métodos de classificação de pastagem degradada. Esclarecem que normalmente, para a classificação do grau de degradação das pastagens, são idealizadas situações extremas, a exemplo de uma pastagem ideal, isto é, com alta produção da forragem de interesse, nenhuma presença de plantas invasoras ou erosão, em contraposição à outra totalmente degradada, com elevada presença de invasoras, produção baixa e presença de erosão.

Para Macedo (2005), uma das características indicativas mais notadas no processo de degradação das pastagens é a capacidade de suporte animal ao longo do tempo e que seu acompanhamento criterioso permite antecipar etapas mais graves do processo de degradação. O autor aponta algumas das principais causas da degradação das pastagens: excesso de lotação animal, sistemas inapropriados de pastejo, práticas inapropriadas de preparo do solo, ausência de práticas de conservação, ausência ou uso inadequado de adubação de manutenção e também da correção da acidez do solo.

O superpastejo quebra o equilíbrio entre a ciclagem de nutrientes e o crescimento da gramínea, reduzindo o vigor das plantas, a capacidade de rebrota e a produção de sementes. A consequência desses efeitos é a redução da

produtividade e uma menor capacidade de competição com invasoras e gramíneas nativas (Nascimento Júnior et al., 1999). Naturalmente, o principal efeito provocado pelos animais é a desfolhação, pois reduz a área foliar prejudicando a síntese dos carboidratos de reserva, o perfilhamento, o crescimento de raízes e o surgimento de novas folhas. Além disso, afeta o ambiente da pastagem, a exemplo da penetração da luz, temperatura e umidade do solo, que são fatores que afetam o crescimento das forrageiras. Esses efeitos serão tanto maiores quanto maior for o estresse imposto pelo ambiente ao crescimento da planta. Assim, quando o estresse ambiental é alto, o estresse provocado pelo pastejo torna-se crítico. Sendo este o fator mais manipulável no sistema, surge então a oportunidade de o homem, por meio do manejo, definir o grau de dano a que o ecossistema pode ser submetido sem comprometer a produtividade e a persistência da pastagem.

A redução da fertilidade do solo é outro importante fator que contribui para o processo de degradação das pastagens. Para Werner et al., (2001), o solo não é uma fonte inesgotável de nutrientes, cujas quantidades variam inclusive de solo para solo. Além disso, existem nutrientes que se esgotam mais rapidamente do que outros, em virtude da lixiviação e remoção pelas plantas. Resulta, por isso, a necessidade de equilíbrio entre os vários elementos do solo, para que seja garantido o desenvolvimento normal das plantas.

## **1.2 Recuperação de pastagem degradada**

As áreas de pastagens diminuirão nos próximos 10 anos enquanto o rebanho crescerá, sendo necessário, portanto, ampliar a capacidade de suporte das pastagens (ANUALPEC, 2009). Esse aumento exigirá a utilização de grandes quantidades de insumos. Prevê-se que aproximadamente 50% do incremento na capacidade de suporte serão provenientes do aumento das adubações de pastagens. A importância relativa de cada um dos componentes do sistema solo-pasto-animal sobre a perenidade e produtividade das pastagens irá variar em função das peculiaridades intrínsecas a cada região. Todavia, a baixa fertilidade natural da maioria dos solos nos trópicos e o elevado potencial de extração de nutrientes das pastagens tropicais indicam que a manutenção e reposição da fertilidade do solo são premissas básicas para garantir a longevidade e produtividade destas pastagens (Martha Júnior & Corsi, 2001).

Macedo (2005) divide a recuperação de pastagens em dois métodos, o direto e o indireto. No primeiro caso, faz-se uso de práticas mecânicas (escarificação, subsolagem, gradagem, aração, aplicação superficial à lanço de insumos, etc.) e químicas (calagem, gessagem e adubação), aplicadas com o intuito de revigorar a pastagem sem substituir a espécie existente; no segundo caso, faz-se por meio práticas mecânicas, químicas e culturais, utilizando-se de uma pastagem anual (milheto, aveia, etc.) ou de uma lavoura anual de grãos (milho, soja, arroz, etc.). A escolha da operação dependerá do estágio de degradação da pastagem: quanto mais avançado o grau de degradação mais drástica deverá ser a ação mecânica.

De acordo com Fernandes (2001), citado por Vasconcelos (2006), consegue-se aumento na capacidade de suporte da pastagem de 0,50 a 0,60 UA.ha<sup>-1</sup>, para 0,80 a 0,96 UA.ha<sup>-1</sup> se tecnologias menos complexas forem adotadas no início da degradação, tais como: controle da plantas daninhas, correção da acidez e adubação superficial a lanço, descanso do pasto por um período de 60 a 120 dias, ou até, menos, a depender das condições climáticas e adoção de práticas adequadas de manejo. Isso deve ser feito quando as plantas começarem a perder vigor e produtividade, pois o custo e o tempo gastos para a recuperação serão relativamente menores. Para Peron & Evangelista (2004), nos casos em que o nível de degradação ainda não atingiu o máximo, onde há existência de pouco solo descoberto e não compactado, realiza-se a recuperação da fertilidade do solo. A correção de cálcio e magnésio, bem como da acidez do solo, é necessária, e a aplicação do calcário para esse fim pode ser a lanço ou incorporado. O que define essa prática é boa presença de plantas e a baixa quantidade de calcário a ser aplicado solo.

Para Luz et al., (2004), a utilização da prática da calagem traz benefícios para atributos químicos do solo, principalmente aqueles envolvidos no processo de acidificação; e a aplicação superficial promove reflexos significativos no perfil do solo (0 – 20 / 20 – 40 cm). Para Sousa et al., (2004), a calagem é fator condicionante para respostas positivas da adubação fosfatadas, bem como para aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados solúveis. Vasconcelos (2006), relata que a adubação fosfatada para manutenção da fertilidade do solo visa garantir a produtividade e a disponibilidade de P mais adequado a forrageira; e que, a adubação fosfatada eleva a eficiência da adubação nitrogenada, em função da correlação existente entre esses dois nutrientes.

### 1.2.1 Acidificação do solo e necessidade de correção em áreas de pastagem

Nas regiões tropicais, a acidificação do solo pode ser descrita como um processo contínuo, onde a presença do íon  $H^+$  pode ser resultante da hidrólise do  $CO_2$  produzido pela biomassa, da dissociação dos radicais orgânicos e do metabolismo vegetal excretado diretamente na rizosfera (Siqueira, 1986). O uso de fertilizantes nitrogenados - aos quais as forrageiras tropicais respondem muito bem em produção - em altas doses leva à acidificação do solo, com reflexos negativos na produtividade da pastagem com o decorrer do tempo, mesmo com o uso de espécies tolerantes à acidez, como as braquiárias (Carvalho, 1992, citado por Primavesi et al., 2004).

Para Foth (1978), a concentração de hidrogênio ( $H^+$ ) não afeta diretamente o desenvolvimento vegetal, exceto em casos extremos. O fato é que a elevada acidez de grande parte dos solos tropicais condiciona uma alta atividade do  $Al^{3+}$  na solução do solo, deficiência de Ca, Mg e fósforo (P), além da toxidez por Mn. Assim, o  $Al^{3+}$  constitui um componente importante na acidez dos solos. Seu efeito sobre as plantas e sua concentração na solução do solo depende do pH, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons.

Segundo Fernandes & Rossiello (1986), o  $Al^{3+}$  solúvel exerce efeitos tóxicos diretos sobre o crescimento vegetal, especialmente sobre o desenvolvimento radicular: a absorção e a acumulação de  $Al^{3+}$  no sistema radicular afetam primariamente a extensibilidade da raiz. De acordo com os autores, o  $Al^{3+}$  se liga primariamente às cargas negativas da parede celular (originadas da dissociação de radicais carboxílicos da fração pectina), sendo fortemente adsorvido em ligações parcialmente covalentes. Este tipo de ligação é evidenciado pela rápida redução da capacidade de troca de catiônica (CTC) das raízes.

Para se adaptar às condições locais do solo com elevada acidez, diferentes espécie de plantas desenvolveram mecanismos de tolerância ao alumínio (Sousa et al., 2007). A tolerância ao Al pode ocorrer em plantas eficientes em absorver e translocar P para atender a parte aérea. Parte do P absorvido é utilizada para precipitar o Al nas raízes, já que, segundo o autor, os efeitos tóxicos do Al manifestam-se tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, por meio de sintomas anatômicos e morfológicos. Apesar da tolerância das espécies forrageiras tropicais à acidez, recomenda-se a calagem, pois o aumento dos teores de cálcio,

sobretudo em camadas subsuperficiais do solo, favorece o crescimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutriente em maior volume de solo, o que torna as plantas mais tolerantes aos efeitos dos veranicos.

A principal estratégia para mitigar ou mesmo eliminar a toxidez por Al está na elevação do pH para valores em torno de 5,5, de modo a diminuir sua atividade na solução do solo (Kaminski & Rheinheimer, 2000). Isto poderá ser conseguido com a utilização do calcário como corretivo da acidez, pois, em quantidades adequadas, contribui para os seguintes benefícios: neutralização do  $Al^{3+}$ ; aumento da disponibilidade de nutrientes (a exemplo do P); melhora o ambiente para os microorganismos fixadores de  $N_2$  atmosférico; aumento dos teores de Ca no solo - que pode amenizar os efeitos da toxidez, já que ele é responsável pela manutenção da integridade da membrana plasmática de células; melhora a eficiência do uso do P dos fertilizantes fosfatados solúveis, mesmo em sistema que incluem espécies forrageiras tolerantes a acidez; aumenta a CTC, que proporciona maior capacidade de retenção dos cátions. (Kaminski et al., 2007).

Necessidade de calagem (NC) pode ser definida como a quantidade de calcário com poder relativo de neutralização (PRNT) 100% a ser aplicada no solo para diminuir sua acidez até um nível desejado. Para Freire et al., (2005), os critérios de recomendação de calagem dependem dos objetivos e dos princípios analíticos envolvidos. Está relacionada com o teor e o tipo de argila e o teor de matéria orgânica no solo, que caracterizam a capacidade tampão da acidez.

Os métodos para a estimativa da NC têm como objetivos a neutralização da acidez trocável e a elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis ou elevação da saturação por bases. De acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, a correção da acidez e de adubação para a manutenção de pastagens intensivas são baseadas na análise de solo de amostras coletadas nos 10 cm superficiais. Para fins de correção, problemas relacionados com a acidez em camadas mais profundas, recomendam-se amostragens mais profundas (Alvarez & Ribeiro, 1999).

Prochnow (2008) afirma que corrigir a acidez em camadas profundas do solo (abaixo de 30 cm) geralmente não é econômico; reconhece, entretanto, que se o solo não for corrigido, a acidez abaixo desta profundidade pode persistir e influenciar negativamente o amplo desenvolvimento do sistema radicular, uma vez que a presença de  $Al^{3+}$  e/ou ausência de Ca – muito comum nas condições dos solos

ácidos da região tropical – restringem severamente o desenvolvimento radicular. O autor cita, ainda, que o gesso (sulfato de cálcio,  $\text{CaSO}_4$ ) é mais solúvel do que o calcário e quando aplicado em doses corretas leva à melhoria do ambiente radicular em subsuperfície (aumenta os teores de Ca e/ou diminui a atividade do  $\text{Al}^{3+}$ ), permitindo, assim, maior desenvolvimento do sistema radicular.

O gesso, que possui de 14 a 17% de enxofre (S), tem sido recomendado para melhorar o ambiente radicular em camadas mais profundas do solo. É preciso, entretanto, cautela na sua utilização, pois a gessagem pode conduzir a um desequilíbrio nas bases do solo ou à lixiviação indesejável de outros cátions trocáveis, como do potássio e do magnésio (Siqueira, 1986). Para se evitar os efeitos negativos do gesso, este deverá ser combinado ao calcário dolomítico. Quanto à quantidade a ser aplicada, tem-se recomendado a substituição de 25% do CaO do calcário necessário para a correção da acidez da camada subsuperficial do solo. Pode ser aplicado junto com o calcário e incorporado na camada arável ou em superfície em pastagens já estabelecida.

### 1.2.2 Necessidade de adubos em solo sob pastagem.

A recuperação da fertilidade do solo em sistemas intensivos de utilização de pastagens deve ser iniciado elevando-se a saturação por base para 70%, a fim de elevar o pH para 5,5, quando o  $\text{Al}^{+3}$  se precipita (Vasconcelos, 2006). Para formação e manutenção das forrageiras, Werner et.al. (1996) sugerem os dados do Quadro 2, onde se verifica que os valores de saturação por bases (V) tanto para implantação como para manutenção do capim *Brachiaria decumbens* seria de 40 %.

**Quadro 2** - Valores recomendados para saturação por bases (V) de acordo com os níveis de exigência de fertilidade pelas forrageiras.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
Formação = 70 %	Formação = 60 %	Formação = 40%
Manutenção = 60 %	Manutenção = 50 %	Manutenção = 40 %
Elefante (napier), Aruana,	Andropogon, Braquiarão,	<i>B. decumbens</i> , <i>B.</i>
Centenário, Tobiata, Tanzânia-1,	Mombaça, Green-panic,	<i>humidicola</i> ,
Vencedor, Tiftons, Coast-cross,	Estrelas, Ramirez	Gordura, Setária,
Pangola, Transvala		Gramão, Pensacola

Fonte: Werner et.al., (1996)



A recomendação da adubação nitrogenada normalmente é realizada de acordo com a exigência das espécies, pois há variação até mesmo dentro do mesmo gênero. Além da variação na dose de N a ser aplicada, é necessário levar em consideração o sistema de pastejo – taxa de lotação a se utilizada - para se obter um sistema sustentável de exploração animal (Costa et al., 2006). Muitas vezes esses fatores determinantes para uma alta produção animal não têm sido considerados.

A disponibilidade de N no solo depende do balanço entre os processos de mineralização e os de imobilização (Cas, 2009). Em pastagens tropicais extensivamente manejadas, sem adubação nitrogenada, a disponibilidade de N depende, em grande parte, da mineralização do N dos resíduos vegetais. Embora parte das exigências da planta por N possa ser suprida pela absorção direta de formas orgânicas de N, como aminoácidos e moléculas de uréia, a quase totalidade dessas exigências é atendida pela absorção de formas minerais de N, como o nitrato ( $\text{NO}_3$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (Whitehead, 1995). Dessa maneira, as exigências da planta são contempladas pelo somatório de N mineral proveniente da atmosfera, de fertilizantes e de resíduos orgânicos adicionados no solo.

A fonte do fertilizante nitrogenado pode interferir no resultado econômico da adubação nitrogenada de pastagens. Pelo lado biológico, o uso de diferentes fontes visa aumentar a recuperação do N aplicado no sistema solo-planta, minimizar as perdas de N-fertilizantes ou, ainda, fornecer outros nutrientes à planta forrageira em adição ao N (Martha Júnior et al., 2004).

Existem várias fontes de nitrogênio que podem ser usadas em pastagens, contudo, as mais comuns são a uréia (44 a 46% N), o sulfato de amônio (20 a 21% N) e o nitrato de amônio (32 a 33% N). A uréia tem como vantagem menor custo por quilograma de nitrogênio, apresenta alta concentração de N, é de fácil manipulação e causa menor acidificação no solo, o que a torna, do ponto de vista econômico, potencialmente superior a outras fontes (Primavesi et al., 2004). Contrapõe-se a essa vantagem a expectativa de elevada perda de N por volatilização quando de sua aplicação em pastagens. Por isso, tem sido proposto o uso de misturas de sais (geralmente sulfato ou cloreto) com uréia, com o objetivo de reduzir tais perdas e de baratear o custo da adubação em comparação com o uso exclusivo de fontes nítricas e amoniacais (Martha Júnior et al., 2004). O sulfato de amônio apresenta a

vantagens de menor perda de N e de ser fonte de enxofre (24% S), embora apresente maior custo por quilograma de N (Primavesi et al., 2004).

A deficiência de fósforo é comum na maioria dos solos brasileiros, onde sua aplicação promove aumento da produção e perfilhamento das gramíneas. Comumente, considera-se solo com baixo teor de fósforo aquele que tem menos de  $5,4 \text{ mg dm}^{-3}$  deste elemento e solo com bom teor o que apresenta acima de  $8 \text{ mg dm}^{-3}$ . A interpretação do teor ideal de fósforo, entretanto, depende do percentual de argila do solo (Quadro 3).

**Quadro 3.** Classes de interpretação da disponibilidade para fósforo (Mehlich 1) de acordo com o teor de argila do solo.

Argila (%)	Classificação			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom
-----Fósforo disponível ( $\text{mg dm}^{-1}$ )-----				
60 – 100	$\leq 2,7$	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0
35 – 60	$\leq 4,0$	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0
15 – 35	$\leq 6,6$	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0
0 - 15	$\leq 10,0$	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0

Fonte: Purcino et.al (2005)

Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, praticamente todo o P é retido na fase sólida depois de sua dissolução, formando compostos menos solúveis; Parte do P aplicado pode, entretanto, ser aproveitado pelas plantas forrageiras. A magnitude dessa recuperação depende principalmente da espécie cultivada, da textura do solo, tipos de minerais de argila, da acidez do solo e das condições climáticas (Sousa et al., 2004).

De acordo com Corsi, (1989) citado por Vasconcelos (2006), as pastagens, ricas em cobertura morta, criam condições para resultados eficientes quando da aplicação superficial de fósforo no solo. Nesse ambiente, a fixação com o  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  e  $\text{Mn}^{+2}$  diminui, já que o contato do nutriente com o solo é menor: o  $\text{Al}^{+3}$  e o  $\text{Fe}^{+3}$  reagem com radicais carboxílicos da matéria orgânica e não com o fósforo, deixando-o disponíveis para as plantas; o calcário aplicado na superfície do solo reage com o fósforo formando fosfatos de cálcio que são mais solúveis do que compostos de fósforo ligados a  $\text{Al}^{+3}$  e  $\text{Fe}^{+3}$ . Assim, segundo o autor, o fósforo aplicado em cobertura em sistemas de pastagens dá resultado eficiente, pois o

nutriente é absorvido pelo emaranhado de raízes que se formam nos primeiros cinco centímetros de profundidade.

Quanto ao potássio, ocorre reposição desuniforme e insuficiente por meio de fezes e urina dos animais quando do pastejo. Por isso, a adubação potássica faz-se necessária, com muito mais intensidade em áreas com forrageiras destinadas ao corte. Teores de K no solo até  $16 \text{ mg dm}^{-3}$  são considerados baixos; acima de  $71 \text{ mg dm}^{-3}$ , bons. Recomenda-se que a adubação seja parcelada em duas ou mais aplicações durante a fase produtiva da forrageira. Adubação com potássio em excesso pode provocar consumo de luxo na planta ou lixiviação.

### **1.3 A gramínea *Brachiaria decumbens***

A introdução de *B. decumbens* no Brasil a partir da década de 70 contribuiu de forma significativa para o aumento das áreas de pastagens, devido a sua boa adaptação aos solos de baixa fertilidade, a exemplo do que ocorreu na região de cerrado, que sofreu grande transformação da bovinocultura (Vasconcelos, 2006).

Nas regiões tropicais e subtropicais do Brasil são semeados, anualmente, cerca de 5,5 milhões de hectares de pastagens perenes, incluindo formação, recuperação e renovação. Nesse particular, o interesse pelas braquiárias (*B. decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicola*) corresponde a cerca de 80% do mercado de sementes forrageiras; somente a demanda por *B. brizantha* perfaz mais de 50% deste mercado (Zimmer & Corrêa, 1993). Essa região, de solos pobres quimicamente, foi vítima de rápido processo de degradação das pastagens, por deficiência de manejo, inclusive falta de reposição de nutrientes (Nascimento Júnior, 1999). Estima-se que a *Brachiaria decumbens* ocupa 50% dos 50 milhões de hectares com pastagens cultivadas nos Cerrados. A área restante é ocupada por outras espécies de grande importância, a exemplo de *Brachiaria brizantha*, *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum*. Essas pastagens, ao longo de muitos anos, vêm sendo submetidas à exploração predatória, com pastejo extensivo e altas taxas de lotação animal, durante a maior parte do ano (Vasconcelos, 2006), inclusive em períodos de alta umidade no solo. Segundo esse autor, pelo fato de mais de 50 % das pastagens se encontrarem degradadas ou em algum processo de degradação, há comprometimento nutricional na dieta dos bovinos, pois o baixo valor nutritivo das plantas forrageiras não atende aos requerimentos nutricionais

mínimos exigidos pelos ruminantes que têm as mesmas como principal fonte de alimento para exteriorizar todo o seu potencial de produção de carne e leite.

Para Nascimento Júnior et al., (2004), pastagens de *Brachiaria decumbens* são classificadas como excelentes quando apresentam produção de matéria seca igual ou superior a 2500 kg ha<sup>-1</sup>, presença de mais de 75% de braquiária na composição botânica, altura média das plantas maior que 40 cm e relação folha:caule maior que 1 (um) ; consideram-nas pobres quando, no campo, a matéria seca é inferior 750 kg ha<sup>-1</sup>, percentagem da espécie dominante (braquiária) inferior a 25%, altura média inferior a 40 cm e sinais evidentes de erosão laminar causadas pelas chuvas. Pastagens em situação intermediárias são classificadas como boas ou razoáveis.

### 1.3.1 Exigência nutricional da gramínea *Brachiaria decumbens*

Werner et al., (1996), agruparam as plantas forrageiras com base na exigência nutricional e características botânicas (gramíneas e leguminosas), conforme Quadro 4.

**Quadro 4.** Classificação das forrageiras quanto à exigência nutricional.

Grupos	Forrageiras
Grupo 1: Elevada exigência nutricional	<b>Gramíneas:</b> elefante, tifton, coastcross, tanzânia, mombaça, colômbio. <b>Leguminosas:</b> soja perene, leucena.
Grupo 2: Média exigência nutricional	<b>Gramíneas:</b> braquiário ou marandu, xaraés, jaraguá, ruziziensis, braquiária-de-brejo, estrela africana. <b>Leguminosas:</b> centrocema, siratro, cudzu tropical, guandu, amendoim forrageiro.
Grupo 3: Baixa exigência nutricional	<b>Gramíneas:</b> gordura, braquiária comum ( <i>B. decumbens</i> ), humicicola, <i>B. dictyoneura</i> , andropogon. <b>Leguminosas:</b> <i>Stylozanthos guianensis</i> (mineirão), <i>Desmodium</i> cv. Itabela, calopogônio, cudzu tropical.

Encontra-se na literatura que a maioria dos solos brasileiros é de baixa fertilidade natural e, devido a isso, geralmente são destinados às pastagens na maioria dos estabelecimentos rurais. Nesses solos, as necessidades nutricionais dos vegetais são imediatamente evidenciadas pela inadequada disponibilidade de

nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Para Vilela et al., (2004), essa situação é particularmente importante para o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre - os nutrientes mais exigidos pelas gramíneas forrageiras.

O nitrogênio é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, sendo essencial na formação das proteínas, cloroplastos e outros compostos que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal; portanto, responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como o tamanho das folhas, tamanho do colmo, formação e desenvolvimento dos perfilhos (Werner, 1986)

Segundo Myers & Robbins (1991), citados por Nascimento Júnior (2000), a deficiência de nitrogênio (N) é uma das principais causas de degradação de pastagens cultivadas de gramíneas e é acentuada quando o manejo da pastagem não favorece a reciclagem de nutrientes; mesmo em pastagens formadas em solos férteis, o N contido no resíduo vegetal tende a ser imobilizado por ação dos microorganismos do solo, o que o torna indisponível para as plantas forrageiras.

Carvalho et al., (1991), constataram concentrações baixas de N na parte aérea de *Brachiaria decumbens*, com valores de 17,0 a 21,0 g.kg<sup>-1</sup>; na ausência do nitrogênio, as concentrações desse nutriente variaram de 8,0 a 14,0 g.kg<sup>-1</sup> de N. Também verificaram que nos tratamentos com elevadas produções de massa seca, obtidas com altas doses de N, houve uma redução nas concentrações de N na forragem, caracterizando um efeito de diluição.

Corsi (1994) relata que o nitrogênio promove diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, como no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e alongamento do colmo, que são fatores importantes na produção de massa seca e valor nutritivo da planta forrageira, resultando na elevação de índices zootécnicos.

Martha Júnior et al., (2004) relataram que a maximização da eficiência de conversão do N-fertilizante em massa seca de forragem é extremamente importante para o resultado econômico final da adubação nitrogenada de pastagens.

### **1.3.2 *Brachiaria decumbens* em Tabuleiros Costeiros da Bahia**

Uma das principais atividades agrícolas de utilização dos solos dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo da Bahia (Figura 2) é a agropecuária, desenvolvida na

maior parte das áreas pelo sistema extensivo. À medida que a esse sistema de exploração animal se associam práticas como queimadas, lotação animal acima do recomendado (superpastejo), falta de divisão das pastagens, não reposição de nutrientes e preparo inadequado do solo, verifica-se a degradação dos solos e, por consequência, das pastagens, em muitas dessas áreas. Com o passar dos anos, o solo sob as pastagens torna-se cada vez mais adensado; as sementes das gramíneas encontram, a cada ano, maiores dificuldades de fixação no solo; as touceiras de capim tornam-se cada vez mais espaçadas e o solo dessas pastagens cada vez mais exposto, diminuindo gradativa e continuamente a capacidade de suporte das pastagens.



**Figura 2.** Mapa do Estado da Bahia, em cor azul, destacando a Região Recôncavo Sul, em cor bege.

Os principais solos do ecossistema dos tabuleiros (Latossolos Amarelos e Podzólicos Amarelos) caracterizam-se como profundos, ácidos, álicos, com baixa capacidade de troca catiônica, pouca diferença morfológica entre os horizontes e presença freqüente de camadas coesas (Jacomine, 1996; Ribeiro 1998). As espécies vegetais, anuais e perenes cultivadas nesses solos, algumas vezes com irrigação suplementar, geralmente apresentam baixo vigor vegetativo, reduzida

longevidade e baixas produções, comparativamente aos mesmos cultivos em outras unidades de paisagem, possivelmente devido a uma relação solo-planta fortemente influenciada pela baixa disponibilidade de nutrientes, acidez elevada e pela estrutura dominante dos horizontes coesos. A presença dos horizontes coesos (duros) no perfil do solo afeta as relações entre drenagem, teor de água disponível, aeração, temperatura, penetração radicular e absorção de nutrientes, com reflexos negativos na produção agrícola (Rezende, 1997). Por outro lado, além desses problemas associados à coesão, a acidez ativa e trocável dos solos coesos dos tabuleiros aumenta ao longo do perfil (o pH varia de moderadamente ácido, na superfície, a fortemente ácido nas camadas subsuperficiais) constituindo também um inibidor químico do desenvolvimento radicular e da atividade microbiana.

Considerando-se a expressão geográfica dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros (aproximadamente dez milhões de hectares apenas no Nordeste brasileiro) e sua importância socioeconômica - é a base de sustentação agrícola dos estados e capitais da costa oriental do Brasil -, deve-se dispensar a devida atenção ao uso, manejo e conservação dos mesmos. Fazendo parte do elenco de fatores responsáveis pelas baixas produções agrícolas no ecossistema dos tabuleiros, as técnicas de preparo do solo, correção da acidez, manejo da água e dos fertilizantes, por exemplo, devem ser melhor compreendidas e aplicadas.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da subsolagem, calagem e adubação mineral em um Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro da Bahia e as conseqüências em uma pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. Objetivou-se especificamente avaliar o efeito de tais tratamentos em atributos do solo e das plantas. No solo, foram avaliados os seguintes atributos: densidade, porosidade e resistência à penetração, pH, hidrogênio, alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de base, saturação por bases e CTC; nas plantas avaliaram-se o estado nutricional, crescimento radicular e produção de massa verde e seca da parte aérea.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais: Viçosa, MG. 1999. p. 43-60.

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA - **ANUALPEC 2009**. São Paulo: FNP, Pesquisas Ltda. 2009.

BENEDETTI, E. **Atributos de três gramíneas tropicais, parâmetros ruminais e produção de leite em vacas mestiças mantidas a pasto**. 1994. 173p. Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte. 1994.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 2, maio/ago. 1991. p. 195- 200.

CAS, V.L.S. da. **Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo com o uso de lodo de esgoto e palha de aveia**. Santa Maria, 2009. 66p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.

CORSI, M.; MENEZES, M. J. T.; GOULART, R. C. D. Manejo do pastejo para altas taxas de lotação. In: Simpósio goiano sobre manejo e nutrição de bovinos de corte e leite. 6., 2004, Goiânia. **Anais**. Goiânia: CNBA, 2004. p. 299-321.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P. de; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Embrapa Arroz e Feijão: Santo Antônio de Goiás. (Documento 192). 2006. 60p.

FACHOLI, F.B. (Ed.). (2009). Certeza de ótimos resultados. Agronegócio e ponto 6. Ano II, abril/maio/junho 2009. Informativo Grupo Facholi. Disponível em: [http://www.facholi.com.br/boletins/agroepono\\_06.pdf](http://www.facholi.com.br/boletins/agroepono_06.pdf). Acessado em: 03/11/2009.

FERNANDES, M.S. & ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. . In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). Calagem e adubação de pastagens. Associação Brasileira para Pesquisada Potassa e do Fosfato: Piracicaba. 1986. p. 93-123.

FOTH, H.D. **Fundamentals of soil science**. 6 ed. New York, John Wiley. 1978.



FREIRE, F.M.; FONSECA, D.M. da; CANTARULLI, R.B. Manejo da fertilidade do solo em pastagens. **Informe Agropecuário**, v.26, n. 226. EPAMIG: Belo Horizonte. 2005, p. 44-53.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**: resultados preliminares. Rio de Janeiro. 2006. p. 1-146. IBGE: CENSOS 2007. Disponível em: <http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias.php?id=55393>. Acessado em: 01/12/2009.

JACOMINE, P.K.T., Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: Reunião técnica sobre os solos coesos dos tabuleiros costeiros, 1996. Cruz das Almas, BA. **Anais**. Aracajú/SE: EMBRAPA-CPATC, EMBRAPA-CNPMP/EAUFBA/IGUFBA, 1996, 80 p.

PROCHNOW, L.I. (2008) Better Crops with Plant Food, Norcross, n. 3, p. 19-21, 2008. **Informações Agrônomicas**, n. 123. Setembro/2008.

PURCINO, H. M. A., VIANA, M.C.M., FREIRE, F.M., Macêdo, G.A.R., MARIEL, I.E., MENDES, I. **Utilização e contribuição de leguminosas na produção animal**. Informe Agropecuário, v. 26, n. 226, p.76-97, 2005.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; OLIVEIRA, P.P.A. Uso da calagem na recuperação e manutenção da Produtividade das pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de.; FARIA, V.P. de. (Ed.). Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Simpósio sobre Manejo da pastagem, 21, Piracicaba, 2004. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 63-100.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. In: Sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil, 1999, Juiz de Fora-MG. **Anais**. Juiz de Fora-MG, 1999. p. 137-150.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. **Informe Agropecuário**, v.26, n. 226. EPAMIG: Belo Horizonte. 2005, p. 15-24.

MARTHA JÚNIOR, G.B. & CORSI, M. Pastagens no Brasil: situação atual e perspectivas. **Preços Agrícolas**. Jan/fevereiro, 2001. p. 3-6.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; SOUZA, D.M.G. de. BARCELLOS, A.O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C. de.; FARIA, V. P. de. (Ed.). Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Simpósio sobre Manejo da pastagem, 21, Piracicaba, 2004. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 155-215.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; OLIVEIRA, R. L.; DIOGO, J.M.S. **Manejo de pastagens**. UFV: Viçosa, MG. 1999. 31p.

PERON, A.J. & EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v.28, n. 3. Lavras. Maio/jun. 2004. p. 655-661.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CORRÊA, L. A.; ARMELIN, M.J.A.; FREITAS, A.R. de. Calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com adubação nitrogenada em cobertura. **Circular Técnica 37**. Embrapa Pecuária Sudeste: São Carlos, SP. Dez. 2004. 32p.

REZENDE, J.O. **Compactação e adensamento do solo**: métodos para avaliação e práticas agrícolas recomendadas. EAUFB: Rio de Janeiro. 1997. (Palestra proferida no XXVI Congresso de Ciências do Solo, Rio de Janeiro).

RIBEIRO L P, **Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano**: Gênese, evolução e degradação. Salvador-BA; SEPLANTEC, CADCT, 98P, 1998.

SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Calagem e adubação de pastagens**. Associação Brasileira para Pesquisada Potassa e do Fosfato: Piracicaba. 1986. p. 77-91.

SOUZA, D.M.G. de; MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Manejo da adubação fosfatada em pastagem. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de.; FARIA, V.P. de. (Ed.). Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Simpósio sobre Manejo da pastagem, 21, Piracicaba, 2004. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 63-100.

SOUZA, D.M.G. de.; MIRANDA, L.N. de.; OLIVEIRA, S.A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa, MG. 2007. p. 205-274.

SOUZA NETO, J.M. de & PEDREIRA, C.G.S. Caracterização do grau de degradação de pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de.; FARIA, V.P. de. (Ed.). Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Simpósio sobre Manejo da pastagem, 21, Piracicaba, 2004. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 7-31.

VASCONCELOS, C.N. de. **Pastagens**: implantação e manejo. EBDA: Salvador. 2006. 117p.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; BARIONI, L.G. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C. de.; FARIA, V. P. de. (Ed.). Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Simpósio sobre Manejo da pastagem, 21, Piracicaba, 2004. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 425-472.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (Boletim Técnico, 18).

WERNER, J. C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O.; QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. IAC: Campinas, 1996. p. 261-273. (IAC. Boletim Técnico, 100).

WENNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A. Adubação de pastagens. In Simpósio sobre manejo da pastagem, 18, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.129-155.

ZIMMER, A.H.; CORRÊA, E.S. A pecuária nacional: uma pecuária a pasto? In: PAULINO, V.T. et al., (Eds.). ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1993, Nova Odessa. **Anais**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 1-25.

## CAPÍTULO 1

**SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL COMO AGENTES  
MODIFICADORES DE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE LATOSSOLO  
AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E CONSEQUÊNCIAS NO  
CRESCIMENTO RADICULAR DE *Brachiaria decumbens***

**SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL COMO AGENTES MODIFICADORES DE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E CONSEQUÊNCIAS NO CRESCIMENTO RADICULAR DE *Brachiaria decumbens***

Autor: Erivaldo de Jesus da Silva

Orientador: Joelito de Oliveira Rezende

Co-orientador: João Albany Costa

**RESUMO:** Degradação de pastagem é um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural das pastagens, inviabilizando economicamente a produção animal. Tal processo pode ser de origem física, e/ou química e/ou biológica. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da subsolagem, correção da acidez e adubação mineral em um Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro e as consequências em uma pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. Tal avaliação foi feita por meio dos seguintes indicadores físicos (densidade, porosidade e resistência mecânica do solo à penetração) químicos (valores de pH, hidrogênio, alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de base, saturação por bases, CTC) e biológicos (crescimento radicular e densidade de raízes). O experimento foi instalado no Campus da UFRB, no Município de Cruz das Almas, com delineamento experimental em parcelas subdivididas. Verificou-se que a subsolagem aumentou porosidade total do solo - principalmente a macroporosidade - diminuiu a densidade e a resistência do solo à penetração radicular e contribuiu para maior movimentação dos nutrientes ao longo do perfil do solo. Associada à subsolagem, a calagem reduziu os teores de  $Al^{+3}$ , elevou o pH, a saturação por bases trocáveis (V%) e a CTC (efetiva). A combinação subsolagem, calagem, nitrogênio, fósforo e potássio melhorou o ambiente radicular das gramíneas, promovendo aumento do crescimento e densidade de raízes.

**Palavras-chave:** Densidade do solo, porosidade do solo, resistência do solo à penetração radicular, crescimento e densidade de raiz.

**SUBSOILING, LIMING AND MINERAL AGENTS AS MODIFIERS OF PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF OXISOL COHESIVE TRAY AND COASTAL IMPACT ON GROWTH OF ROOT *Brachiaria decumbens***

Author: Erivaldo de Jesus da Silva

Advisor: Joelito de Oliveira Rezende

Co-Advisor: João Albany Costa

**ABSTRACT:** Degradation of pasture is an evolving process of loss of vigor, productivity and resilience of natural pasture, animal. This process can be caused by physical and /or chemical and /or biological. The aim of this study was to evaluate the effects of subsoiling, correct acidity and mineral fertilizer on a Typic Cohesive Coastal Board and the consequences of a degraded pasture of *Brachiaria decumbens*. This evaluation was performed using the following indicators (bulk density, porosity and soil resistance to penetration) chemical (pH, hydrogen, aluminum, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sum of base, base saturation, CTC) and biological (root growth and root density). The experiment was installed on campus UFRB in the city of Cruz das Almas, with a split plot experimental design. It was found that subsoiling increased total soil porosity - mainly macroporosity - decreased density and soil resistance to root penetration and contributed to greater movement of nutrients through the soil profile. Associated with subsoiling, liming decreased the concentration of  $Al^{+3}$ , increased pH, exchangeable base saturation (V% value) and CTC (effective). The combination of subsoiling, liming, nitrogen, phosphorus and potassium improved the rooting environment of plants, increasing growth and root density.

**Key-words:** Bulk density, soil porosity, soil resistance to root penetration, growth and root density.

## INTRODUÇÃO

A degradação de pastagens pode ser de origem física, química ou biológica, ou das três, atuando conjuntamente. A compactidade do solo associada à alta resistência à penetração radicular, a deficiência de aeração e a elevada suscetibilidade à erosão são sinais claros de degradação física; a degradação química é consequência da retirada ou saída de nutrientes do solo, assim como da acidez elevada, com acúmulo de elementos tóxicos prejudiciais ao crescimento da planta; a degradação biológica está associada à redução de matéria orgânica e da atividade e diversidade de organismos do solo.

Denomina-se *compactidade* ao arranjo cerrado das partículas do solo, resultante da compactação e ou do adensamento. A **compactação** resulta da ação antrópica (transito de máquinas e equipamentos agrícolas, pisoteio de animais etc.). Pode ser definida como sendo a ação mecânica por meio da qual se impõe ao solo uma redução em seu índice de vazios, que é a relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos; a mudança de relação das fases é devida, principalmente, à reorganização das partículas do solo, quando submetido a uma força de compressão (Camargo, 1983) - para isso contribui significativamente o pisoteio de animais, exercendo grande pressão no solo. O **adensamento** é consequência de processos naturais, pedogenéticos, tais como: agrupamento de argila face-a-face (Universidade Federal de Viçosa, 1984); translocação de consideráveis porções de argila das camadas superficiais para as subjacentes, processo este denominado argiluviação (Aguiar Neto et al., 1988); ação de compostos húmicos pouco polimerizados, os quais geram degradação dos minerais argilosos e migração de sílica, alumínio e ferro; alternância de ciclos de umedecimento e secagem promovendo o adensamento por dessecação com transformações laterais condicionadas pela dinâmica dos fluxos de água lateral e basal; presença de sílica secundária, ferro e alumínio dispersos nos microporos do solo (Ribeiro, 1998); contribuição da areia fina (Souza, 1996). Do ponto de vista físico, a camada

compactada apresenta a mesma textura das camadas adjacentes, o que exclui, por exemplo, horizontes de iluviação (genéticos), adensados pela translocação de argila de horizontes superiores (Grohmann, 1972).

A compactação e o adensamento do solo tomam, muitas vezes, dimensões sérias, pois ao causarem restrição ao crescimento radicular das plantas acarreta uma série de problema que afetam direta ou indiretamente a produção agrícola. Uma alternativa para contornar o problema da compacidade é o uso de subsoladores. De acordo com Lanças (2002), o subsolador tem como princípio o rompimento do solo por propagação de trincas, mantendo a ordem natural de seus horizontes, isto é, sem inverter a leiva. Para isso, tais equipamentos dispõem de hastes que são cravadas no solo e provocam o seu rompimento para frente, para cima e para os lados, ou seja, o solo não é cortado como na aração e ou gradagem e sim rompido nas suas linhas de fratura ou através das interfaces de seus agregados. É o chamado rompimento tridimensional do solo em blocos. Isto permite dizer que este tipo de mobilização é menos agressivo do que aqueles nos quais as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, destruindo sua estrutura original.

O rompimento por subsolagem dos horizontes e/ou camadas compactas e/ou densas resulta nos seguintes benefícios imediatos: aumento da macroporosidade e, portanto, da aeração do solo; diminuição da resistência do solo à penetração; aumento da drenagem interna, da taxa de infiltração e da infiltração acumulada; diminuição do encharcamento do solo e do deflúvio superficial em áreas planas ou com declives. Isto, indubitavelmente, favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas, a maior produção de matéria orgânica e a atividade microbiana.

A demanda de nutrientes pelas plantas forrageiras está em função do tipo de solo, níveis de adubação, espécies utilizadas e intensidade de uso das pastagens. Dessa forma, a queda de vigor e disponibilidade de forragem pode ser fruto, por exemplo, do esgotamento do fósforo, do nitrogênio e do potássio, exportados das pastagens através de produtos animais. É de amplo conhecimento a baixa disponibilidade de nutrientes dos solos sob pastagens no Brasil, principalmente nas regiões dos Tabuleiros Costeiros, nos Cerrados e na Amazônica. Deduz-se, portanto, que a fertilização desses solos é condição essencial para a produção de forragem.



Quanto à acidez do solo, sabe-se que sua influência sobre as plantas é indireta manifestando-se pelos efeitos tóxicos do alumínio e manganês solúveis e pela redução na disponibilidade de nutrientes do meio. Para Haynes (1970) e Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989), a presença de alumínio solúvel retarda a penetração das raízes no solo porque ele é tóxico, sendo capaz de causar precipitações no protoplasma quando presente em quantidades excessivas. A maioria das plantas é sensível à acidez do solo. Esse problema pode ser minorado por meio da calagem (aplicação de calcário), pois ela aumenta o pH do solo, neutraliza ou reduz os efeitos tóxicos do alumínio e micronutrientes, eleva os teores de cálcio e magnésio; conseqüentemente, melhora o ambiente para o desenvolvimento radicular e para a atividade de microorganismos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da subsolagem, correção da acidez e adubação mineral em um Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro sob pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. Tais efeitos foram avaliados por meio dos seguintes indicadores físicos, químicos e biológicos: densidade, porosidade e resistência do solo à penetração radicular, valores de pH, hidrogênio, alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de base, saturação por bases, CTC, crescimento radicular e densidade de raízes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado no *Campus* da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no Município de Cruz das Almas, 12° 38' 38" S e 39° 06' 26" O, em uma área de pastagem de *Brachiaria decumbens* em estado de degradação. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Coeso A moderado textura franco-argilo-arenosa fase floresta estacional semi-decidual, relevo plano (Figura 1), com as características físicas mostradas no Quadro 1.

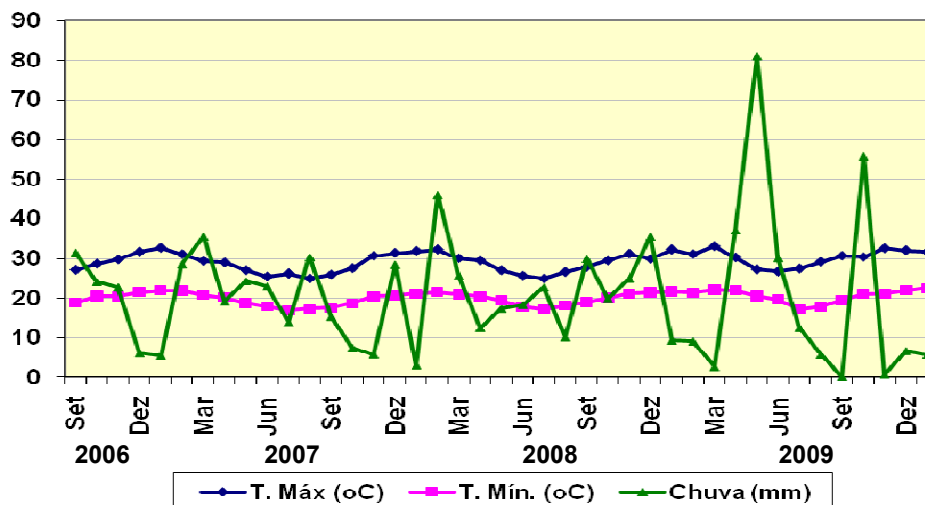


Figura 1. Perfil de Latossolo Amarelo Coeso representativo do Recôncavo Baiano

Quadro 1. Análises físicas do solo

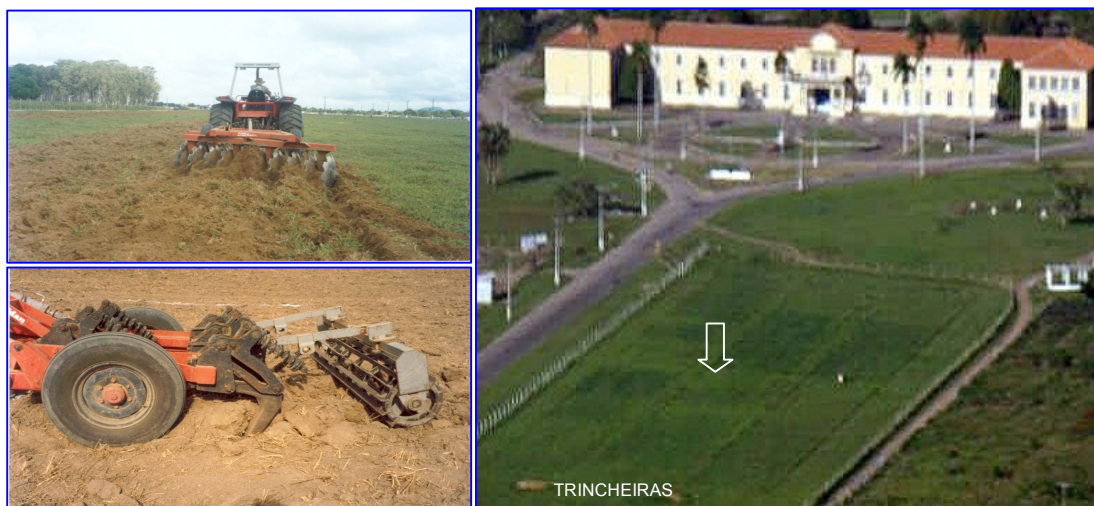
Horiz.	Prof. (m)	Ar. Gr.	Ar. Fin	Ar. Total	Silte	Arg.Tot.	Arg. Nat.	GF (%)	Classe text.
		-----g kg <sup>-1</sup> -----							
Ap	0-18	690,25	81,75	772,00	90,81	137,19	50,76	63,00	Franco arenoso
AB	18-32	649,35	106,35	755,70	99,36	144,94	60,41	58,32	Franco arenoso
BA	32-50	609,45	61,50	670,95	123,72	205,33	74,44	63,75	Franco argilo arenoso
BW1	50-90	469,10	137,55	606,65	184,58	208,77	160,67	23,04	Franco argilo arenoso
BW2	90-137	320,30	222,10	542,40	169,40	288,20	114,43	60,30	Franco argilo arenoso
BW3	137-180+	303,85	273,40	577,25	128,21	294,54	83,35	71,70	Franco argilo arenoso

O **clima** local é do tipo C1DA'a' subúmido a seco, segundo Thornthwaite & Matter e apresenta uma precipitação pluviométrica média anual de 1.170 mm, variando entre 900 a 1.300 mm, sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos e setembro a fevereiro os meses mais secos. A temperatura média anual é de 24,1°C, com evapotranspiração potencial de 1.267 mm anuais, com excedente hídrico em junho, julho e agosto. Segundo a classificação de Koppen o clima é do tipo *Am*. A Figura 2 mostra a média aproximada da distribuição das chuvas durante o período experimental, anos 2006 a 2009 (dados: Posto Meteorológico da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizada no Município de Cruz das Almas, Recôncavo Sul do Estado da Bahia).



**Figura 2.** Distribuição das chuvas no Município de Cruz das Almas-BA (médias dos anos 2006 a 2008).

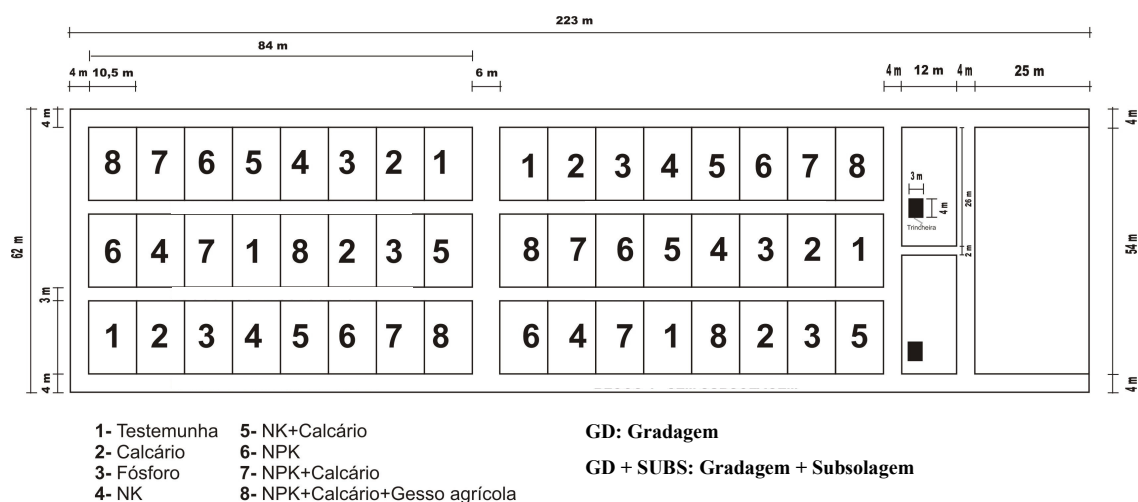
Em 2006, toda a área foi mobilizada com gradagem pesada e em seguida subsolada (Figura 3). Assim, como tratamento principal, o preparo do solo consistiu de dois níveis: gradagem (GD) e gradagem+subsolagem (GD+SUBSOL). A subsolagem foi realizada com subsolador de cinco hastes de 0,60 m de comprimento, com lâminas de corte sem asas, de acionamento hidráulico, com cilindro trilhador e sistema hidráulico de transporte pneumático, acoplado a trator de pneus de 130 CV, com tração dianteira auxiliada pela TDA. A frente de serviço foi regulada para largura máxima, 2,0 m e a profundidade operacional atingida foi de 0,45 m, conforme indicação da resistência a penetração. O espaçamento entre as hastes do subsolador foi determinado em função da profundidade de trabalho requerida, acrescida de 50% desse valor, ou seja, 0,675m.



**Figura 3.** À esquerda, aração do solo e subsolagem; à direita, vista aérea do experimento (indicada pela seta) em julho de 2008

Dessa forma, a área experimental foi de 8 064 m<sup>2</sup>, dividida em três blocos de 174,0m x 16,0m, cujo delineamento experimental foi em parcelas subdivididas no espaço (Figura 4), contendo dois tratamentos de preparo do solo em três repetições e oito níveis de adubação mineral (subtratamentos) dentro de cada nível de preparo do solo. Após a realização das operações de preparo do solo, a área ficou em descanso durante dois anos para rebrota da gramínea, e a partir procedeu-se aplicação do calcário e calcário + gesso e os demais tratamentos fertilizantes.

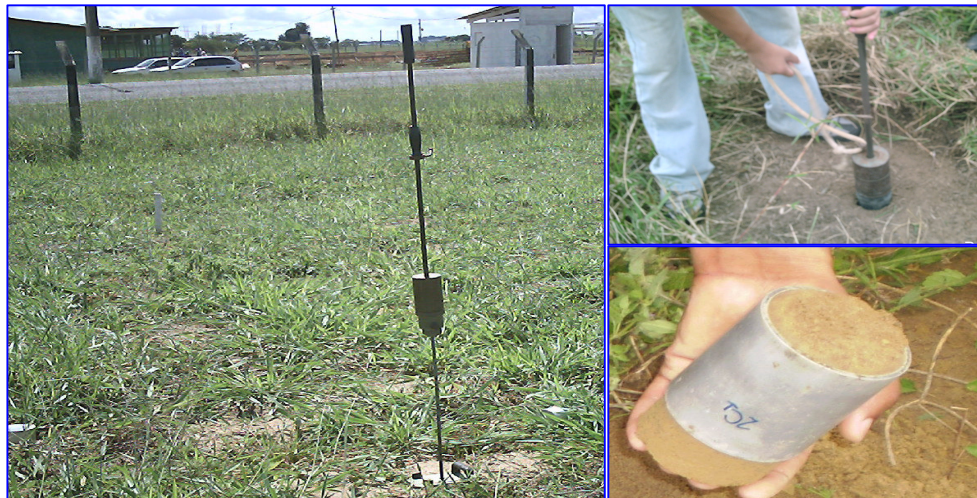
Os subtratamentos consistiram de testemunha (Test.); Fósforo (P); Calagem (Cal); NK; Calagem+NK; NPK; Calagem+NPK e NPK+Cal+Gesso;



**Figura 4.** Croqui da área experimental.

Os efeitos dos tratamentos de preparo do solo foram avaliados por meio da densidade, porosidade (total, macro e microporosidade) e resistência mecânica do solo à penetração (Figura 5).

A densidade do solo, (Ds), macroporosidade (MP) e microporosidade (mp) foram determinadas de acordo com Embrapa (1987), no início e no fim do período experimental, em três repetições, utilizando-se amostras indeformadas coletadas em três profundidades de cada bloco. A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi feita imediatamente após os cortes efetuados na gramínea forrageira (agosto de 2008, fevereiro de 2009 e julho de 2009), utilizando-se para tal o penetrômetro de impacto modelo IAA – Planalçúcar-Stolf, segundo técnica descrita por Stolf et al., (1983).



**Figura 5.** À esquerda, detalhe da avaliação da resistência mecânica do solo à penetração; à direita, amostragem do solo para a determinação da densidade e porosidade do solo.

Como a resistência do solo varia inversamente com a umidade (quanto maior a umidade, menor a resistência), foram coletadas amostras indeformadas de solo nas profundidades de 0,0 - 0,20 m, 0,20 – 0,40 m e 0,40 – 0,60 para a determinação da umidade gravimétrica atual, feita de acordo com Embrapa (1997). Tal amostragem, assim como as avaliações de resistência à penetração, foram feitas em três repetições por bloco.

Para a avaliação da necessidade de correção e fertilizante, analisaram-se amostras compostas de solo obtidas na profundidade de 0 a 0,20 m (Figura 6).

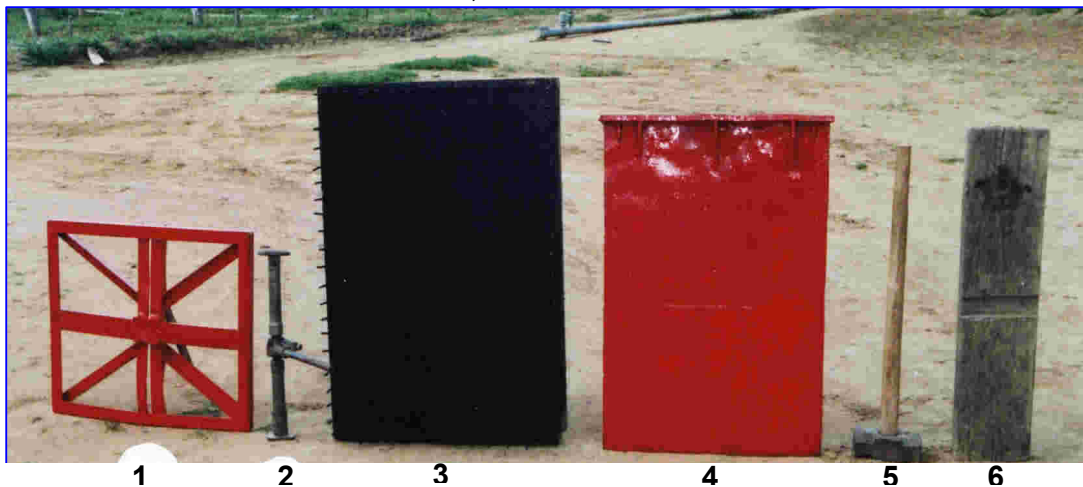


**Figura 6.** Amostragem do solo no campo (A); análise no laboratório (B) e aplicação dos fertilizantes (C).

Com base nessas análises e no Manual de Adubação e Calagem do Estado da Bahia (1989), foram aplicadas as seguintes quantidades de fertilizantes: 1200 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico [para elevação da saturação por bases (V%) para 50%]; 300 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola (correspondente à substituição de 25% do CaO do calcário); 80,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, fracionada de duas vezes; 50,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sob a forma de superfosfato triplo; 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sob a forma de cloreto de potássio.

O calcário e o gesso agrícola foram aplicados no início de Março de 2008, a lanço; a mistura fertilizante NPK, com a metade do N, foi aplicada no início de Junho de 2008; a segunda metade do N foi aplicada no início de Dezembro de 2008. Os efeitos dos tratamentos fertilizantes no solo das parcelas foram avaliados por meio dos seguintes indicadores: pH, Al<sup>3+</sup>, H+Al, Ca<sup>2+</sup>+ Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, P, SB, V% e CTC. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2000) considerando o modelo estatístico do delineamento em blocos inteiramente casualizados em esquema de parcela subdividida no espaço.

A amostragem do solo para **determinação da massa seca e densidade das raízes, bem como sua distribuição no perfil**, foi feita pelo método da prancha de pregos (Bohm, 1979), na fase final do experimento (36 meses após a subsolagem, 20 meses após a aplicação do calcário e do gesso e 17 meses após a aplicação dos adubos). Os componentes do equipamento utilizado nesse método são mostrados na Figura 7. A prancha de prego, com 1,05 m x 0,60 m x 0,12 m, possibilitou a retirada de monólitos de solo com 75,6 dm<sup>3</sup>.



**Figura 7.** Equipamento utilizado para a coleta do monólito de solo (Böhm, 1979), modificado por Rezende (sd): 1, grade de ferro para distribuição de forças; 2, extensor utilizado para pressionar a prancha de pregos contra o solo; 3, prancha de madeira (com pregos de 15 cm de comprimento e espaçados 5 cm entre si, equipada com uma tela de plástico; 4, guilhotina (chapa de aço) com corte laminar em bisel; 5, marreta; 6, barrote de madeira utilizado como base de apoio do extensor.

Nas parcelas com e sem subsolagem, foram extraídos dois monólitos de cada subparcela contendo os tratamentos fertilizantes (totalizando 32 amostras), para verificação da interação subsolagem versus calagem e/ou adubação mineral. Imediatamente após a amostragem, os monólitos foram parcialmente imersos em um tanque de água durante 48 horas e, em seguida, lavados, para retirada total do solo e exposição das raízes (Figura 8).



**Figura 8.** Esquema da seqüência realizada para determinação da massa de raiz: (a) – prancha de pregos cravada na parede da trincheira juntamente com a inserção da chapa de aço; (b) – retirada do monólito; (c) - retirada do solo para exposição das raízes por meio de água corrente e: (d) – raízes expostas após lavagem.

As raízes contidas na prancha foram separadas nas profundidades de 0 – 0,20 m, 0,20 m – 0,40m, 0,40 – 0,60 m e 0,60 - 1,0 m e em seguida postas para secar em estufa de circulação forçada a 65 °C, por 72 horas, para determinação da massa seca (MSR) e massa seca por volume de solo (densidade de raízes – DMR).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Densidade e porosidade do solo.** Independentemente do preparo do solo e da época de amostragem, em valores absolutos a densidade (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (MP) e microporosidade (mp) variaram ao longo do perfil (Quadro 2): a macroporosidade e a porosidade total diminuíram (esta, exceto no início do experimento), enquanto a microporosidade aumentou.

**Quadro 2 .** Valores de macroporosidade (MP), microporosidade (mp), porosidade total (PT) e densidade do solo (Ds), no início e no fim do período experimental.

Atributos físicos do solo no início do experimento												
Camada _m_	Macroporos (MP)			Microporos (mp)			Porosidade (PT)			Dens. do solo (Ds)		
	C/sub.	S/sub.	Média	C/sub.	S/sub.	Média	C/sub.	S/sub.	Média	C/sub.	S/sub.	Média
0,0 – 0,20	0.25aA	0.22aA	0.23a	0.16bA	0.17bA	0.16c	0.40bA	0.38aA	0.39a	1.55aB	1.65aA	1.55b
0,20 – 0,40	0.23aA	0.17bB	0.20b	0.20bA	0.20bA	0.20b	0.43aA	0.36aB	0.40a	1.46aB	1.63aA	1.60a
0,40 – 0,60	0.12bA	0.12cA	0.12c	0.27aA	0.25aA	0.26a	0.38bA	0.37aA	0.38a	1.66bA	1.63aA	1.65a
Média	0.20A	0.17A		0.21A	0.20A		0.41A	0.37A		1.56A	1.64A	

Atributos físicos do solo no final do experimento												
_m_	Macroporos (MP)			Microporos (mp)			Porosidade (PT)			Dens. do solo (Ds)		
	C/sub.	S/sub.	Média	C/sub.	S/sub.	Média	C/sub.	S/sub.	Média	C/sub.	S/sub.	Média
0,0 – 0,20	0.23aA	0.22aA	0.23a	0.19bA	0.19bA	0.19b	0.42aA	0.41aA	0.41a	1.53aA	1.54aA	1.53b
0,20 – 0,40	0.18bA	0.15bA	0.17b	0.22aA	0.23aA	0.22a	0.40aA	0.38aA	0.39a	1.57aA	1.63aA	1.59a
0,40 – 0,60	0.08cA	0.10cA	0.09c	0.24aA	0.23aA	0.24a	0.33bA	0.33bA	0.33b	1.66aA	1.64aA	1.65a
Média	0.16A	0.16A		0.22A	0.21A		0.38A	0.37A		1.58A	1.60A	

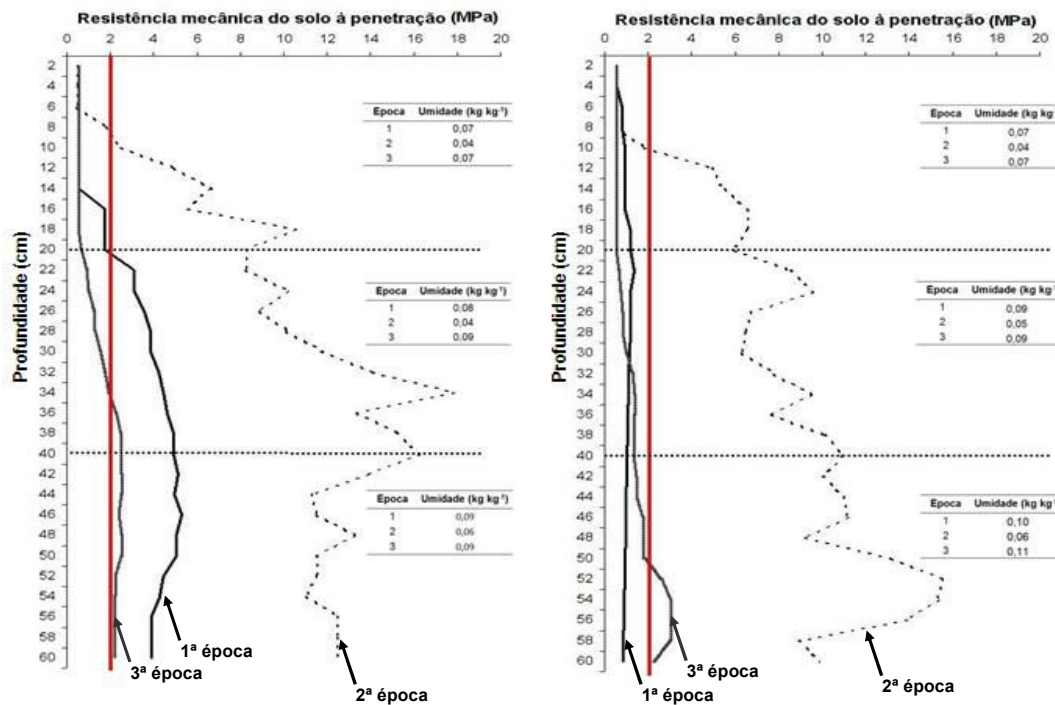
Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando-se o efeito do preparo do solo dentro de cada camada, percebe-se que, nas duas épocas de amostragem, nas profundidades 0,0–0,20 m e 0,40–0,60 m, não houve diferença significativa entre os valores da macroporosidade nem da porosidade total; houve, entretanto, entre os valores de densidade da primeira camada. No início do experimento, na camada de 0,20–0,40 m (limite de profundidade atingida pelas hastes subsoladoras), a subsolagem contribuiu para aumento significativo dos valores da macroporosidade e porosidade total, acompanhados da diminuição da densidade do solo. A distribuição relativa do



tamanho dos poros do solo é importante para o crescimento de plantas, pois influenciam a dinâmica do ar, água, calor e nutrientes ao longo do perfil.

**Resistência mecânica do solo à penetração.** Para as mesmas condições de umidade, houve diferença significativa nos valores de resistência mecânica do solo à penetração devido à subsolagem (Figura 9).



**Figura 9.** Resistência do solo a penetração (RP) em função da subsolagem e dos períodos de avaliação em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo da Bahia, sob pastagem de *B. decumbens*.

No período chuvoso, nas camadas subsuperficiais atingidas pelas hastes subsoladoras, os valores ficaram abaixo de 2,0 MPa, limite crítico acima do qual, segundo Reichert et al. (2003), o desenvolvimento radicular da maioria dos vegetais cultivados é comprometido. Segundo esse autor, a resistência está estreitamente associada à densidade do solo e, para o mesmo teor de água, é tanto maior quanto maior a densidade, mostrando ser um bom indicador da compactação. Para caracterizar a compactação entre camadas de solo, esse indicador apresenta melhor resultado que a densidade do solo (Reichert et. al, 2007), além de detectar valores de RP com maior sensibilidade devido às diferenças entre manejos do solo em comparação a determinações que consideram relação massa/volume (Silva, 2003).

Para Rezende (2000), a aeração deficiente e a elevada resistência mecânica do solo à penetração, são as principais causas de inibição do crescimento radicular. Sendo assim, o aumento da porosidade total e da macroporosidade provocado pela subsolagem, e conseqüente diminuição da resistência mecânica do solo à penetração, deverá contribuir para maior produção de forragem, pois melhora a circulação de água, ar e nutrientes ao longo do perfil do solo, além de reduzir o impedimento físico ao crescimento das raízes das plantas.

**Atributos Químicos do solo.** O teste de média referente às interações entre preparo do solo e adubação mineral, nas três épocas de avaliação, é mostrado nos quadros 3, 4 e 5. Nota-se que a associação da subsolagem com a aplicação dos fertilizantes contribuiu para diferenças significativas entre médias de atributos químicos analisados em pelo menos uma das épocas.

Na época 1 (Quadro 3), o preparo do solo alterou significativamente os valores de Al+H e  $K^+$ , na profundidade de 0 – 0,05 m; todos os atributos químicos em pelo menos um dos tratamentos fertilizantes, na profundidade de 0,05–0,20 m; os valores de P,  $Al^{+3}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}+Mg^{+2}$ , CTC e V%, na profundidade de 0,20–0,40 m.

Na época 2 (Quadro 4), o preparo do solo alterou significativamente os valores de Al e P na profundidade de 0–0,05 m; os valores de Al e  $K^+$  na profundidade de 0,05 – 0,20 m; os valores de pH,  $Al^{+3}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}+Mg^{+2}$ , CTC (efetiva) e V%, na profundidade de 0,20 – 0,40 m.

Na época 3 (Quadro 5), o preparo do solo alterou significativamente os valores de  $Ca^{+2}+Mg^{+2}$  e V% na profundidade de 0 – 0,05 m, e os valores de  $K^+$  na profundidade de 0,05 – 0,20 m; não houve variação significativa em nenhum dos atributos químicos avaliados na profundidade de 0,20 – 0,40 m.

Os dados indicam movimentação de nutrientes e do  $Al^{+3}$  nas camadas afetadas pela subsolagem, assim como a influência da umidade nesse processo, pois tal movimentação ocorreu principalmente na primeira época de avaliação, período chuvoso.

**Quadro 3.** Atributos químicos do solo em função das interações entre o preparo do solo e a adubação mineral, na primeira época de avaliação.

	pH			Al			Al+H			K <sup>+</sup> mmolc dm <sup>-3</sup>			Ca+Mg			CTC			V %			P mg dm <sup>-3</sup>																																																																																																										
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS																																																																																																								
	prof.: 0,0 – 0,05 m																																																																																																																															
test	5,46aA	5,35aA	1,00aA	1,83aA	<u>11,17aB</u>	<u>15,50aA</u>	0,19aA	0,25aA	15,72aA	15,72aA	16,90aA	17,80aA	58,53aA	50,98aA	0,79bA	1,09aA	5,35aA	5,18aA	1,00aA	2,33aA	13,17aA	15,50aA	0,17aA	0,17aA	18,78aA	21,08aA	19,93aA	23,59aA	58,57aA	55,01aA	2,68aA	2,00aA	5,97aA	5,70aA	0,00aA	0,50bA	11,50aA	12,33aA	0,17aA	0,19aA	26,07aA	28,75aA	26,24aA	29,44aA	69,83aA	69,70aA	0,73bA	1,16aA	5,47aA	5,34aA	1,67aA	2,50aA	15,83aA	18,33aA	0,22aA	0,28aA	17,25aA	19,93aA	19,14aA	22,70aA	52,22aA	50,67aA	0,84bA	1,87aA	6,02aA	5,73aA	0,17aA	1,00bA	<u>11,83aB</u>	<u>16,17aA</u>	<u>0,16aB</u>	<u>0,29aA</u>	26,07aA	28,37aA	26,40aA	29,65aA	68,80aA	63,09aA	0,66bA	1,15aA	5,70aA	5,60aA	0,83aA	0,67bA	14,17aA	17,33aA	0,21aA	0,26aA	22,23aA	26,83aA	23,27aA	27,76aA	58,47aA	59,62aA	1,67aA	1,74aA	5,92aA	5,51aA	0,17aA	1,00bA	12,83aA	15,00aA	0,14aA	0,20aA	23,38aA	27,60aA	23,69aA	28,80aA	64,50aA	63,14aA	1,77aA	1,61aA	5,57aA	5,25aA	1,00aA	2,33aA	15,17aA	16,17aA	0,16aA	0,19aA	20,32aA	21,08aA	21,97aA	23,60aA	57,50aA	56,88aA	2,49aA	1,48aA
	prof.: 0,05 – 0,20 m																																																																																																																															
test	5,19aA	5,17aA	2,33aA	3,83aA	15,17aA	17,67aA	0,09aA	0,21aA	14,18aA	11,12aA	16,60aA	15,16aA	48,47a	39,07aA	1,00aA	0,52aA	5,14aA	5,06aA	1,50aA	3,67aA	19,50aA	19,33aA	0,09aA	0,12aA	14,95aA	14,18aA	16,54aA	17,97aA	43,54a	42,52aA	1,18aA	0,96aA	<u>5,31aA</u>	<u>5,00aB</u>	<u>1,17aB</u>	<u>3,83aA</u>	16,83aA	17,33aA	0,08aA	0,12aA	12,27aA	14,57aA	<u>13,52aB</u>	<u>18,52aA</u>	42,32a	45,88aA	0,96aA	0,58aA	3,83aA	3,50aA	3,83aA	3,50aA	18,50aA	20,00aA	0,12aA	0,17aA	<u>15,33aA</u>	<u>10,73aB</u>	<u>19,28aA</u>	<u>14,40aB</u>	<u>45,51aA</u>	<u>35,28aB</u>	<u>1,81aA</u>	<u>0,60aB</u>	5,07bA	5,13aA	<u>1,50aB</u>	<u>5,17aA</u>	<u>15,50aB</u>	<u>19,50aA</u>	<u>0,09aB</u>	<u>0,22aA</u>	13,42aA	13,80aA	<u>15,01aB</u>	<u>19,19aA</u>	46,57a	41,83aA	1,04aA	0,57aA	5,18aA	5,07aA	2,83aA	4,17aA	16,83aA	19,83aA	0,15aA	0,12aA	14,18aA	12,27aA	17,16aA	16,56aA	45,99a	38,45aA	1,15aA	0,54aA	5,03bA	5,03aA	2,83aA	3,17aA	16,17aA	18,00aA	<u>0,09aB</u>	<u>0,15aA</u>	<u>15,33aA</u>	<u>10,35aB</u>	18,25aA	13,67aA	<u>48,81aA</u>	<u>36,84aB</u>	1,15aA	0,55aA	4,90bA	5,00aA	3,50aA	4,50aA	20,50aA	19,17aA	0,14aA	0,14aA	13,42aA	9,97aA	17,06aA	14,61aA	39,81a	34,53aA	1,17aA	0,62aA
	prof.: 0,20 – 0,40 m																																																																																																																															
test	4,96aA	4,92aA	4,50bA	5,67aA	16,83aA	19,00aA	0,06aA	0,07aA	10,54bA	9,97aA	15,10aA	15,71aA	38,64aA	34,57aA	0,87aA	0,27aA	4,96aA	4,88aA	5,17bA	5,67aA	17,17aA	19,17aA	0,03aA	0,06aA	13,42aA	9,97aA	18,62aA	15,70aA	43,93aA	34,35aA	0,92aA	0,37aA	5,02aA	4,81aA	6,17bA	6,17aA	17,83aA	18,50aA	0,04aA	0,06aA	<u>17,25aA</u>	<u>10,35aB</u>	<u>23,46aA</u>	<u>16,58aB</u>	<u>49,23aA</u>	<u>36,01aB</u>	1,03aA	0,33aA	4,86aA	4,99aA	<u>8,83aA</u>	<u>4,83aB</u>	19,17aA	19,83aA	0,05aA	0,08aA	<u>13,42aA</u>	<u>8,43aB</u>	<u>22,30aA</u>	<u>13,34aB</u>	<u>41,27aA</u>	<u>30,03aB</u>	<u>1,30aA</u>	<u>0,33aB</u>	4,92aA	4,89aA	4,83bA	4,83aA	17,17aA	16,83aA	<u>0,04aB</u>	<u>0,14aA</u>	<u>15,33aA</u>	<u>10,35aB</u>	<u>20,20aA</u>	<u>15,32aB</u>	<u>47,23aA</u>	<u>38,40aA</u>	0,89aA	0,33aA	4,98aA	4,89aA	4,17bA	5,68aA	17,17aA	18,67aA	0,07aA	0,09aA	9,58bA	8,05aA	13,82aA	13,82aA	35,98aA	30,36aA	0,99aA	0,37aA	4,82aA	4,82aA	7,50aA	5,83aA	18,17aA	18,17aA	0,05aA	0,07aA	11,88bA	8,82aA	<u>19,43aA</u>	<u>14,72aB</u>	<u>39,63aA</u>	<u>32,85aA</u>	1,10aA	0,44aA	4,64aA	4,62aA	6,83aA	6,50aA	16,83aA	17,17aA	0,06aA	0,06aA	10,73bA	9,20aA	17,62aA	15,76aA	39,07aA	35,04aA	0,96aA	0,43aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Quadro 4.** Atributos químicos do solo em função das interações entre o preparo do solo e a adubação mineral, na segunda época de avaliação.

	pH				Al				Al+H				K <sup>+</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				Ca+Mg				CTC				V% %				P mg dm <sup>-3</sup>				
	CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS			
<b>test</b>	5,29aA	5,22aA	<b>1,42bB</b>	<b>3,50aA</b>	16,17bA	18,67aA	0,23aA	0,20aA	11,31aA	13,42aA	12,95aA	14,81aA	40,82bA	37,28bA	1,03aA	0,96aA																	
<b>P</b>	5,31aA	5,10aA	1,75aA	2,50bA	17,17bA	17,67aA	0,15aA	0,21aA	15,91aA	11,69aA	17,81aA	19,77aA	47,90bA	48,72bA	1,71aA	1,79aA																	
<b>Cal</b>	5,61aA	5,32aA	0,58bA	1,83bA	14,50bA	16,67aA	0,19aA	0,23aA	21,28aA	21,47aA	22,05aA	23,53aA	59,79aA	57,06aA	1,36aA	0,89aA																	
<b>NK</b>	5,12aA	5,19aA	<b>2,75aB</b>	<b>4,83aA</b>	21,17aA	19,00aA	0,24aA	0,35aA	12,84aA	11,50aA	15,83aA	16,68aA	38,08bA	37,91bA	0,92aA	0,67aA																	
<b>NKCal</b>	5,57aA	5,57aA	0,58bA	1,83bA	15,17bA	15,67aA	0,19aA	0,30aA	23,57aA	15,14aA	24,34aA	28,20aA	61,03aA	62,73aA	<b>2,73aA</b>	<b>1,30aB</b>																	
<b>NPK</b>	5,19aA	5,08aA	2,42aA	3,83aA	19,17aA	21,67aA	0,22aA	0,28aA	14,38aA	26,07aA	17,01aA	19,26aA	43,07bA	41,61bA	1,68aA	1,36aA																	
<b>NPKCal</b>	5,62aA	5,38aA	<b>0,42bB</b>	<b>2,17bA</b>	15,50bA	17,33aA	0,27aA	0,26aA	21,28aA	18,78aA	21,96aA	21,21aA	58,17aA	52,10aA	1,64aA	1,14aA																	
<b>NPKCalG</b>	5,29aA	5,27aA	1,25bA	2,33bA	16,50bA	19,00aA	0,23aA	0,25aA	20,51aA	16,10aA	21,99aA	18,68aA	55,74aA	45,81bA	1,85aA	0,99aA																	
<b>test</b>	5,00bA	5,02aA	3,92aA	4,50aA	20,83aA	20,00aA	0,14aA	0,14bA	8,82aA	10,73aA	12,88aA	15,37aA	29,77bA	35,36aA	0,59aA	0,67aA																	
<b>P</b>	4,96bA	5,05aA	<b>2,08aB</b>	<b>4,50aA</b>	18,17aA	17,67aA	0,12aA	0,14bA	10,55aA	10,35aA	12,75aA	14,99aA	36,76aA	36,71aA	0,70aA	0,98aA																	
<b>Cal</b>	5,09aA	4,92aA	2,25aA	3,33aA	18,17aA	16,67aA	0,13aA	0,14bA	13,23aA	13,80aA	15,61aA	17,34aA	42,54aA	45,34aA	0,64aA	0,53aA																	
<b>NK</b>	4,92bA	4,96aA	3,92aA	5,83aA	19,83aA	18,00aA	<b>0,16aB</b>	<b>0,28aA</b>	9,20aA	9,97aA	13,28aA	16,08aA	31,94bA	35,05aA	0,76aA	0,74aA																	
<b>NKCal</b>	5,19aA	5,12aA	3,42aA	3,50aA	20,50aA	19,83aA	0,14aA	0,18bA	13,04aA	11,83aA	16,59aA	15,64aA	39,19aA	39,74aA	0,66aA	0,60aA																	
<b>NPK</b>	4,94bA	4,91aA	4,42aA	6,00aA	19,83aA	20,67aA	0,16aA	0,21aA	9,20aA	11,31aA	13,78aA	17,49aA	32,37bA	35,50aA	0,87aA	0,68aA																	
<b>NPKCal</b>	5,19aA	5,21aA	3,25aA	4,00aA	22,17aA	19,00aA	<b>0,14aB</b>	<b>0,25aA</b>	11,50aA	14,57aA	14,90aA	18,73aA	34,27bA	43,56aA	0,83aA	0,67aA																	
<b>NPKCalG</b>	5,09aA	5,07aA	3,08aA	3,17aA	18,50aA	18,67aA	0,13aA	0,14bA	13,99aA	13,03aA	17,21aA	16,34aA	42,33aA	41,63aA	0,98aA	0,59aA																	
<b>test</b>	4,58aA	4,81aA	6,58aA	5,83aA	17,17aA	19,33aA	0,07aA	0,08aA	6,33aA	9,20aA	12,80aA	15,11aA	27,22aA	32,52aA	0,40aA	0,37aA																	
<b>P</b>	4,67aA	4,76aA	4,92aA	6,68aA	19,17aA	19,33aA	0,09aA	0,10aA	7,09aA	7,48aA	12,10aA	14,24aA	27,28aA	27,58aA	0,42aA	0,73aA																	
<b>Cal</b>	4,89aA	4,72aA	5,17aA	5,92aA	17,67aA	19,83aA	0,06aA	0,07aA	<b>14,18aA</b>	<b>8,63.aB</b>	<b>19,42aA</b>	<b>14,62aB</b>	<b>44,63aA</b>	<b>30,49aB</b>	0,55aA	0,42aA																	
<b>NK</b>	4,51aA	4,64aA	5,75aA	5,67aA	20,50aA	18,00aA	0,08aA	0,12aA	7,09aA	9,01aA	12,92aA	14,79aA	25,99aA	33,69aA	0,64aA	0,70aA																	
<b>NKCal</b>	4,69aA	4,89aA	5,58aA	6,17aA	19,83aA	19,67aA	<b>0,07aB</b>	<b>0,14aA</b>	8,24aA	9,20aA	13,89aA	15,51aA	29,75aA	32,36aA	0,56aA	0,50aA																	
<b>NPK</b>	<b>4,51aB</b>	<b>4,83aA</b>	5,75aA	6,33aA	19,17aA	18,33aA	0,03aA	0,07aA	7,29aA	7,86aA	13,06aA	14,26aA	28,14aA	30,54aA	0,42aA	0,62aA																	
<b>NPKCal</b>	4,79aA	4,98aA	6,25aA	5,50aA	19,50aA	19,00aA	0,05aA	0,11aA	7,48aA	9,20aA	13,77aA	14,81aA	27,81aA	32,19aA	0,59aA	0,65aA																	
<b>NPKCalG</b>	4,64aA	4,93aA	6,25aA	5,17aA	19,50aA	19,33aA	0,07aA	0,10aA	7,67aA	9,58aA	13,99aA	14,85aA	28,33aA	33,48aA	0,60aA	0,42aA																	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Quadro 5.** Atributos químicos do solo em função das interações entre o preparo do solo e a adubação mineral, na terceira época de avaliação.

	pH		Al <sup>3+</sup>		Al+H		K <sup>+</sup>		Ca <sup>+2</sup> +Mg <sup>+2</sup>		CTC		V%		P	
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
	-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----															
<b>test</b>	5,54aA	5,53aA	1,00aA	0,67aA	15,50aA	16,17aA	0,12aA	0,17aA	18,40aA	19,93aA	19,52aA	20,77aA	52,81bA	54,51aA	1,06aA	0,96aA
<b>P</b>	5,14aA	5,34aA	1,33aA	0,67aA	15,00aA	14,67aA	0,10aA	0,22aA	17,63aA	14,38aA	19,06aA	15,26aA	53,29bA	49,53aA	1,54aA	1,42aA
<b>Cal</b>	5,92aA	5,76aA	0,33aA	0,83aA	11,33aA	13,67aA	0,16aA	0,13aA	29,71aA	21,66aA	30,20aA	22,62aA	72,55aA	61,27aA	0,89aA	0,66aA
<b>NK</b>	5,22aA	5,63aA	1,16aA	0,67aA	16,50aA	16,83aA	0,20aA	0,15aA	16,68aA	24,73aA	18,04aA	25,54aA	50,50bA	44,64aA	1,09aA	1,51aA
<b>NKCal</b>	5,57aA	5,68aA	0,00aA	0,50aA	11,33aA	14,17aA	0,13aA	0,18aA	23,19aA	14,18aA	23,33aA	20,03aA	56,92bA	59,45aA	1,00aA	0,75aA
<b>NPK</b>	5,30aA	5,24aA	1,33aA	0,83aA	16,33aA	18,00aA	0,16aA	0,17aA	23,00aA	19,36aA	24,50aA	15,18aA	67,22aA	58,14aA	1,70aA	1,48aA
<b>NPKCal</b>	5,46aA	5,50aA	0,00aA	1,33aA	14,00aA	17,00aA	0,15aA	0,18aA	<b>28,37aA</b>	<b>16,87aB</b>	28,51aA	18,38aA	<b>64,08aA</b>	<b>49,33aB</b>	1,80aA	1,14aA
<b>NPKCalG</b>	5,58aA	5,37aA	0,00aA	1,00aA	13,33aA	16,17aA	0,14aA	0,23aA	22,62aA	17,25aA	22,76aA	18,48aA	63,47aA	52,04aA	1,19aA	0,94aA
<b>test</b>	4,93aA	4,96aA	2,00aA	2,00aA	18,17aA	16,67aA	0,12aA	0,11aA	11,50aA	9,78aA	13,63aA	11,89aA	39,04aA	37,00aA	0,69aA	0,72aA
<b>P</b>	5,03aA	5,07aA	2,00aA	2,83aA	18,83aA	16,17aA	<b>0,05aB</b>	<b>0,14aA</b>	11,88aA	11,31aA	13,93aA	14,28aA	38,54aA	41,62aA	0,97aA	0,71aA
<b>Cal</b>	5,21aA	5,14aA	0,67aA	1,33aA	17,33aA	14,17aA	0,08aA	0,11aA	17,63aA	13,61aA	18,38aA	15,06aA	50,16aA	49,21aA	0,83aA	0,50aA
<b>NK</b>	4,79aA	4,97aA	3,67aA	1,83aA	19,00aA	17,50aA	0,09aA	0,12aA	13,03aA	13,80aA	16,78aA	15,75aA	40,52aA	43,93aA	0,84aA	0,89aA
<b>NKCal</b>	4,98aA	5,04aA	1,12aA	1,33aA	18,50aA	17,33aA	0,10aA	0,18aA	14,57aA	13,80aA	15,83aA	15,32aA	44,07aA	40,30aA	0,85aA	0,60aA
<b>NPK</b>	4,94aA	4,86aA	2,50aA	3,16aA	21,50aA	19,33aA	0,09aA	0,09aA	12,27aA	13,03aA	14,85aA	16,29aA	36,44aA	44,92aA	0,93aA	0,83aA
<b>NPKCal</b>	5,04aA	4,99aA	0,67aA	2,66aA	19,33aA	18,67aA	0,08aA	0,15aA	14,57aA	11,31aA	15,31aA	14,13aA	42,98aA	37,51aA	0,95aA	0,68aA
<b>NPKCalG</b>	5,04aA	5,07aA	0,83aA	2,66aA	17,00aA	17,83aA	0,09aA	0,14aA	13,03aA	11,88aA	13,95aA	14,69aA	43,61aA	39,75aA	0,95aA	0,70aA
<b>test</b>	4,77aA	4,77aA	3,00aA	3,50aA	16,83aA	16,33aA	0,05aA	0,02aA	8,05aA	8,82bA	11,10aA	12,36aA	32,49bA	35,04bA	0,66aA	0,44aA
<b>P</b>	4,83aA	4,76aA	3,18aA	4,33aA	19,00aA	18,17aA	0,05aA	0,07aA	9,20aA	8,63bA	12,42aA	13,03aA	32,50bA	32,23bA	0,57aA	0,57aA
<b>Cal</b>	5,09aA	4,87aA	2,67aA	3,00aA	17,17aA	18,33aA	0,12aA	0,06aA	13,80aA	16,29aA	16,59aA	19,35aA	44,09aA	46,14aA	0,85aA	0,42aA
<b>NK</b>	4,71aA	4,78aA	4,17aA	3,33aA	19,33aA	17,00aA	0,08aA	0,06aA	9,39aA	12,08bA	13,64aA	15,46aA	32,85bA	41,17aA	0,66aA	0,67aA
<b>NKCal</b>	4,77aA	4,79aA	2,83aA	4,00aA	20,00aA	18,00aA	0,07aA	0,07aA	9,39aA	8,82bA	12,30aA	11,89aA	31,95bA	32,91bA	0,74aA	0,50aA
<b>NPK</b>	4,78aA	4,92aA	3,17aA	3,00aA	17,67aA	18,17aA	0,07aA	0,07aA	10,35aA	9,01bA	13,58aA	13,08aA	36,38bA	33,60bA	0,81aA	0,66aA
<b>NPKCal</b>	4,82aA	4,77aA	4,17aA	3,50aA	17,33aA	17,17aA	0,10aA	0,09aA	11,31aA	9,97bA	15,57aA	13,56aA	39,26aA	36,95bA	0,78aA	0,56aA
<b>NPKCalG</b>	4,83aA	4,93aA	3,33aA	3,33aA	15,50aA	16,00aA	0,07aA	0,08aA	13,80aA	11,89aA	17,20aA	15,10aA	47,13aA	41,79aA	0,75aA	0,49aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Essa movimentação é verificada com o Ca+Mg, cujos valores são maiores nas parcelas subsoladas (independente do fertilizante aplicado), com diferenças significativas ( $P < 0,05$ ). Na primeira época de avaliação (Quadro 3) as diferenças significativas ocorreram nas parcelas com NK e NPKCal, na profundidade de 0,05-0,20m, e na parcelas com Cal, NK e NKCal, na prof. 0,20 – 0,40m. Na segunda época, isso se verifica no tratamento Cal (apenas calagem), na prof. 0,20 – 0,40m.

Em conseqüência da movimentação dos cátions trocáveis  $Al^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e  $K^+$ , os valores da CTC (efetiva) e da saturação por bases (V%) também foram influenciados, possivelmente, pelo preparo do solo e adubação mineral, nas épocas e profundidades analisadas.

Na época 1, na profundidade de 0,05 – 0,20m, a calagem combinada com a subsolagem contribuiu para a redução da acidez ativa e da acidez trocável do solo: os valores de pH das parcelas sem e com subsolagem foram 5,0 e 5,3, respectivamente, e os de  $Al^{+3}$  foram  $3,83 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-1}$  e  $1,71 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente. Entende-se que essa variação foi causada pela movimentação do cálcio ao longo do perfil do solo - facilitada pelo aumento da permeabilidade provocado pela subsolagem -, e, conseqüentemente, de seu efeito corretivo na acidez do solo, cujo benefício se refletiu inclusive no aumento da CTC (efetiva) e da saturação por bases.

Nas três épocas de amostragem, na maioria das parcelas subsoladas, os teores de  $K^+$  diminuíram, situando-se, em alguns casos, em torno da metade dos encontrados nas parcelas não subsoladas. É possível que tal fato se deva também à maior mobilidade do íon promovida pelo aumento da permeabilidade do solo. O rompimento de camadas adensadas promovidas pela subsolagem favorece a infiltração da água, com deslocamento de sais para camadas mais profundas do solo (Silva, 1978). Nas parcelas com NK associado à calagem, observam-se diferenças significativas nos valores de  $K^+$ , entretanto, independentemente do preparo do solo, o mesmo não ocorre nas parcelas adubadas com NPKCalG, indicando que a presença do gesso não influenciou na movimentação desse íon nas camadas avaliadas.

Nas parcelas contendo gesso, os dados indicam redução dos teores de  $Al^{3+}$  ao longo do tempo. Na última avaliação, os valores nas parcelas com e sem subsolagem são, respectivamente: 0,0 e  $1,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (prof. 0,0 – 0,05m); 0,83 e  $2,66 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (prof. 0,05 – 0,20m) e 3,33 e 3,33 (prof. 0,20 – 0,40m).

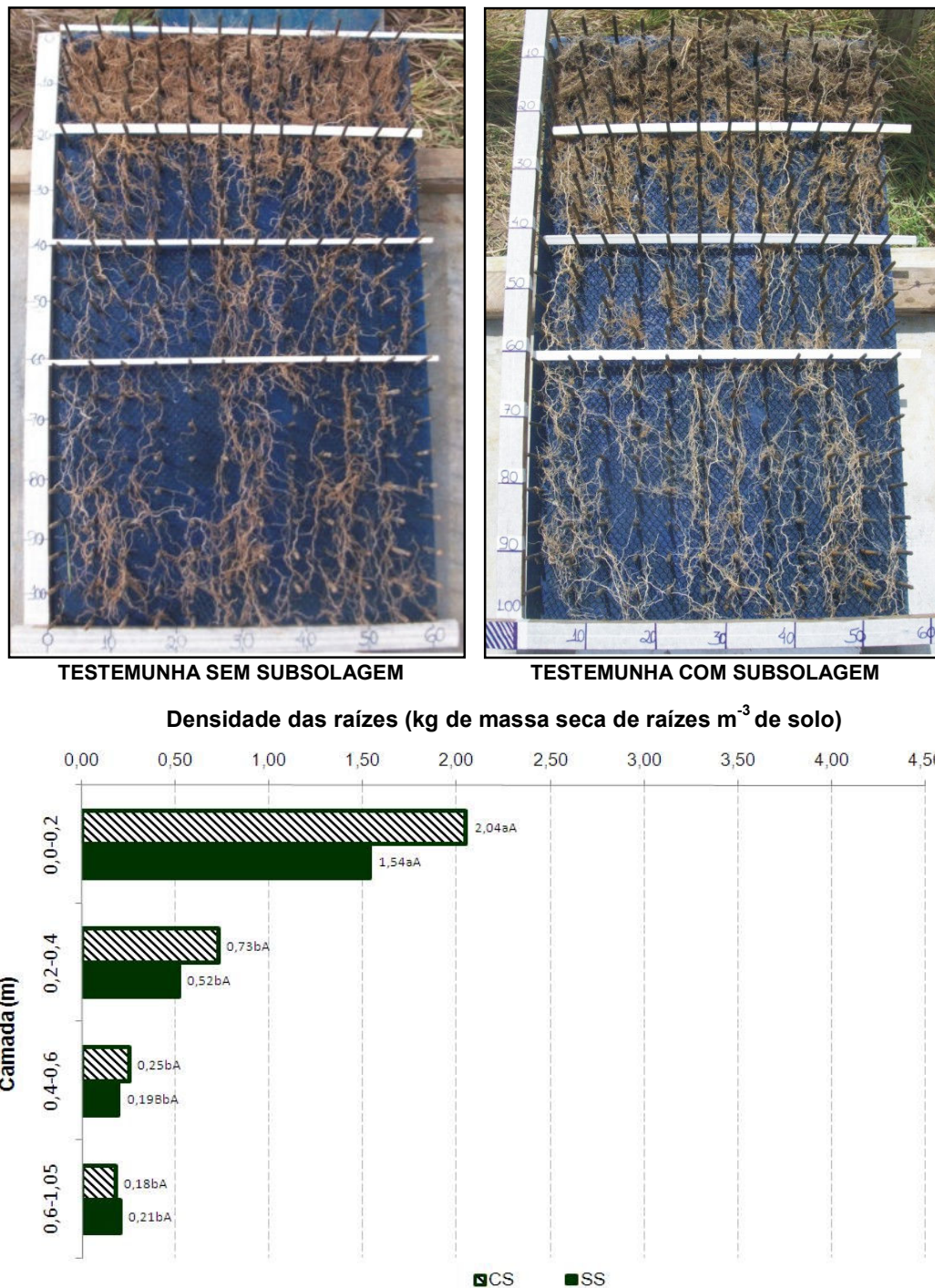
Analisando o efeito do tratamento fertilizante e do corretivo, dentro de cada tratamento de preparo do solo, verifica-se que, apenas na camada de 0,0 - 0,05 m, nas épocas I e II, houve diferença significativa entre os valores de  $Al^{+3}$ . Parece que o N aplicado influenciou esses valores, os quais, nas profundidades avaliadas, foram menores no tratamento testemunha. Nas parcelas subsoladas, os tratamentos contendo calcário apresentaram menores teores de alumínio trocável em todas as épocas e profundidade.

Alguns pesquisadores têm mostrado que a reação do calcário aplicado a lanço – tal qual foi feito no presente trabalho - fica restrita aos primeiros centímetros da camada superficial do solo devido à baixa solubilidade do carbonato de cálcio e ao menor contato de suas partículas com o meio (Amaral et al., 2004; Alleoni et al., 2005; Pádua et al., 2006). No entanto, em algumas situações, a reação da calagem superficial pode superar os 10 cm de profundidade, uma vez que depende de fatores como: tipo de corretivo, dosagem, atributos físicos e químicos do solo, regime hídrico de cada região e do manejo das espécies vegetais de cobertura (Ciotta et al., 2004; Fidalski & Tormena, 2005; Caires et al., 2006). No início do experimento, adubos e corretivo da acidez do solo foram aplicados no período chuvoso, favorecendo possivelmente a solubilização dos produtos utilizados e a mobilização dos nutrientes no solo.

Quanto aos teores de P, há diferença significativa apenas na camada subsolada de 0,0 – 0,05m, na época I. Nessa mesma época, Nas camadas de 0,05-0,20m e 0,20 – 0,40m, a subsolagem promoveu aumento dos teores de P nas parcelas adubadas com NK; na terceira época, isso ocorreu na camada de 0,0 – 0,05m, nas parcelas adubadas com NK associada à calagem.

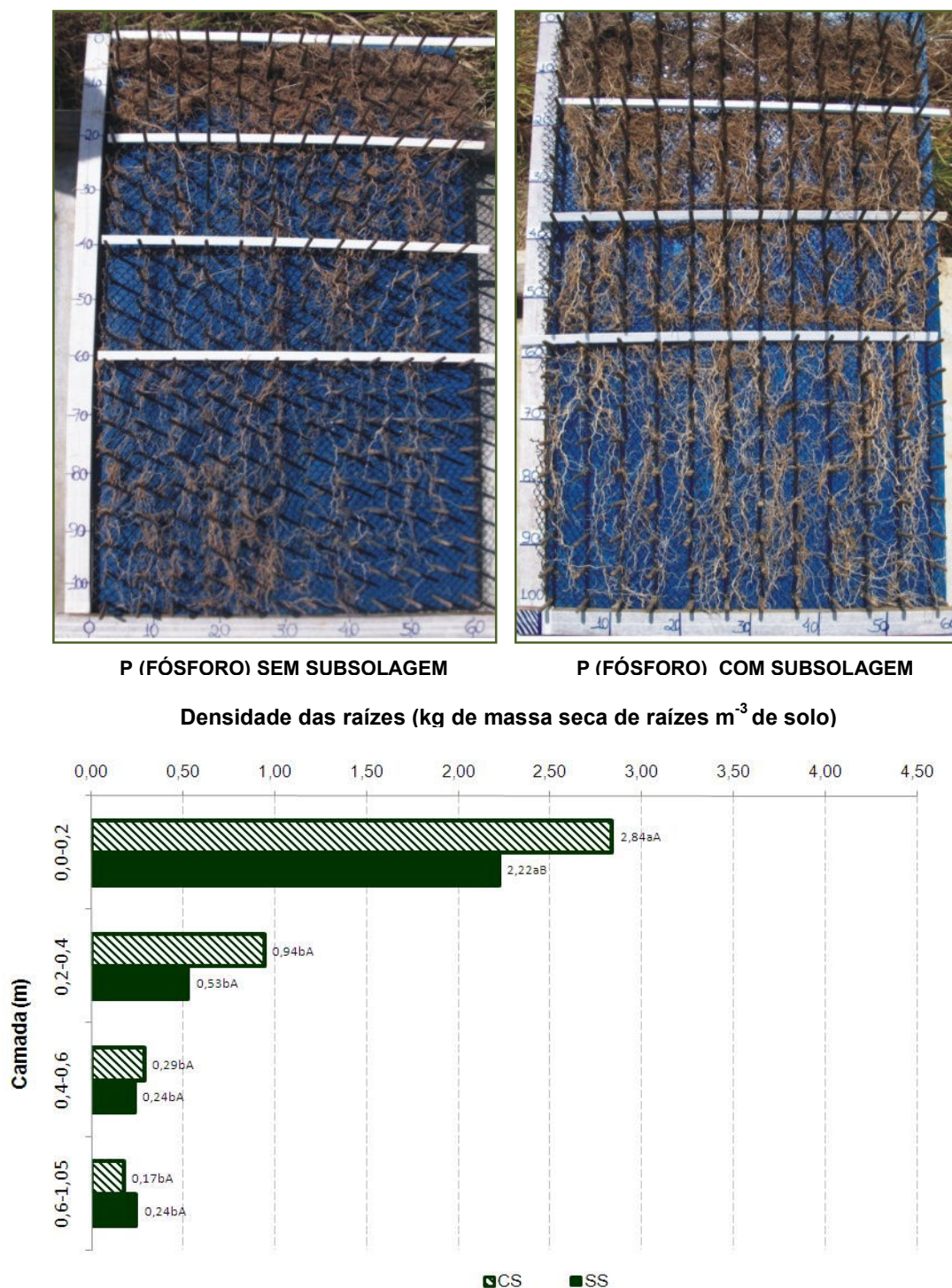
**Crescimento e densidade de raízes.** As figuras 10 a 17 mostram a distribuição das raízes ao longo do perfil do solo, nas parcelas com e sem subsolagem. Independentemente do preparo do solo, percebe-se, em todas as figuras, uma expressiva variação do crescimento das raízes relacionada com a fertilização, correção da acidez e preparo do solo. Quanto à densidade de raízes (kg de raízes  $m^{-3}$  de solo), decresce com o aumento da profundidade do solo e é maior nas parcelas subsoladas. Isto porque, ao romper a camada compactada/adensada, a subsolagem beneficiou a estrutura do solo, resultando uma menor resistência do solo à penetração radicular, maior aeração do ambiente e maior mobilização dos

nutrientes ao longo do perfil, o que os torna mais facilmente absorvidos pelas raízes plantas.

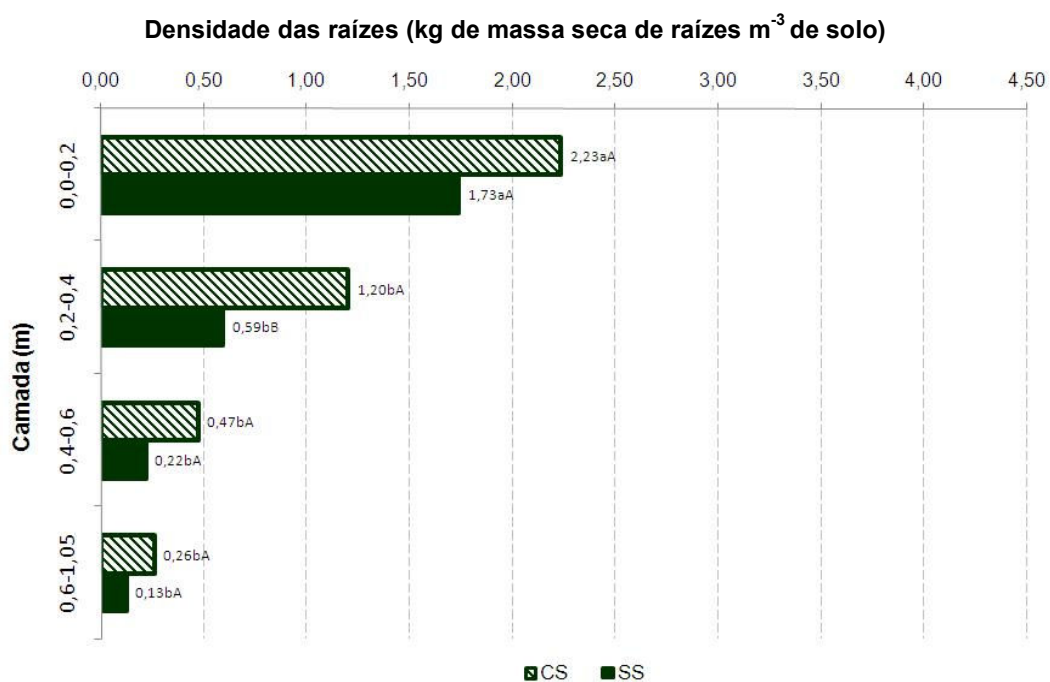
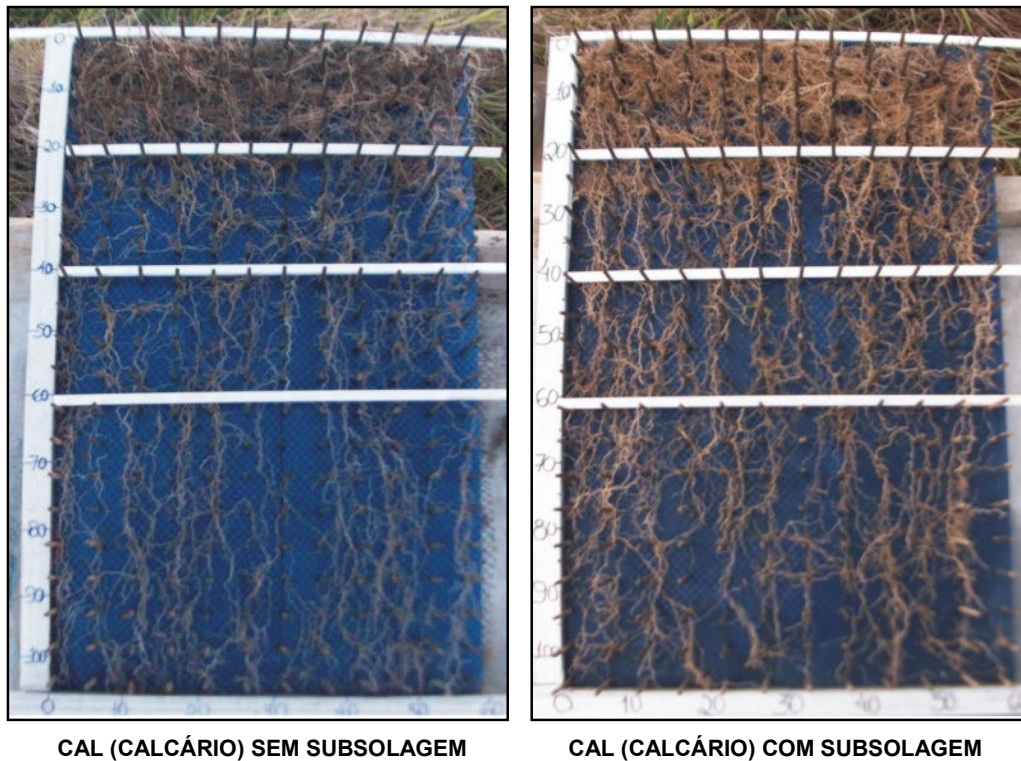


**Figura 10.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento **testemunha**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

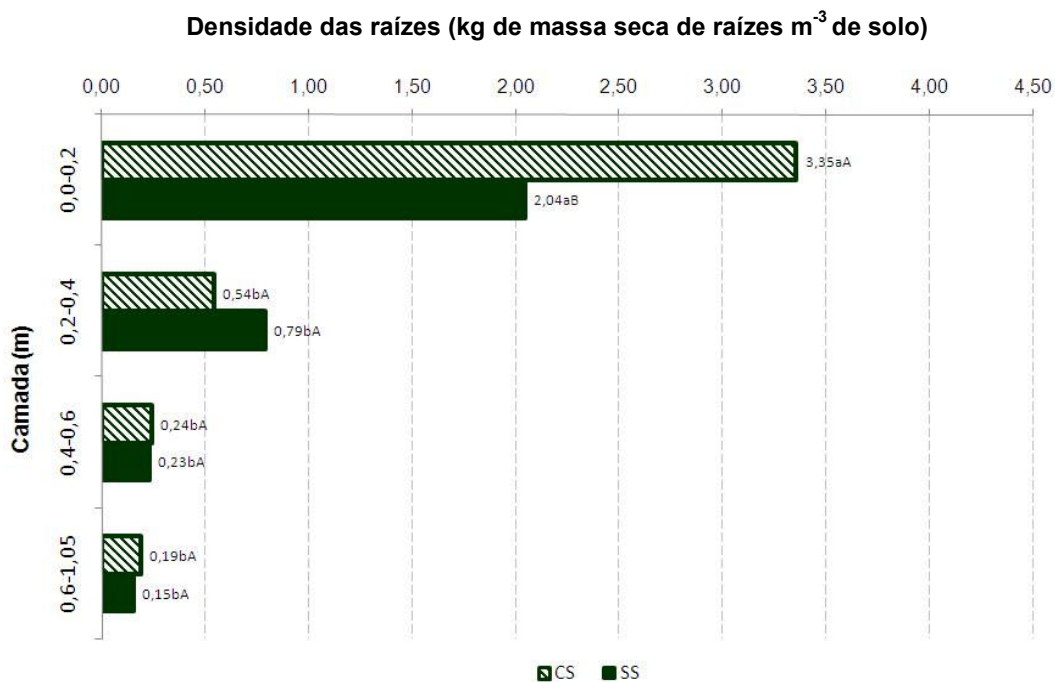
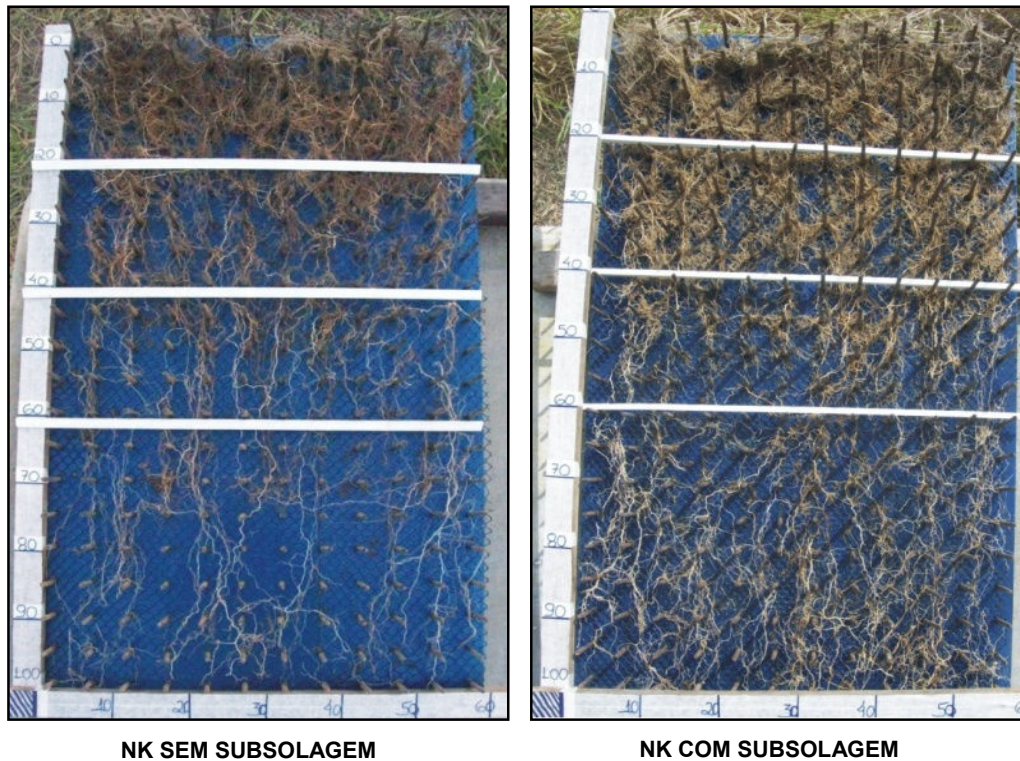




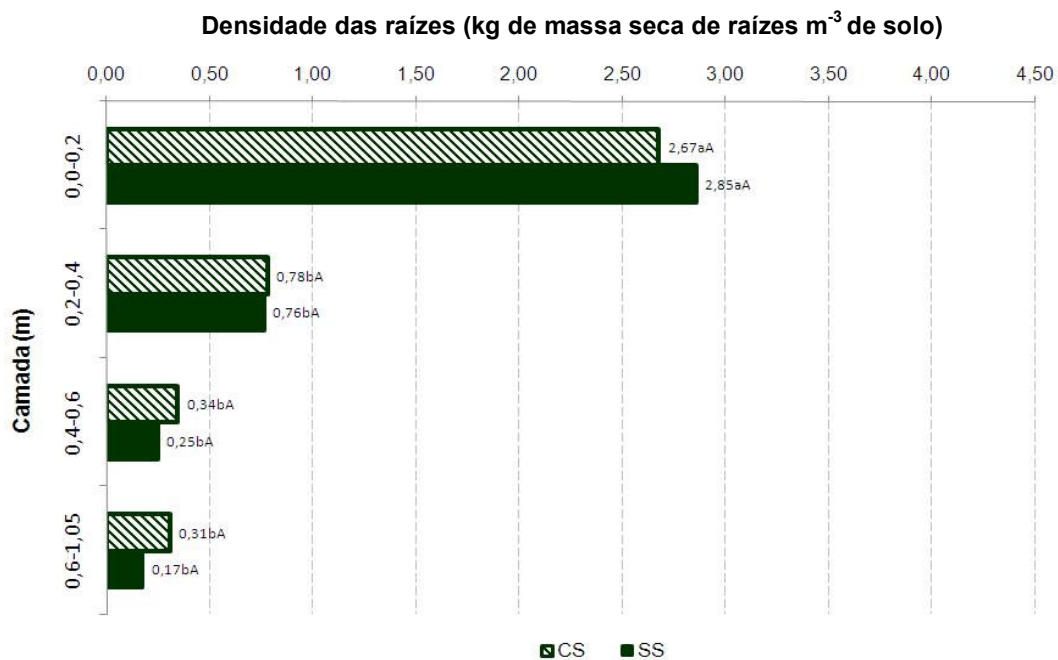
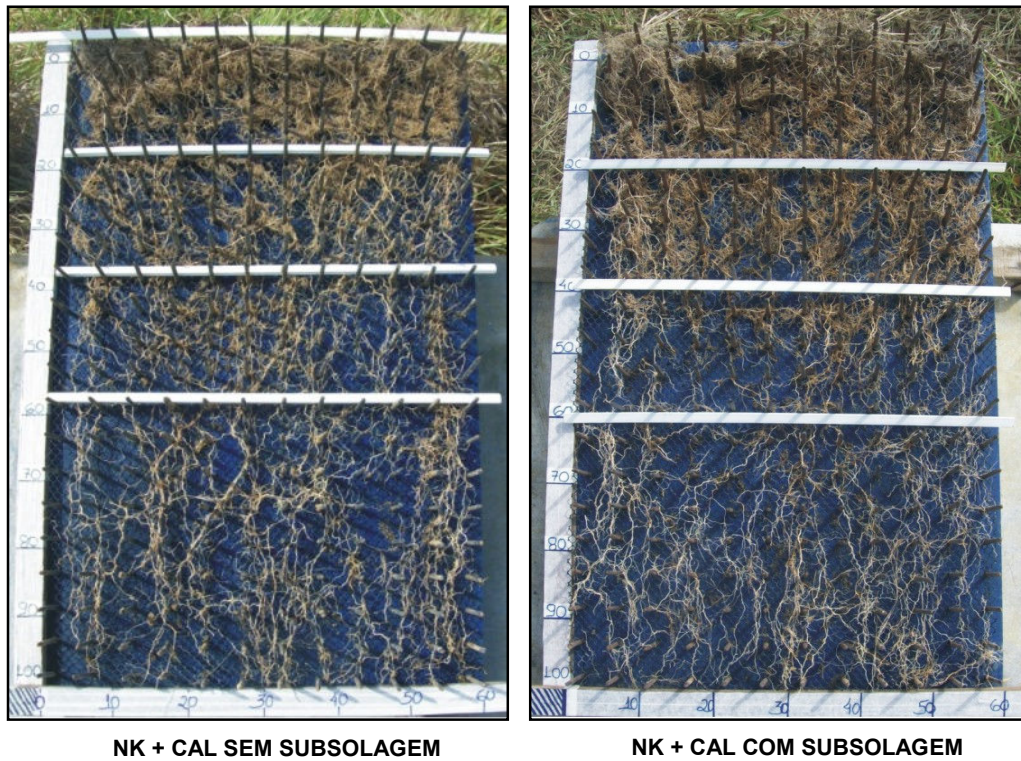
**Figura 11.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento **fósforo (P)**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



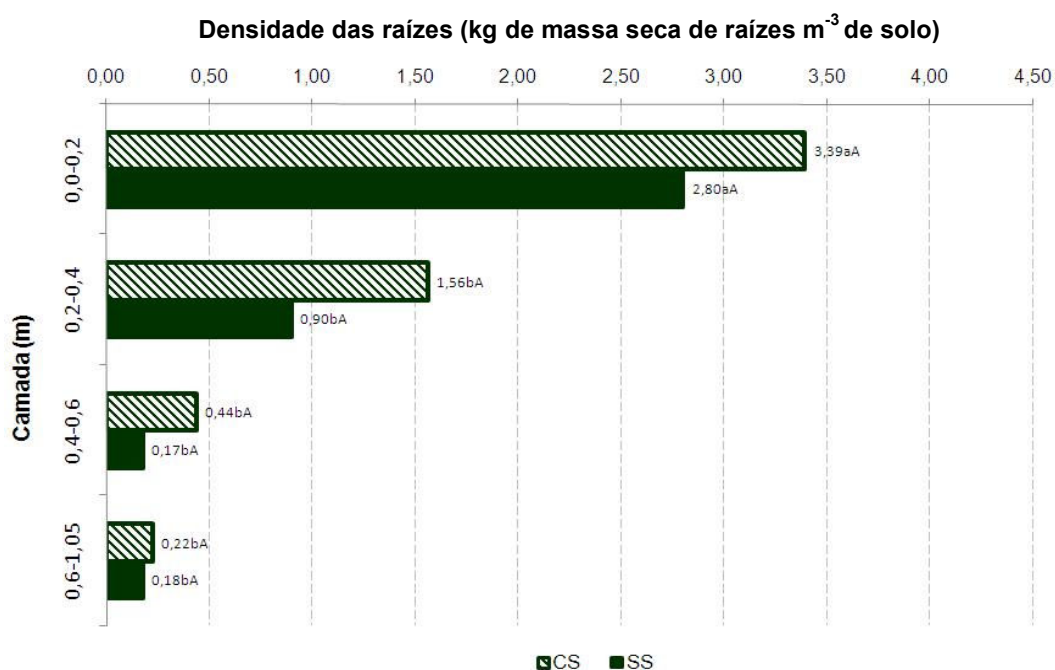
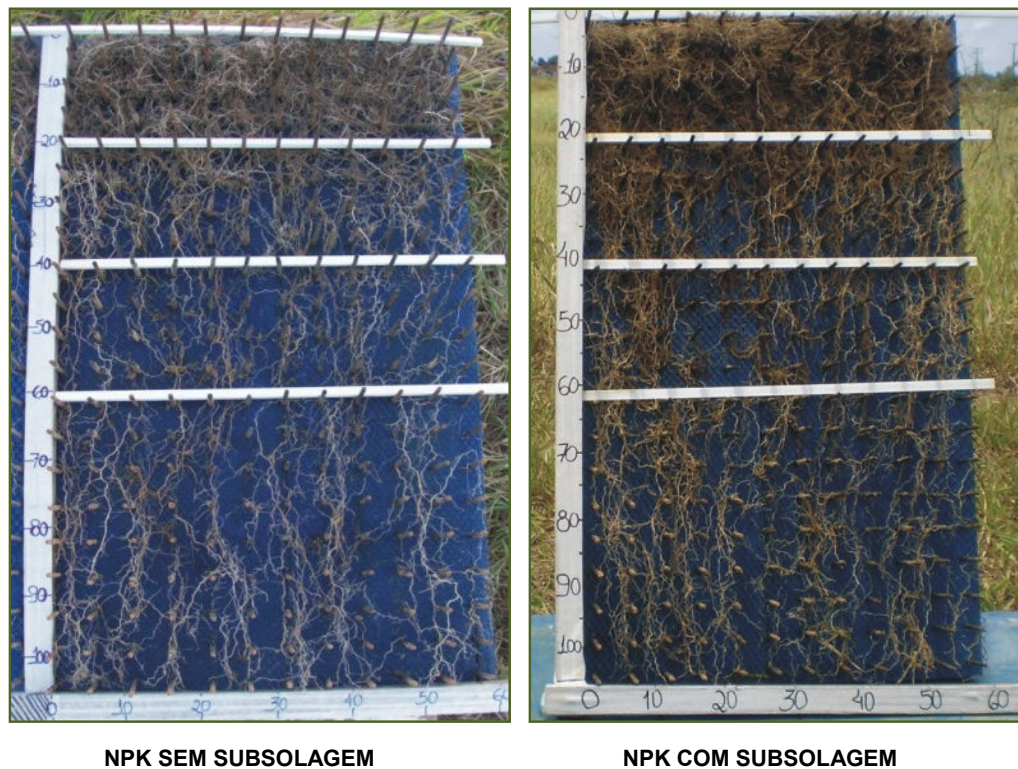
**Figura 12.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento com **calcário (Cal)**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade



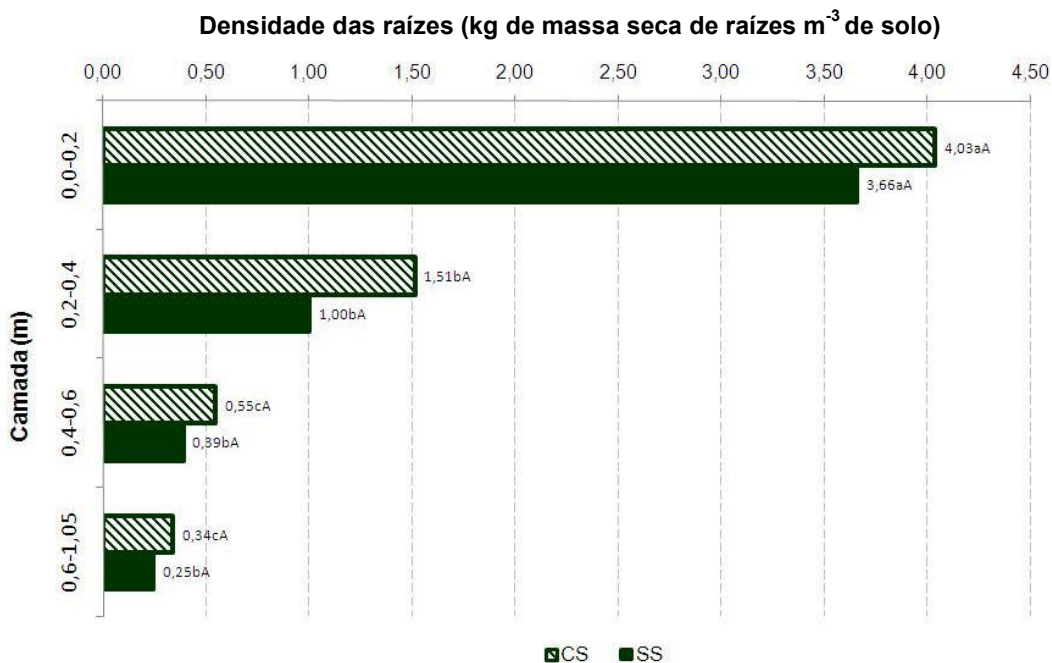
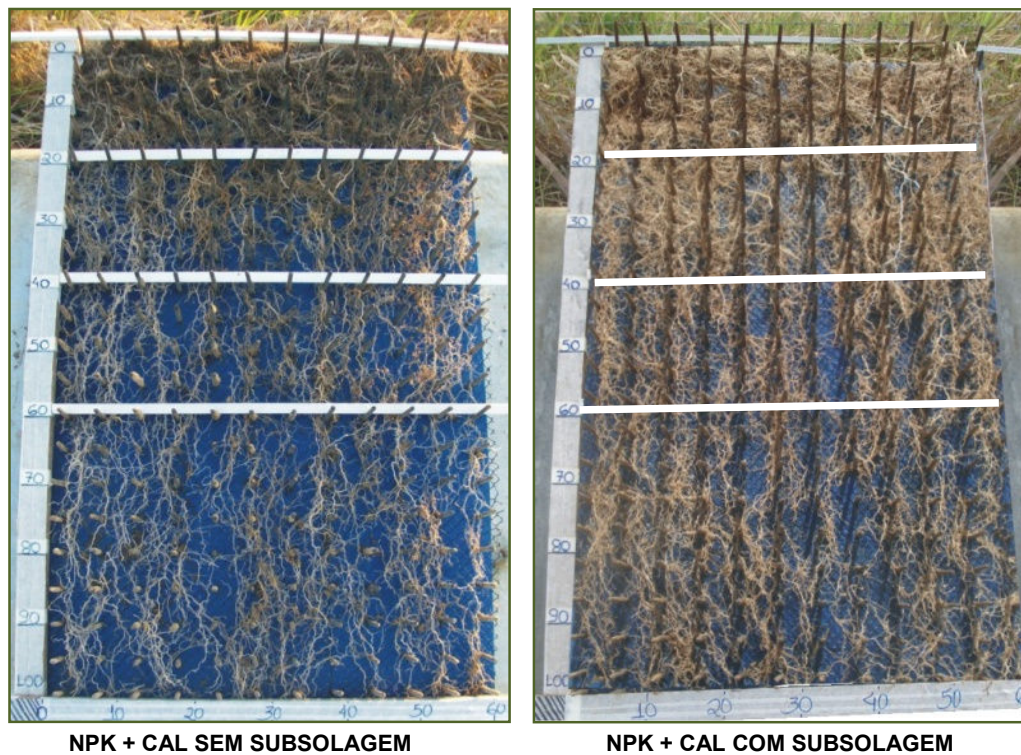
**Figura 13.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento **NK**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



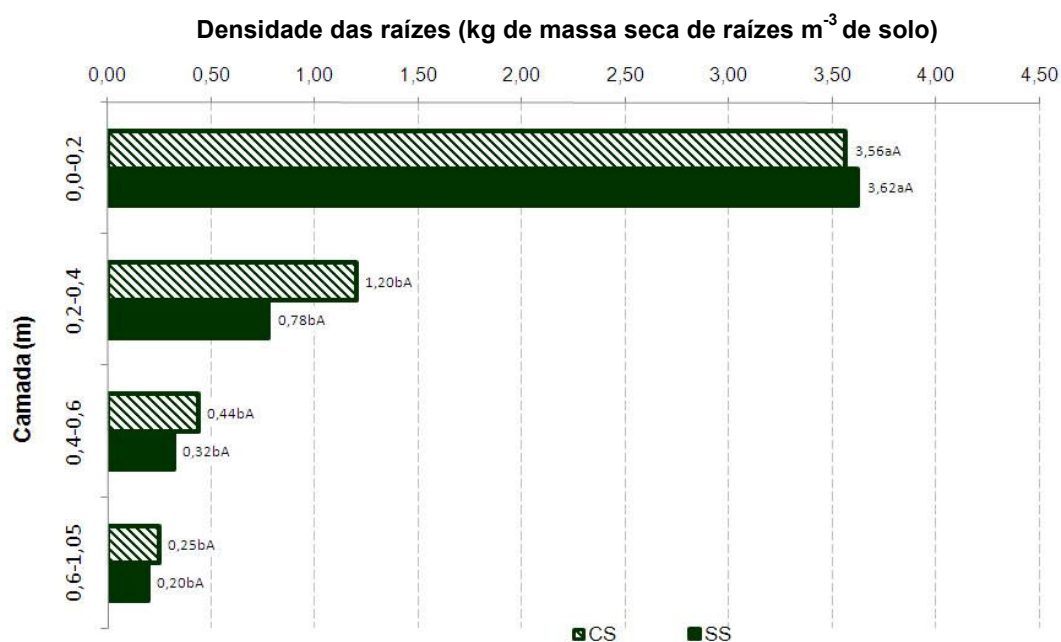
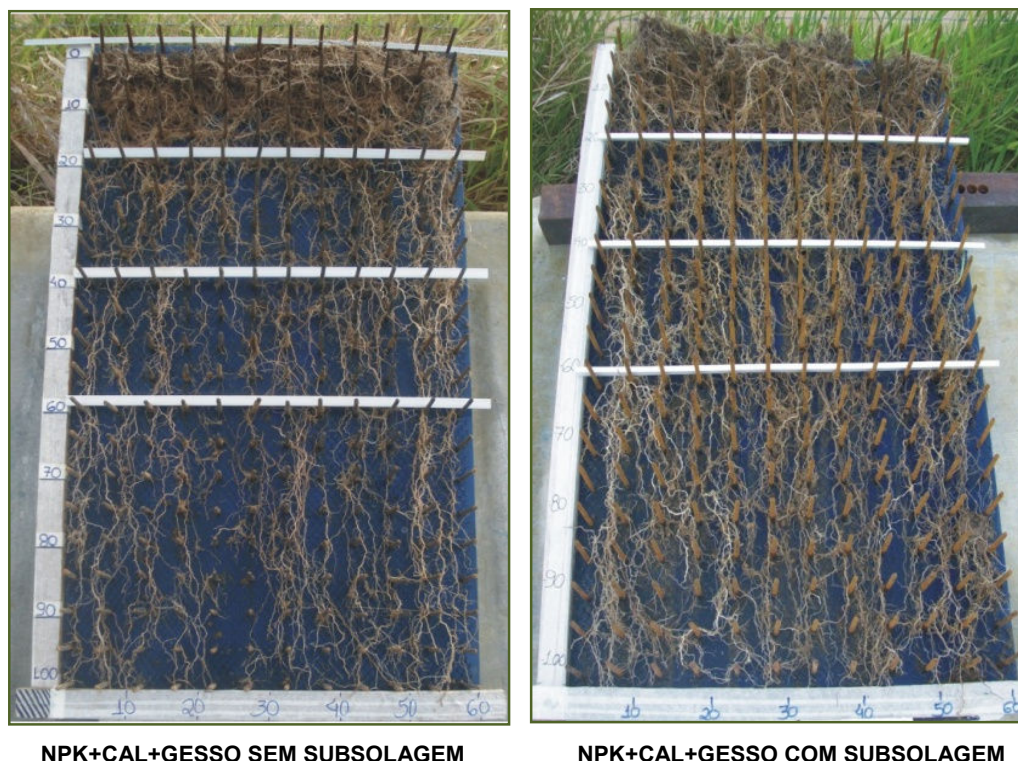
**Figura 14.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento **NK + CAL**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



**Figura 15.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento **NPK**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



**Figura 16.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento **NPK+CAL**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



**Figura 17.** Distribuição das raízes ao longo do perfil do solo no tratamento **NPK+CAL + GESSO**, em parcelas com e sem subsolagem. Letras iguais minúsculas nas barras da figura comparam as camadas; as maiúsculas, o preparo do solo nas camadas. Quando iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O teste de média (Scott-Knott,  $Pr < 0,05$ ) para o desdobramento dos tratamentos fertilizantes relacionados com o preparo do solo (Figuras 10 a 17) revelou diferença significativa entre densidades de raízes ao longo do perfil e também dentro de uma mesma camada de solo. As parcelas com e sem subsolagem, adubadas com NPKCal, apresentam 80 % das raízes nos primeiros 40 cm do perfil do solo, na seguinte ordem de grandeza: 1,29 e 1,06 kg de raiz  $m^{-3}$  de solo, respectivamente. Isso corresponde a 11,94 e 9,44 t de raízes  $ha^{-1}$ , respectivamente. Oliveira Júnior. (2007), utilizando a mesma técnica adotada no presente experimento, avaliou os efeitos da subsolagem, calagem e adubação fosfatada em Latossolo Amarelo Coeso, e as conseqüências em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. Verificou que houve diferenças na densidade de raízes em parcelas subsoladas associadas à adubação fosfatada. Assim, verifica-se que a subsolagem potencializou a resposta do fósforo. Essas diferenças estão relacionadas com o maior crescimento radicular devido à menor resistência mecânica do solo à penetração e à melhor aeração do ambiente provocada pela subsolagem. Para Stone & Silveira, (2001) ocorre uma melhoria da estrutura do solo resultante da ação do sistema radicular das gramíneas. Silva et al., (2005) também perceberam efeitos benéficos das raízes na formação de agregados e conseqüente aumento da porosidade total.

A análise da variância para densidade de raízes relacionada com os tratamentos fertilizantes e preparo do solo é mostrada no quadro 6. Os valores correspondem ao resultado da divisão da massa seca de raízes pelo volume de solo amostrado ( $1,00\text{ m} \times 0,60\text{m} \times 0,12\text{m} = \text{volume do monólito} = 72\text{ m}^{-3}$ ).

**Quadro 6.** Valores médios de densidade de raiz (kg de raiz  $m^{-3}$  de solo) relacionados com a subsolagem, adubação mineral e calagem.

Tratamentos fertilizantes	Com subsolagem	Sem subsolagem
	----- kg de raiz $m^{-3}$ de solo -----	
TEST.	0.65bA	0.51bA
P	0.84bA	0.66bA
CAL	0.85bA	0.53bA
NK	0.86bA	0.64aA
NK+CALC	0.84bA	0.80aA
NPK	1.11aA	0.81aA
NPK+CALC	1.29aA	1.06aA
NPK+CALC+GESSO	1.09aA	0.98aA
<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>0.92A</b>	<b>0.77B</b>

Letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scot-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



Os resultados apontam para uma interação positiva entre os nutrientes contidos nos tratamentos associados à calagem, a qual, associada à subsolagem, proporcionou resultados em valores absolutos superiores aos das parcelas não subsoladas.

Independentemente do preparo do solo, não foi observada diferença significativa entre as parcelas adubadas com fósforo, nem entre estas e a parcela testemunha. Isto contraria os resultados obtidos por Oliveira Júnior (2007) e Guedes et al., (2009) os quais, avaliando os efeitos da adubação fosfatada e da calagem em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, respectivamente, verificaram que houve efeito significativo desses tratamentos na produção de massa seca das raízes dessas plantas. O fósforo é um nutriente muito importante no estabelecimento inicial e na reforma do pasto, devido à sua grande influência no crescimento de raízes e no perfilhamento das gramíneas, diminuindo de importância após as plantas estarem completamente estabelecidas (Werner, 2001).

A associação do fósforo com o nitrogênio e potássio (tratamento NPK), nas parcelas com e sem subsolagem, proporcionou densidades de raiz igual a  $1,11 \text{ kg m}^{-3}$  e  $0,81 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente. Estatisticamente, esse efeito é semelhante àquele das parcelas com NPK+CAL, que proporcionaram densidades de raiz iguais a  $1,29 \text{ kg m}^{-3}$  e  $1,06 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente.

A contribuição do fósforo associado ao nitrogênio, potássio e cálcio para o ganho de massa de raiz se deve à melhoria da permeabilidade do solo à água. O fósforo é considerado nutriente de baixa mobilidade no solo. A subsolagem aumentou a macroporosidade - rota natural do crescimento radicular (KIEHL, 1979) e, conseqüentemente, o fluxo de água através do perfil, possibilitando maior mobilização desse nutriente por fluxo de massa e difusão, com reflexos positivos no crescimento radicular. Processo semelhante pode ser relacionado ao cálcio: a melhoria do fluxo de água no solo deve ter favorecido sua descida ao longo do perfil, contribuindo para a redução da acidez e suprimento desse nutriente no ambiente radicular. Em condições de equilíbrio desses macronutrientes na planta, há maior produção de fotoassimilados, que são redistribuídos para as raízes, aumentando o seu crescimento (Marschner, 1983).

Nas parcelas subsoladas, a densidade de raiz do tratamento com NPK+CAL+GESSO foi menor do que a observada nas parcelas adubadas com NPK

e com NPK+Cal; nas parcelas não subsoladas, a densidade de raiz foi também menor do que a observada no tratamento NPK+Cal, porém não diferem significativamente entre si. Isso indica que a presença do gesso não contribuiu para o desenvolvimento radicular.

Encontra-se na literatura que o gesso é importante para o desenvolvimento radicular em profundidade (Alvarez et al.,2001; Souza, 2001). Além do suprimento de enxofre, sua aplicação junto com o calcário melhora a mobilização do cálcio ao longo do perfil do solo, facilitando a neutralização do efeito tóxico do  $Al^{3+}$ . Isso contribui para melhorar o ambiente radicular das plantas (Caires et al., 2003).

## **CONCLUSÃO**

A subsolagem aumentou porosidade total do solo - principalmente a macroporosidade – diminuiu a densidade e a resistência do solo à penetração radicular e contribuiu para maior movimentação dos nutrientes ao longo do perfil do solo. Associada à subsolagem, a calagem reduziu os teores de  $Al^{+3}$ , elevou o pH, a saturação por bases trocáveis (V%) e a CTC (efetiva). A combinação subsolagem, calagem, nitrogênio, fósforo e potássio melhoraram o ambiente radicular da gramínea, promovendo aumento do crescimento e densidade de raízes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETO, A.O.; NACIF, P.G.S.; REZENDE, J.O. Caracterização morfológica e físico-hídrica de solos representativos do Recôncavo Baiano. In: **Determinação de capacidade de uso *in situ* e suas relações com dados obtidos em laboratório**. Cruz das Almas, UFBA, 1988, 59p.

ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; CAIRES, E.F., atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.923-934, 2005.

AMARAL, A.S; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de plantio direto em um Cambissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.359-367, 2004

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlim, SpringerVerlang. 188 p, 1979.

CAIRES, E.F., BLUM, J., BARTH, G. *et al.* Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2003, vol.27, no.2, p.275-286.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia reta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.87-98, 2006.

CAMARGO, O. A. Efeitos da compactação em características do solo. In: **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1055-1064, 2004.

COMISSÃO DE ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (Salvador, Ba): Manual de **Adubação e Calagem para o estado da Bahia**. 2ed. Salvador, Ba: CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABANITROFERTIL, 1989. 173 p.

EMBRAPA - CNP SOLOS. Rio de Janeiro. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. revisada e atualizada. 1997. 212p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45, 2000, São Carlos. **Anais**. UFSCar: São Carlos. 2000. p. 225-258.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A. Dinâmica da calagem superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.235-247, 2005.

GROHMANN, F. Compacidade. In: Moniz, A. C. (Coord.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo, SP: Polígono, 1972. cap. 8 p. 93-94.

GUEDES, E.M.S.; FERNANDES, A.R.; LIMA, E.V.; GAMA, M.A.P.; SILVA, A.L.P. da. Fosfato natural de arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizanta* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 52. jul/dez 2009. p. 117-129.

HAYNES, J.L. **Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil**, um exame das pesquisas. Recife: SUDENE, 1970. 739p.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. Editora Agronômica CERES: São Paulo. 1979. 262p.

LANÇAS, P. K. Subsolagem ou Escarificação. **Cultivar Máquinas**, ano II, n.14, p. 38-42, 2002.

MARSCHNER, H. General introduction to the mineral nutrition of plants. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.) **Inorganic plant nutrition**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. v.15, p.5-60.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de. Subsolagem, calagem e adubação fosfatada na recuperação de pastagem degradada de capim braquiária em Latossolo Amarelo Coeso do Recôncavo Baiano. In: **Recuperação de pastagem degradada de capim braquiária mediante subsolagem, calagem e adubação fosfatada em Latossolo Amarelo Coeso do Recôncavo Baiano**. Cruz das Almas, (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2007. 103p.

PÁDUA, T.R.P.; SILVA, C.A. & MELO, L.C.A. Calagem em Latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:869-878, 2006.

REZENDE, J. O. **Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Série estudos agrícolas, 1. SEAGRI: Bahia, 2000. 117p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. & REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.v.5.p.49-134.

RIBEIRO L.P. **Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: Gênese, evolução e degradação**. Salvador-BA; SEPLANTEC, CADCT 1998. 98p.

SILVA, A.J.N. da; CABEDA, M.S.; LIMA, J.F.W.F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo Argiloso de Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 29: 833-842, 2005.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.395-401, 2001.

SILVA, R.B.; DIAS JUNIOR, M.S.; SILVA, F.A.M.; FOLE, S.M. O trafego de maquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.973-983, 2003.

SOUZA, L. DA S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: Reunião técnica sobre solos coesos dos tabuleiros costeiros, 1996. Cruz das Almas, BA. **Anais**. Aracaju-SE: EMBRAPA-CPATC/EMBRAPA-CNPMF/EAUFBA, 1996. 80 p.

SOUZA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Circular Técnica, 12. Embrapa Cerrados: Planatina. 2001. p. 1-22.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. **Recomendações para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalçúcar – Stolf**. STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 1, n. 3. 1983.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (MG). **Caracterização de solos e avaliação dos sistemas de manejo dos Tabuleiros Costeiros do Baixo Doce e da região Norte do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, MG: 1984.

WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A. Adubação de Pastagens. In: Simpósio sobre manejo da pastagem – Planejamento de Sistemas de Produção em Pastagens, 18., 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.129-156.

## **CAPÍTULO 2**

**SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL EM LATOSSOLO  
AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E CONSEQUÊNCIAS NO  
ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA DE  
PASTAGEM DEGRADADA *B. decumbens***

**SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL EM LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO E CONSEQUÊNCIAS NO ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA DE PASTAGEM DEGRADADA *Brachiaria decumbens***

Autor: Erivaldo de Jesus da Silva

Orientador: Joelito de Oliveira Rezende

Co-orientador: João Albany da Costa

**RESUMO:** O superpastejo provoca a compactação do solo e quebra o equilíbrio entre ciclagem de nutrientes e crescimento da gramínea, reduzindo o vigor, a capacidade de rebrota das plantas e a produção de sementes. A consequência desses efeitos é a redução da produtividade e capacidade de competição com invasoras e gramíneas nativas. Por outro lado, a redução da fertilidade do solo devido à elevada acidez (baixo pH) e/ou carência de nutrientes aliada à compactação e o adensamento do solo tomam, dimensões sérias, pois ao causarem restrição ao crescimento radicular das plantas acarreta uma série de problema que afetam direta ou indiretamente a produção de forragem. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da subsolagem, correção da acidez e adubação mineral em um Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro e as consequências no estado nutricional e produção de massas verde e seca de uma pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. O experimento foi instalado no Campus da UFRB, no Município de Cruz das Almas, com delineamento experimental em parcela subdividida. Os nutrientes nitrogênio e potássio foram os responsáveis pelas maiores produções de massas verde e seca da gramínea, nas épocas avaliadas. A subsolagem quando associadas aos nutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio e calagem, proporcionou aumentos nos teores de fósforo, potássio e cálcio da parte aérea da planta.

**Palavras-chave:** Estado nutricional, teores de nitrogênio, compactação, capim braquiaria, massa verde.

**SUBSOILING, LIMING AND MINERAL OXISOL COHESIVE IN COASTAL DECK AND CONSEQUENCES IN NUTRITIONAL STATUS AND MASS PRODUCTION OF GREEN AND DRY DEGRADED PASTURE OF *Brachiaria decumbens***

Author: Erivaldo de Jesus da Silva

Advisor: Joelito de Oliveira Rezende

Co-orientador: João Albany da Costa

**ABSTRACT:** The overgrazing causes soil compaction and break the balance between nutrient cycling and growth of grass, reducing the force, the regrowth of plants and seed production. The consequence of these effects is the reduction of productivity and capacity to compete with weeds and native grasses. Furthermore, the reduction of soil fertility due to high acidity (low pH) and / or lack of nutrients combined with soil compaction and densification take, serious dimensions, because by causing restriction to root growth of plants involves a series problem that directly or indirectly affect forage production. The aim of this study was to evaluate the effects of subsoiling, correct acidity and mineral fertilizer on a Typic Cohesive Coastal Board and the consequences on nutritional status and production of fresh and dry masses of a degraded pasture of *Brachiaria decumbens*. The experiment was installed on campus UFRB in the city of Cruz das Almas, with a split plot experimental design. The nutrients nitrogen and potassium were responsible for the highest yields of green mass and dry grass, in the periods. Subsoiling when associated with nutrients, nitrogen, phosphorus, potassium and lime, provided increases in levels of phosphorus, potassium and calcium in the plant canopy.

**Keywords:** Nutritional status, nitrogen content, compaction, *Brachiaria* grass, green mass



## INTRODUÇÃO

Degradação das pastagens é definida por Macedo (1995) e Macedo & Zimmer (1993), como sendo o processo evolutivo da perda de vigor, de produtividade e de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, assim como o de suportar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais em razão do manejo inadequado.

Na grande maioria dos estabelecimentos de pecuária, as áreas destinadas ao pastejo, são marginais e possuem solos de baixa qualidade química e física. Ou são aquelas que não se prestam mais à exploração agrícola pelo esgotamento de sua fertilidade natural e, por isso, são destinadas ao estabelecimento de pastagens, apresentando problemas de produtividade e de sustentabilidade de produção. Segundo Souza Neto & Pedreira (2004), o cenário predominante tanto no exterior quanto no Brasil mostra que, devido ao desconhecimento, questões econômicas e situações particulares dos sistemas de produção em que está inserida, grande parte das pastagens encontra-se degradada. Tais pastagens passam a suportar taxas de lotação cada vez menores, apresentam áreas com solo descobertos seguido de presença significativa de invasoras e, por fim, queda na produtividade animal a níveis tão baixos que a alternativa é a substituição por outras mais produtivas, com conseqüente ônus econômico e técnico decorrentes dessa substituição.

O solo é um componente crítico da biosfera terrestre, fundamental não apenas para a produção de alimentos e fibras, mas também para a manutenção da qualidade ambiental e da própria vida. Sua qualidade - definida como a capacidade de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde do homem, das plantas e dos animais -, resulta da combinação de atributos físicos, químicos e biológicos, cuja interação define sua potencialidade para determinada função (Doran & Parkin, 1994; Larson & Pierce, 1991, Karlen et al., 1997). Como meio de crescimento das plantas, deve proporcionar ao sistema de

produção agrícola (solo-planta-clima) permeabilidade para as raízes, armazenamento e disponibilidade de nutrientes, ar e água, além de reação (pH) e temperatura adequadas – que, em conjunto, determinam sua fertilidade.

Estrutura do solo significa distribuição espacial das partículas primárias (areia, silte e argila) e secundárias (agregados) na massa do solo, definindo uma complexa geometria de poros (Marcos, 1979, citado por Rezende, 2000). Os espaços criados entre e intra-agregados correspondem à porosidade total do solo, composta de macroporos (porosidade de aeração) e microporos (porosidade de armazenagem da solução do solo).

Entre os diversos fatores que prejudicam o crescimento e desenvolvimento de plantas cultivadas (danos causados por insetos e moléstias, deficiências nutricionais, acidez do solo, drenagem insuficiente, baixa taxa de oxigênio, temperatura imprópria do solo, compactação do solo e dilaceramento radicular) a compactação do solo toma, muitas vezes, dimensões sérias, pois a rota natural das raízes em crescimento são os macroporos: se estes forem reduzidos em tamanho ou em número, devido a um processo de compactação ou adensamento, haverá restrições ao crescimento radicular e, portanto, diminuição da produtividade agrícola (Camargo & Alleoni, 1997). Grohmann (1972) utiliza o termo *compactação* para definir o arranjo cerrado das partículas do solo. Considera *adensamento* a compactação provocada por processos naturais ou pedogenéticos (argiluviação, cimentação com sílica etc.) e *compactação* a compactação decorrente da compressão provocada por forças mecânicas externas. A compactação pode ser definida como sendo a ação mecânica por meio da qual se impõe, ao solo, uma redução em seu índice de vazios, que é a relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos. A mudança de relação das fases é devida, principalmente, à reorganização das partículas do solo, quando submetido a uma força de compressão (Camargo, 1983). Para isso contribuem significativamente o tráfego de máquinas usadas no manejo das culturas e o pisoteio de animais, exercendo grande pressão no solo.

Nas pastagens, o superpastejo além de contribuir para uma severa compactação do solo quebra o equilíbrio entre a reciclagem de nutrientes e o crescimento da gramínea, reduzindo o vigor das plantas, a capacidade de rebrota e a produção de sementes. A consequência desses efeitos é a redução da produtividade e uma menor capacidade de competição com invasoras e gramíneas nativas (Nascimento Júnior et al., 1999). A compactação e o adensamento do solo

tomam, muitas vezes, dimensões sérias, pois ao causarem restrição ao crescimento radicular das plantas acarreta uma série de problema que afetam direta ou indiretamente a produção agrícola.

Uma alternativa para contornar o problema da compactidade do solo é o uso de subsoladores. A máquina utilizada para romper essas camadas compactadas foi denominada subsolador; o trabalho por ele realizado, subsolagem. De acordo com Lanças (2002), o subsolador tem como princípio o rompimento do solo por propagação de trincas, mantendo a ordem natural de seus horizontes, isto é, sem inverter a leiva. Para isso, tais equipamentos dispõem de hastes que são cravadas no solo e provocam o seu rompimento para frente, para cima e para os lados, ou seja, o solo não é cortado como na aração e ou gradagem e sim rompido nas suas linhas de fratura ou através das interfícies de seus agregados. É o chamado rompimento tridimensional do solo em blocos. Isto permite dizer que este tipo de mobilização é menos agressivo do que aqueles nos quais as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, destruindo sua estrutura original.

O rompimento por subsolagem dos horizontes e/ou camadas compactas e/ou densas resulta nos seguintes benefícios imediatos: aumento da macroporosidade e, portanto, da aeração do solo; diminuição da resistência do solo à penetração; aumento da drenagem interna, da taxa de infiltração e da infiltração acumulada; diminuição do encharcamento do solo e do deflúvio superficial em áreas planas ou com declives. Isto, indubitavelmente, favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas, a maior produção de matéria orgânica e a atividade microbiana.

A redução da fertilidade do solo devido à elevada acidez (baixo pH) e/ou carência de nutrientes é outro fator que contribui para o processo de degradação das pastagens. Quanto à acidez do solo, sabe-se que sua influência sobre as plantas é indireta manifestando-se pelos efeitos tóxicos do alumínio e manganês solúveis e pela redução na disponibilidade de nutrientes do meio. Para Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989), a presença de alumínio solúvel retarda a penetração das raízes no solo porque ele é tóxico, sendo capaz de causar precipitações no protoplasma quando presente em quantidades excessivas. A maioria das plantas é sensível à acidez do solo. Esse problema pode ser minorado por meio da calagem (aplicação de calcário), pois ela aumenta o pH do solo, neutraliza ou reduz os efeitos tóxicos do alumínio e micronutrientes, eleva os teores de cálcio e magnésio; conseqüentemente, melhora o ambiente para o

desenvolvimento radicular e para a atividade de microorganismos. A carência de nutrientes resolve-se pela adubação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da subsolagem, correção da acidez e adubação mineral em um Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro e as conseqüências no estado nutricional e produção de massa verde e seca de uma pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no *Campus* da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no Município de Cruz das Almas, 12° 38' 38" S e 39° 06' 26" O, em uma área de pastagem de *Brachiaria decumbens* em estado de degradação. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Coeso A moderado textura franco-argilo-arenosa fase floresta estacional semi-decidual, relevo plano (Figura 1), com as características físicas mostradas na Quadro 1.

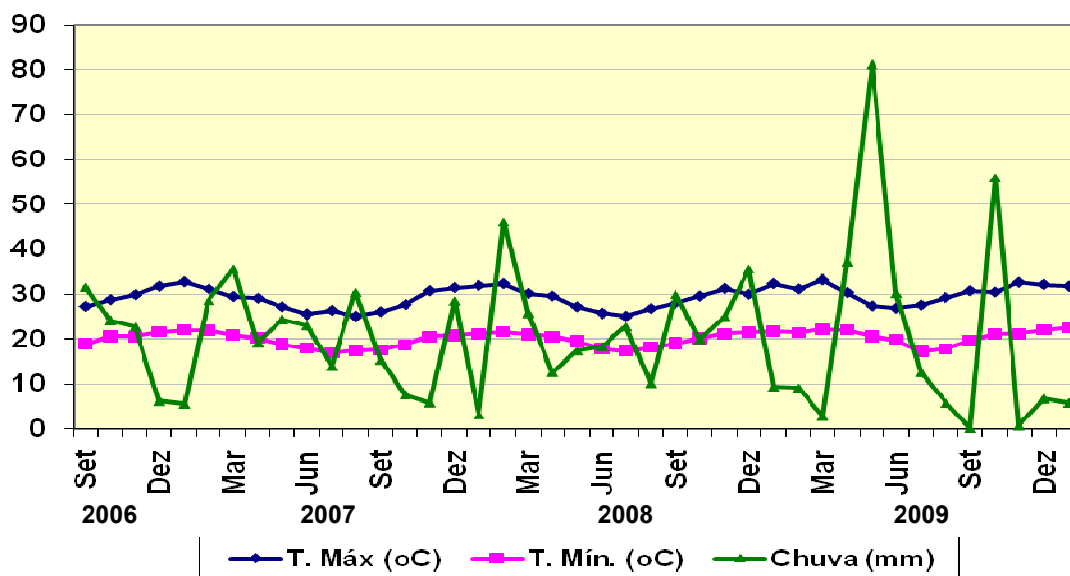


**Figura 1.** Perfil de Latossolo Amarelo Coeso representativo do Recôncavo

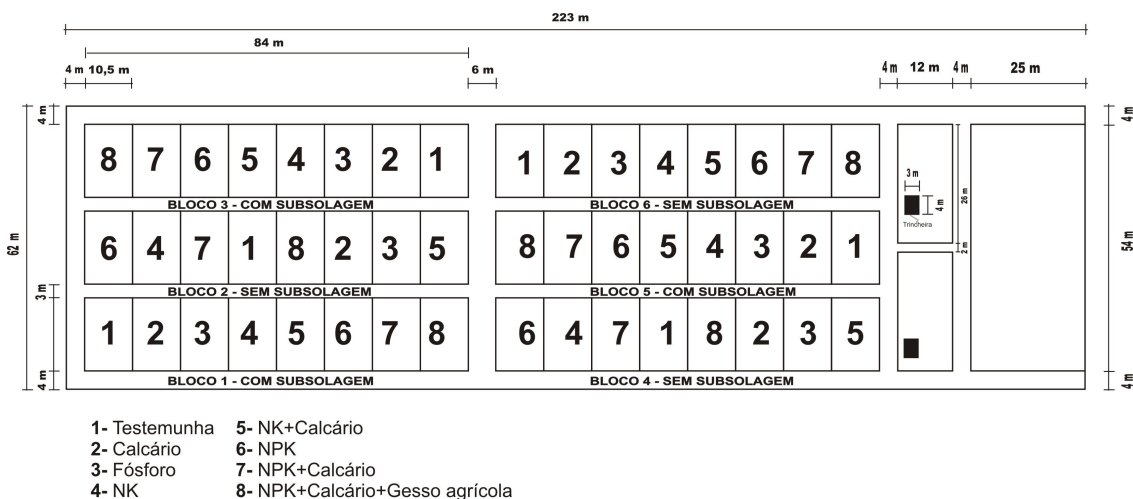
**Quadro 1.** Análises físicas do solo

Horiz.	Prof. (m)	Ar. Gr.	Ar. Fin	Ar. Total	Silte	Arg.Tot.	Arg. Nat.	GF (%)	Classe text.
		-----g kg <sup>-1</sup> -----							
Ap	0-18	690,25	81,75	772,00	90,81	137,19	50,76	63,00	Franco arenoso
AB	18-32	649,35	106,35	755,70	99,36	144,94	60,41	58,32	Franco arenoso
BA	32-50	609,45	61,50	670,95	123,72	205,33	74,44	63,75	Franco argilo arenoso
BW1	50-90	469,10	137,55	606,65	184,58	208,77	160,67	23,04	Franco argilo arenoso
BW2	90-137	320,30	222,10	542,40	169,40	288,20	114,43	60,30	Franco argilo arenoso
BW3	137-180+	303,85	273,40	577,25	128,21	294,54	83,35	71,70	Franco argilo arenoso

O clima local é do tipo C1DA'a' subúmido a seco, segundo Thornthwaite & Matter e apresenta uma precipitação pluviométrica média anual de 1.170 mm, variando entre 900 a 1.300 mm, sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos e setembro a fevereiro os meses mais secos. A temperatura média anual é de 24,1°C, com evapotranspiração potencial de 1.267 mm anuais, com excedente hídrico em junho, julho e agosto. Segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo *Am*. A Figura 2 mostra a média aproximada da distribuição das chuvas durante o período experimental, anos 2006 a 2009 (dados: Posto Meteorológico da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizada no Município de Cruz das Almas, Recôncavo Sul do Estado da Bahia).

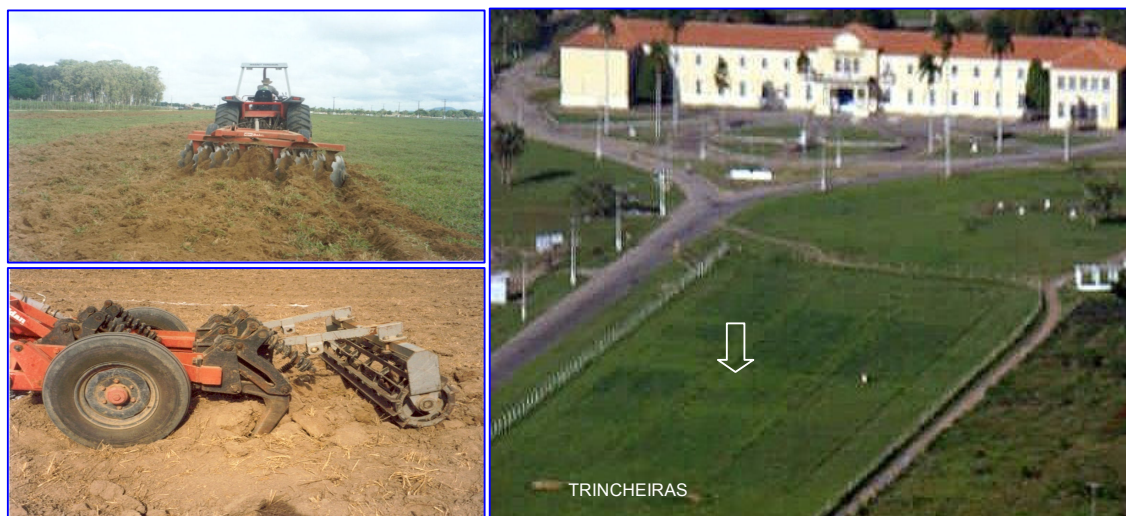
**Figura 2.** Distribuição das chuvas no Município de Cruz das Almas-BA (médias dos anos 2006 a 2008).

A área experimental foi de 8 064 m<sup>2</sup>, dividida em seis blocos de 84,0m x 16,0m, contendo dois tratamentos de preparo do solo (com e sem subsolagem) em três repetições (Figura 3). O delineamento experimental foi em parcela subdividida.



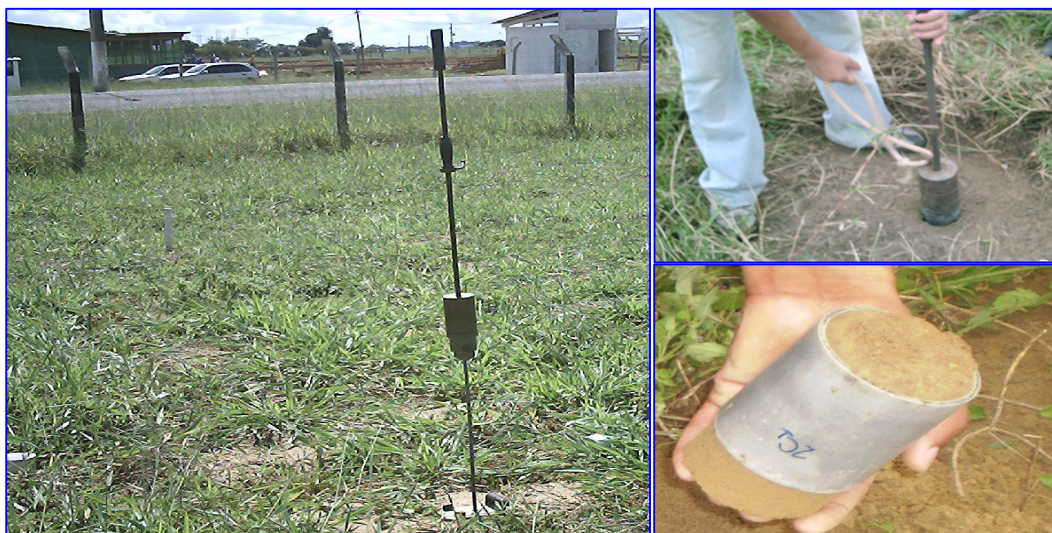
**Figura 3.** Croqui de campo

Em 2006, essa área foi arada com grade aradora e em seguida subsolada (Figura 4). A subsolagem foi realizada com subsolador de cinco hastes de 0,60 m de comprimento, com lâminas de corte sem asas, de acionamento hidráulico, com cilindro trilhador e sistema hidráulico de transporte pneumático, da marca Baldan®, acoplado a trator de pneus marca Massey Ferguson® de 130 CV e tração 4 x 4. A frente de serviço foi regulada para largura máxima, 2,0 m e a profundidade operacional atingida foi de 0,45 m.



**Figura 4.** À esquerda, aração do solo e subsolagem; à direita, vista aérea do experimento (indicada pela seta) em julho de 2008.

Para a avaliação da necessidade de calcário e adubos, analisaram-se amostras compostas de solo obtidas na profundidade de 0 a 0,20 m (Figura 5). Com base nessas análises e no Manual de Adubação e Calagem do Estado da Bahia (COMISSÃO DE ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989), foram aplicadas as seguintes quantidades de fertilizantes: 1200 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico [para elevação da saturação por bases (V%) para 50%]; 300 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola (correspondente à substituição de 25% do CaO do calcário) - neste caso, levou-se em consideração a adição indireta de gesso oriunda do superfosfato simples utilizado na adubação fosfatada; 80,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, fracionada de duas vezes; 50,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sob a forma de superfosfato triplo; 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sob a forma de cloreto de potássio.



**Figura 5.** À esquerda, detalhe da avaliação da resistência mecânica do solo à penetração; à direita: acima, amostragem do solo para a determinação da densidade e porosidade do solo abaixo, amostragem do solo para determinação da umidade gravimétrica atual.

O calcário e o gesso agrícola foram aplicados no início de Março de 2008, a lanço; a mistura fertilizante NPK, com a metade do N, foi aplicada no início de Junho de 2008; a segunda metade do N foi aplicada no início de Dezembro de 2008. Os efeitos dos tratamentos fertilizantes no solo foram avaliados por meio dos seguintes indicadores: pH, Al<sup>3+</sup>, H+Al, Ca<sup>2+</sup>+ Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, P, SB, V% e CTC. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Ferreira, 2000) considerando o modelo estatístico do delineamento em blocos inteiramente casualizados em esquema de parcela subdividida no espaço e no tempo.

A amostragem da gramínea para determinação da massa verde e fresca da parte aérea foi feita em três épocas ao longo do experimento (Figura 6): o primeiro corte foi feito em agosto 2008, 90 dias após a aplicação do calcário e 60 dias após a primeira adubação; o segundo corte foi realizado em fevereiro de 2009, 60 dias após aplicação da segunda dose de N, feita em dezembro de 2008, após um período de chuva na região, para melhor aproveitamento do adubo nitrogenado; o último corte foi feito em Julho de 2009. Assim, os corte da gramínea ocorreram em três períodos distintos de umidade no solo: o primeiro e o terceiro na época das águas e o segundo, na época de estiagem (ver Figura 1).



**Figura 6.** À esquerda, detalhe da amostragem das plantas durante o período experimental; à direita, análise das plantas no laboratório da UFV.

Para tal amostragem, utilizou-se um quadrado de ferro de dimensões 0,50m x 0,50m (0,25m<sup>2</sup>), lançado ao acaso dentro de cada subparcela, em quatro repetições, totalizando, portanto, 1,0 m<sup>2</sup> de área amostrada. O material assim coletado era imediatamente pesado por meio de um dinamômetro de mão, ainda no campo, para obtenção da massa verde. De cada amostra, separava-se aproximadamente 500 g do material para secagem em estufa a 65 °C e posterior avaliação da massa seca e do estado nutricional das plantas.

As determinações dos macronutrientes foram realizadas nos Laboratórios de Solos Florestais e de Espectrofotometria da Universidade Federal de Viçosa, por ocasião de um estágio do autor do presente trabalho nessa Universidade. Para tanto, o material vegetal foi triturado em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh



e submetido à digestão nítrico-perclórica para determinação dos seguintes nutrientes: fósforo (P), pelo método da redução do fotomolibdato pela vitamina C; potássio (K), por fotometria de chama; cálcio (Ca) e o magnésio (Mg), por espectrofotometria de absorção atômica; enxofre (S), por turbidimetria do sulfato, conforme metodologia proposta por Malavolta (1989); nitrogênio total (N-total), pelo método semi-micro Kjeldahl (Tedesco et al., 1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância (Ferreira, 2000) considerando o modelo estatístico do delineamento em blocos inteiramente casualizados em esquema de parcela subdividida no espaço e no tempo. Utilizou-se contraste de médias para as variáveis massa seca (MS) e verde (MV) da gramínea e o teste de Tukey e Scott-Knot (a 5% de probabilidade) para as demais variáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

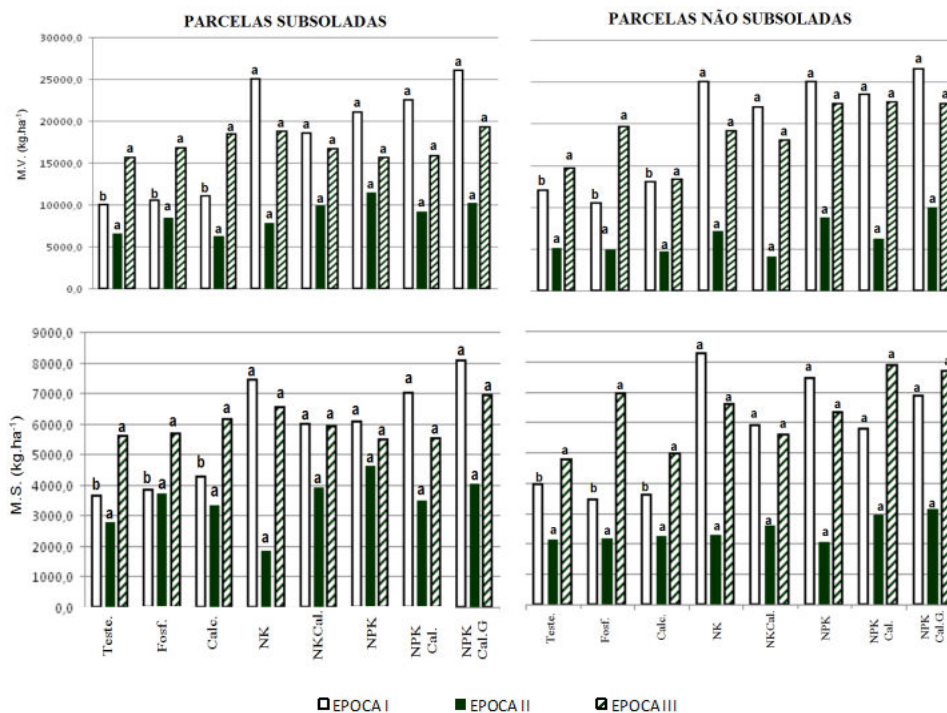
Os resultados da análise de variância mostraram que, nas épocas avaliadas, não houve efeito significativo do preparo do solo nas produções de massa verde seca do capim; no entanto, houve efeito significativo dos tratamentos fertilizantes na produção de massa verde e seca acumuladas nos três períodos e também na primeira época de avaliação, como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2.** Análise de variância para a produção das massas verde (MV) e seca (MS) da parte aérea das plantas, acumuladas nas três épocas de corte do capim, e as produções de cada época de corte, em função dos tratamentos aplicados.

Fator de variação	Variáveis de produção do capim <i>B. decumbens</i>							
	Acumulado		Época I		Época II		Época III	
	MSPA	MVPA	MSPA	MVPA	MSPA	MVPA	MSPA	MVPA
Prep. Solo	0.053 <sup>NS</sup>	0.635 <sup>NS</sup>	0.945 <sup>NS</sup>	0.767 <sup>NS</sup>	0.407 <sup>NS</sup>	0.358 <sup>NS</sup>	0.638 <sup>NS</sup>	0.323 <sup>NS</sup>
Cal/Fertil.	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.707 <sup>NS</sup>	0.125 <sup>NS</sup>	0.196 <sup>NS</sup>	0.221 <sup>NS</sup>
Prep. Solo x Cal/Fertil.	0.875 <sup>NS</sup>	0.625 <sup>NS</sup>	0.705 <sup>NS</sup>	0.983 <sup>NS</sup>	0.832 <sup>NS</sup>	0.797 <sup>NS</sup>	0.353 <sup>NS</sup>	0.171 <sup>NS</sup>
CV (%)	1.47	10.90	19.90	18.75	42.36	32.91	17.25	16.18
Média Geral (kg.ha <sup>-1</sup> )	14913,7	44469,7	5722.28	18875.00	2954.17	7530.62	6159.55	18064.06

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo, respectivamente, a 1 % para o teste F.

Os resultados do teste de médias para MV e MS em parcelas com e sem subsolagem, associado às aplicações dos fertilizantes, para as três épocas de avaliação, são apresentados na Figura 7.



Letras iguais comparam as médias dentro das épocas e não difere entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Figura 7.** Produção de massa verde e seca do capim *B. decumbens* em função do preparo do solo (com e sem subsolagem), adubação mineral e calagem, em três épocas de avaliação.

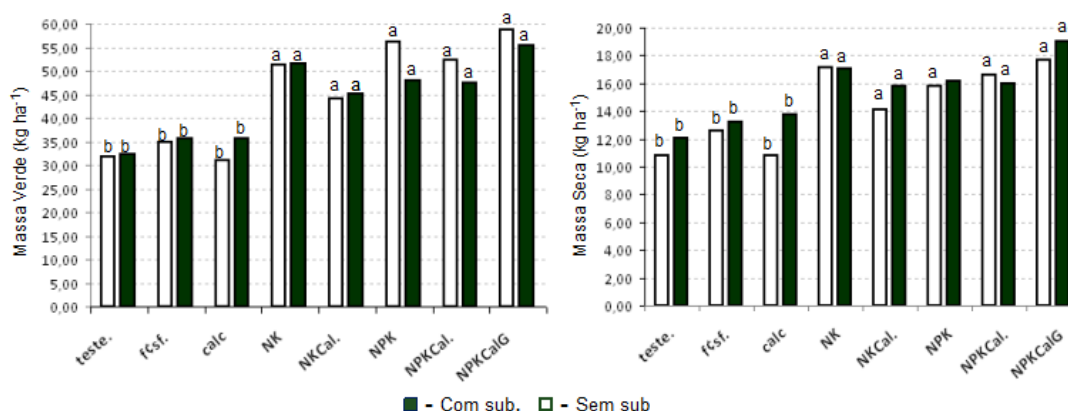
Independentemente dos níveis de preparo do solo, a aplicação individual de  $1100 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário (tratamento Cal) e  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo (tratamento P) não proporcionou aumento de massa verde e seca da gramínea em relação ao tratamento testemunha (teste.); na primeira época, nas parcelas subsoladas. A produção de massas verde e seca do tratamento testemunha foi cerca de  $10\,000,0 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $3800,0 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, e nas parcelas com NK [contendo metade da dose de N ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ) associada à dose de potássio ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$ )] foi cerca de  $25\,000,0 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $7\,500,00 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente. Portanto, a diferença de produção de massas verde e seca entre esses dois tratamentos (testemunha e NK) foi de 150 % e de 87,5 %, respectivamente.

Em números absolutos, na primeira época de avaliação, as produções de massas verde e seca nos tratamentos que levaram potássio e nitrogênio (NK,

NKCal, NPK, NPKCal e NPKCalG) foram superiores às dos tratamentos testemunha, P e Cal. De maneira geral, as produções de massa verde e seca diminuíram na segunda época de avaliação (período seco), independente do fertilizante aplicado, devido, possivelmente, ao menor teor de água no solo. Mesmo após a aplicação da segunda parcela de nitrogênio, realizada após o primeiro corte, as condições de baixa disponibilidade de água no solo não favoreceu acúmulo de massa pelo capim. As produções, entretanto, foram maiores nas parcelas subsoladas, indicando o efeito positivo da subsolagem no ambiente radicular da gramínea.

Para Rezende (2002), boa drenagem e aeração, armazenamento e disponibilidade de água, disponibilidade de nutrientes, baixa resistência do solo à penetração radicular e pH adequado do solo são condições essenciais para o desenvolvimento vegetal. Schunke et al., (1992) obtiveram, em período chuvoso, 2 487,0 kg ha<sup>-1</sup> e 1 217,0 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca em pastagem de *Brachiaria decumbens* tratada com fósforo (100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e sem fósforo, respectivamente. Carvalho et al., (2006), avaliando a produção de massa seca de capim *B. decumbens* adubado com NPK (80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), obtiveram 2718,7 kg ha<sup>-1</sup> e 959,3 kg ha<sup>-1</sup> no período chuvoso e seco, respectivamente.

A Figura 8 mostra o resultado do teste de média para a produção de massa verde e seca acumulada nas épocas de avaliação, considerando o desdobramento de tratamento fertilizante dentro do tratamento de preparo do solo.



**Figura 8.** Produção acumulada (total das três épocas de avaliação) de massa verde e seca do capim *B. decumbens*, relacionada com o preparo do solo (com e sem subsolagem) e tratamentos fertilizantes. Letras iguais comparam as médias dentro de tratamento de preparo do solo e não difere entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Para cada tratamento fertilizante, não são significativas as diferenças entre valores das parcelas com e sem subsolagem. Segundo Souza (2001), a aplicação de gesso supre o solo com cálcio até as camadas mais profundas, favorecendo o aprofundamento das raízes e, conseqüentemente, o melhor aproveitamento das reservas de água e nutrientes do solo. No entanto, os tratamentos com calcário e gesso associado ao nitrogênio, fósforo e potássio não foram suficientes para provocar diferenças significativas na produção acumulada da forrageira.

As parcelas contendo os tratamentos testemunha, fósforo e calagem acumularam na terceira época, por volta da metade da produção total, onde nas parcelas com subsolagem a produção de MV foram respectivamente, 48,66%, 46,98% e 51,57%; e naquelas sem subsolagem foram 46,19%, 56,05% e 43,02%, respectivamente. Esses resultados apontam para o aproveitamento da adubação residual e da calagem, aplicados no início do experimento, aliado à ciclagem de nutrientes contidos nos resíduos da gramínea após os cortes e que se tornaram fonte de carbono para solo.

No quadro 3 encontram-se as médias dos teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea do capim relacionados com os tratamentos de preparo e fertilização do solo. Verifica-se que, em pelo menos uma das épocas avaliadas, subsolagem, adubação e calagem influenciaram significativamente os teores de P, K e Ca. Os teores de P na gramínea foram influenciados em todas as épocas pelo preparo do solo em pelo menos uma das parcelas contendo os fertilizantes e/ou corretivo. Na primeira época, a subsolagem promoveu maior absorção de P pelo capim ( $0,187 \text{ dag kg}^{-1}$ ) nas parcelas adubadas com NPK +CAL+Gesso; nas parcelas sem subsolagem contendo o mesmo tratamento fertilizante, a absorção foi de  $0,093 \text{ dag kg}^{-1}$ . Nas demais épocas, nas parcelas subsoladas contendo esse tratamento fertilizante, os teores de P na parte aérea das plantas mantiveram-se superiores em valores absolutos, isto é, sem diferenças significativas.

Na segunda época, houve diferença significativa entre os teores de fósforo das plantas das parcelas subsoladas ( $0,046 \text{ dag Kg}^{-1}$ ) e não subsoladas ( $0,095 \text{ dag kg}^{-1}$ ); nas parcelas contendo NK, os valores obtidos foram  $0,076 \text{ dag kg}^{-1}$  e  $0,153 \text{ dag kg}^{-1}$  nas parcelas com e sem subsolagem, respectivamente, diferindo significativamente entre si.

Analisando-se o efeito dos tratamentos fertilizantes dentro de tratamento de preparo do solo, verifica-se que, nas parcelas subsoladas, os teores de P na parte

aérea das plantas não foram afetados pelos tratamentos fertilizantes, em nenhuma das épocas avaliadas. No entanto, esse fato não ocorreu nas parcelas não subsoladas, nas quais se verificam diferenças significativas nos teores desse nutriente em função dos fertilizantes aplicados.

**Quadro 3.** Teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea do capim, relacionados com a subsolagem, calagem e adubação mineral.

	N		P		K		Ca		Mg		S	
	(dag.kg <sup>-1</sup> )											
<b>AVALIAÇÃO NA ÉPOCA I</b>												
	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM
teste.	0.765bA	0.715bA	0.103aA	0.101bA	0.593bA	0.796bA	0.366aA	0.311aA	0.390aA	0.302aA	0.060aA	0.050aA
fçsf.	0.805bA	0.680bA	0.156aA	0.197aA	0.676bA	0.637bA	0.340aA	0.313aA	0.264aA	0.321aA	0.040aA	0.055aA
calc	0.855bA	0.845bA	0.084aA	0.078bA	0.819aA	0.766bA	0.316aA	0.327aA	0.299aA	0.285aA	0.045aA	0.055aA
NK	1.465aA	1.845aA	0.071aA	0.136aA	0.999aA	1.052aA	0.253aA	0.261aA	0.226aA	0.215aA	0.055aA	0.030aA
NKCal.	1.780aA	1.725aA	0.093aA	0.093bA	<u>0.510bB</u>	<u>1.127aA</u>	0.258aA	0.199aA	0.266aA	0.245aA	0.040aA	0.055aA
NPK	1.670aA	1.980aA	0.114aA	0.160aA	0.856aA	1.030aA	0.264aA	0.229aA	0.228aA	0.258aA	0.040aA	0.035aA
NPKCal.	1.950aA	1.845aA	0.133aA	0.145aA	0.803aA	0.969aA	0.336aA	0.233aA	0.279aA	0.252aA	0.030aA	0.045aA
NPKCalG	1.580aA	1.420aA	<u>0.187aA</u>	<u>0.093bB</u>	0.819aA	0.863bA	0.272aA	0.294aA	0.336aA	0.290aA	0.045aA	0.045aA
<b>AVALIAÇÃO NA ÉPOCA II</b>												
	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM
teste.	0.570aA	0.640aA	<u>0.046aB</u>	<u>0.095aA</u>	0.805aA	0.910aA	0.123aB	0.309aA	0.232aA	0.223aA	0.040aA	0.040aA
fçsf.	0.820aA	0.650aA	0.070aA	0.085aA	0.684aA	0.834aA	0.285aA	0.351aA	0.177aA	0.277aA	0.050aA	0.030aA
calc	0.805aA	0.585aA	0.064aA	0.045bA	0.940aA	0.999aA	0.341aA	0.269aA	0.288aA	0.259aA	0.055aA	0.040aA
NK	0.730aA	1.020aA	0.052aA	0.063bA	0.970aA	0.819aA	0.248aA	0.275aA	0.232aA	0.201aA	0.040aA	0.035aA
NKCal.	0.850aA	0.960aA	0.049aA	0.059bA	1.256aA	0.909aA	0.271aA	0.201aA	0.240aA	0.219aA	0.050aA	0.045aA
NPK	0.800aA	0.730aA	0.063aA	0.091aA	0.699aA	1.060aA	0.257aA	0.301aA	0.233aA	0.262aA	0.050aA	0.045aA
NPKCal.	0.805aA	0.790aA	0.064aA	0.087aA	0.985aA	0.669aA	0.247aA	0.295aA	0.226aA	0.260aA	0.055aA	0.050aA
NPKCalG	0.820aA	0.650aA	0.102aA	0.087aA	0.579aA	0.789aA	<u>0.224aB</u>	<u>0.378aA</u>	0.210aA	0.271aA	0.040aA	0.040aA
<b>AVALIAÇÃO NA ÉPOCA III</b>												
	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM
teste.	1.070aA	0.825aA	0.116aA	0.077bA	1.105aA	1.512aA	0.188bA	0.267aA	0.248aA	0.296aA	0.040aA	0.045aA
fçsf.	0.850aA	0.805aA	0.151aA	0.112bA	0.759aA	1.301aA	0.170bA	0.237aA	0.233aA	0.249aA	0.030aA	0.020aA
calc	1.075aA	1.130aA	0.123aA	0.086bA	1.331aA	1.000aA	<u>0.336aA</u>	<u>0.148aB</u>	0.346aA	0.156aA	0.035aA	0.045aA
NK	0.980aA	1.075aA	<u>0.076aB</u>	<u>0.153aA</u>	1.692aA	1.848aA	<u>0.223bB</u>	<u>0.422aA</u>	0.246aA	0.406aA	0.040aA	0.030aA
NKCal.	0.920aA	0.775aA	0.094aA	0.086bA	1.241aA	1.527aA	0.280aA	0.305aA	0.353aA	0.292aA	0.035aA	0.040aA
NPK	0.970aA	1.035aA	0.147aA	0.111bA	1.361aA	1.106aA	0.325aA	0.216aA	0.325aA	0.228aA	0.050aA	0.025aA
NPKCal.	1.050aA	1.025aA	0.141aA	0.164 aA	1.361aA	2.023aA	0.339aA	0.345aA	0.358aA	0.307aA	0.040aA	0.035aA
NPKCalG	1.160aA	0.920aA	0.148aA	0.113bA	1.241aA	1.481aA	0.172bA	0.251aA	0.185aA	0.250aA	0.035aA	0.035aA

Letras iguais minúsculas na coluna e iguais maiúsculas nas linhas, não difere entre si pelo teste Teste de Scott-Knott a 5%.

Na primeira época, apenas o tratamento contendo NKCAL foi influenciado pela interação entre preparo do solo e a adubação mineral: observa-se que, nesse tratamento, a subsolagem influenciou negativamente e significativamente a absorção desse nutriente, reduzindo em mais da metade os teores na planta.

Nas parcelas subsoladas, os maiores teores de K encontrados na parte aérea das plantas resultaram da aplicação de NK (0,999 dag kg<sup>-1</sup>), NPK (0,856 dag kg<sup>-1</sup>), NPKCaG e Cal (ambos com 0,819 dag kg<sup>-1</sup>) e NPKCal (0,803 dag kg<sup>-1</sup>); nas parcelas não subsoladas, isso ocorreu nos tratamentos com NKCal (1,127dag kg<sup>-1</sup>), NK (1,052 dag kg<sup>-1</sup>), NPK (1,03 dag kg<sup>-1</sup>) e NPKCal (0,969 dag kg<sup>-1</sup>).

Na segunda época de avaliação, nas parcelas não subsoladas, os teores de cálcio na parte aérea do capim foram maiores na subparcela testemunha e naquela adubada com NPKCaG. Na terceira época, nas subparcelas apenas com calcário (Cal), houve diferença significativa entre os teores de cálcio das plantas das parcelas com e sem subsolagem, sendo maiores nas parcelas subsoladas.

Comparando-se os tratamentos fertilizantes dentro do preparo do solo, observa-se que na terceira época de avaliação ocorreram diferenças significativas apenas nas parcelas subsoladas. Nestas parcelas, os tratamentos NKCal (0,280 dag Kg<sup>-1</sup>), NPK (0,325 dag kg<sup>-1</sup>), Cal (0,336 dag kg<sup>-1</sup>) e NPKCal (0,339 dag kg<sup>-1</sup>) não diferiram entre si, porém foram significativamente superiores aos demais.

## CONCLUSÃO

Os nutrientes nitrogênio e potássio foram os responsáveis pelas maiores produções de massas verde e seca do capim, nas épocas avaliadas. A subsolagem quando associada aos nutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio e calagem, proporcionou aumentos nos teores de fósforo, potássio e cálcio da parte aérea da planta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, O. A. Efeitos da compactação em características do solo. In: **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento e plantas**. Escola Superior "Luiz de Queiroz": Piracicaba. 1997. 132p.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em

um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 2, maio/ago. 1991. p. 195- 200.

COMISSÃO DE ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (Salvador, Ba): **Manual de Adubação e Calagem para o estado da Bahia**. 2ed. Salvador, Ba: CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABANITROFERTIL, 1989. 173 p.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds) *Defining soil quality for sustainable environment*. p.3-21. SSSA Spec. Publ. No. 35. Madison, WI: ASA, CCSA e SSSA, 1994.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45, 2000, São Carlos. **Anais**. UFSCar: São Carlos. 2000. p. 225-258.

GROHMANN, F. Compacidade. In: Moniz, A. C. (Coord.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo, SP: Polígono, 1972. 8:93-94.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for avaluation. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 61:4-10, 1997.

LANÇAS, P. K. Subsolação ou Escarificação. **Cultivar Máquinas**, ano II, n.14, p. 38-42, 2002.

LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. In: *Evaluation for sustainable land management in the developing world*. p.175-203. Int. **Board for Soil Research and Management**, Bangkok, Thailand. 1991.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 32; Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros: pesquisas para o desenvolvimento sustentável, 1995, Brasília. **Anais**. Sociedade Brasileira de Zootecnia: Brasília. 1995. p. 28-62.

MACEDO, M.C.M & ZIMMER, A.H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIQUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds). *Simpósio sobre ecossistemas de pastagens*, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais**. FUNEP, UNESP, 1993. p. 216-245.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; OLIVEIRA, R. L.; DIOGO, J.M.S. **Manejo de pastagens**. UFV: Viçosa, MG. 1999. 31p.

REZENDE, J. O. **Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros**: limitações agrícolas e manejo. Série estudos agrícolas, 1. SEAGRI: Bahia, 2000. 117p.

REZENDE, J. O.; MAGALHÃES, A. F. J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, S. E.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.C.; REZENDE, V.J.R.P. **Citricultura nos solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros**: análise e sugestões. Série estudos agrícolas, 3. SEAGRI: Salvador, 2002. 97p.

SCHUNKE, R. M.; CADISCH, G.; SANTOS, J. C. C. dos; BODDEY, R. M. Mineralização da matéria orgânica do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com fósforo. In: **Red International de Evaluación de Pastos Tropicales**. RIEPT. Reunión Sabanas, 1., 1992, Brasília. Cali: EMBRAPA - CPAC / CIAT 1992. p. 455-458.

SOUZA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado. **Circular Técnica, 12**. Embrapa Cerrados: Planatina. 2001. p. 1-22.

SOUZA NETO, J.M. de & PEDREIRA, C.G.S. Caracterização do grau de degradação de pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de.; FARIA, V.P. de. (Ed.). Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Simpósio sobre Manejo da pastagem, 21, Piracicaba, 2004. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 7-31.

TEDESCO, J. M.; GIANELLO, C.; BISSANI, A. C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ª ed., Porto Alegre, 1995. 188p.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A exploração pecuária no recôncavo baiano com pastagens cultivadas e manejo inadequado tem causado a essa região problemas sérios de degradação. A recuperação dessas áreas é tarefa complexa e de longo prazo. As ações deverão envolver as técnicas de preparo do solo, a calagem e a reposição de nutrientes, visando aumento na capacidade de suporte dos pastos e do solo, melhoria da qualidade e da oferta de forragem, em termos nutricionais, e conseqüentemente ganho de peso dos animais. Assim, o objetivo do estudo foi almejado e com ele algumas conclusões foram tiradas do sistema solo-planta-clima. E dessa forma pode-se proporcionar aplicabilidade da técnica (subsolagem, correção da acidez e adubação mineral) a pequenos e grandes pecuaristas envolvidos com a problemática das pastagens degradadas no ecossistema Tabuleiros Costeiras do Recôncavo baiano. Cumpriu-se, assim, mais uma etapa de amplo projeto que trata de estratégias de manejo para solos Coesos de Tabuleiros Costeiros da Bahia, sob a responsabilidade de uma equipe de pesquisadores da qual faz parte o Prof. Dr. Joelito de Oliveira Rezende e seus orientados em cursos de Graduação e de Pós-Graduação.

# **APÊNCIDES**

**Variável analisada: MVT\_EP1**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	1125000.000000	1125000.000000	0.008	0.9440
TRAT	1	21125000.000000	21125000.000000	0.146	0.7675
erro 1	1	144500000.000000	144500000.000000		
SUBTRAT	7	1.2290000000E+0009	175571428.571429	14.016	0.0000
TRAT*SUBTRAT	7	16375000.000000	2339285.714286	0.187	0.9836
erro 2	14	175375000.000000	12526785.714286		
Total corrigido	31	1.587500000E+0009			
CV 1 (%) =	63.69				
CV 2 (%) =	18.75				
Média geral:	18875.0000000	Número de observações:	32		

**Variável analisada: MVT\_EP2**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	3200450.000000	3200450.000000	0.177	0.7463
TRAT	1	45172512.500000	45172512.500000	2.501	0.3589
erro 1	1	18060050.000000	18060050.000000		
SUBTRAT	7	86483687.500000	12354812.500000	2.012	0.1258
TRAT*SUBTRAT	7	22822987.500000	3260426.785714	0.531	0.7973
erro 2	14	85978500.000000	6141321.428571		
Total corrigido	31	261718187.500000			
CV 1 (%) =	56.43				
CV 2 (%) =	32.91				
Média geral:	7530.6250000	Número de observações:	32		

**Variável analisada: MVT\_EP3**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	130209453.125000	130209453.125000	15.249	0.1596
TRAT	1	27621028.125000	27621028.125000	3.235	0.3230
erro 1	1	8538778.125000	8538778.125000		
SUBTRAT	7	96498596.875000	13785513.839286	1.578	0.2214
TRAT*SUBTRAT	7	108317196.875000	15473885.267857	1.771	0.1718
erro 2	14	122336918.750000	8738351.339286		
Total corrigido	31	493521971.875000			
CV 1 (%) =	16.18				
CV 2 (%) =	16.36				
Média geral:	18064.0625000	Número de observações:	32		

**Variável analisada: MST\_EP1**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	545338.683012	545338.683012	0.034	0.8832
TRAT	1	117023.963113	117023.963113	0.007	0.9454
erro 1	1	15834096.751250	15834096.751250		
SUBTRAT	7	81462256.466550	11637465.209507	8.977	0.0003
TRAT*SUBTRAT	7	5941163.433538	848737.633363	0.655	0.7058
erro 2	14	18148553.571937	1296325.255138		
Total corrigido	31	122048432.869400			
CV 1 (%) =		69.54			
CV 2 (%) =		19.90			
Média geral:	5722.2875000		Número de observações:	32	

**Variável analisada: MST\_EP2**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	1800632.645000	1800632.645000	0.399	0.6412
TRAT	1	8159951.622050	8159951.622050	1.809	0.4070
erro 1	1	4509785.313800	4509785.313800		
SUBTRAT	7	7148669.342400	1021238.477486	0.652	0.7077
TRAT*SUBTRAT	7	5286894.850050	755270.692864	0.482	0.8320
erro 2	14	21921902.697900	1565850.192707		
Total corrigido	31	48827836.471200			
CV 1 (%) =		71.89			
CV 2 (%) =		42.36			
Média geral:	2954.1750000		Número de observações:	32	

**Variável analisada: MST\_EP3**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	8714665.387013	8714665.387013	3.257	0.3221
TRAT	1	1086979.284612	1086979.284612	0.406	0.6388
erro 1	1	2676037.018513	2676037.018513		
SUBTRAT	7	13183551.242937	1883364.463277	1.669	0.1964
TRAT*SUBTRAT	7	9651748.461237	1378821.208748	1.222	0.3538
erro 2	14	15802070.043675	1128719.288834		
Total corrigido	31	51115051.437987			
CV 1 (%) =		26.56			
CV 2 (%) =		17.25			
Média geral:	6159.5556250		Número de observações:	32	

Variável analisada: FÓSFORO NA PARTE AÉREA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	1	0.000173	0.000173	0.154	0.7621
SUBTRAT	7	0.034966	0.004995	23.489	0.0002
TRAT*SUBTRAT	7	0.017608	0.002515	11.829	0.0021
EPOCA_	2	0.053647	0.026824	37.161	0.0000
TRAT*EPOCA_	2	0.002757	0.001378	1.910	0.1617
SUBTRAT*EPOCA_	14	0.011308	0.000808	1.119	0.3728
TRAT*SUBTRAT*EPOCA_	14	0.014854	0.001061	1.470	0.1687
erro 3	39	0.028151	0.000722		
Total corrigido	95	0.169242			
CV 1 (%) =	32.52				
CV 2 (%) =	14.12				
CV 3 (%) =	26.02				
Média geral:	0.1032604	Número de observações:	96		

Variável analisada: POTÁSSIO NA PARTE AÉREA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	0.427200	0.427200	0.396	0.6423
TRAT	1	0.362358	0.362358	0.336	0.6655
erro 1	1	1.077808	1.077808		
SUBTRAT	7	1.374646	0.196378	1.847	0.2185
TRAT*SUBTRAT	7	0.285856	0.040837	0.384	0.8850
erro 2	7	0.744314	0.106331		
EPOCA_	2	5.732036	2.866018	29.661	0.0000
TRAT*EPOCA_	2	0.172472	0.086236	0.892	0.4178
SUBTRAT*EPOCA_	14	1.235802	0.088272	0.914	0.5525
TRAT*SUBTRAT*EPOCA_	14	1.358654	0.097047	1.004	0.4683
erro 3	39	3.768385	0.096625		
Total corrigido	95	16.539532			
CV 1 (%) =	101.49				
CV 2 (%) =	31.88				
CV 3 (%) =	30.39				
Média geral:	1.0229375	Número de observações:	96		

Variável analisada: Cálcio NA PARTE AÉREA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	0.008159	0.008159	0.446	0.6251
TRAT	1	0.003788	0.003788	0.207	0.7281
erro 1	1	0.018288	0.018288		
SUBTRAT	7	0.023403	0.003343	1.434	0.3230
TRAT*SUBTRAT	7	0.081127	0.011590	4.972	0.0253
erro 2	7	0.016316	0.002331		
EPOCA_	2	0.007604	0.003802	0.770	0.4700
TRAT*EPOCA_	2	0.024761	0.012381	2.507	0.0946
SUBTRAT*EPOCA_	14	0.134779	0.009627	1.949	0.0507
TRAT*SUBTRAT*EPOCA_	14	0.088195	0.006300	1.276	0.2655
erro 3	39	0.192601	0.004938		
Total corrigido	95	0.599020			
CV 1 (%) =	49.34				
CV 2 (%) =	17.62				
CV 3 (%) =	25.64				
Média geral:	0.2740729	Número de observações:	96		

Variável analisada: Magnésio NA PARTE AÉREA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	0.003325	0.003325	25.909	0.1235
TRAT	1	0.000380	0.000380	2.961	0.3351
erro 1	1	0.000128	0.000128		
SUBTRAT	7	0.011861	0.001694	0.389	0.8820
TRAT*SUBTRAT	7	0.039853	0.005693	1.307	0.3666
erro 2	7	0.030502	0.004357		
EPOCA_	2	0.036252	0.018126	3.351	0.0454
TRAT*EPOCA_	2	0.005223	0.002612	0.483	0.6207
SUBTRAT*EPOCA_	14	0.095035	0.006788	1.255	0.2780
TRAT*SUBTRAT*EPOCA_	14	0.072434	0.005174	0.957	0.5118
erro 3	39	0.210939	0.005409		
Total corrigido	95	0.505933			
CV 1 (%) =	4.27				
CV 2 (%) =	24.88				
CV 3 (%) =	27.72				
Média geral:	0.2652813	Número de observações:	96		

Variável analisada: Nitrogênio NA PARTE AÉREA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	0.007176	0.007176	0.039	0.8761
TRAT	1	0.090651	0.090651	0.491	0.6109
erro 1	1	0.184626	0.184626		
SUBTRAT	7	1.279449	0.182778	2.248	0.1537
TRAT*SUBTRAT	7	0.312391	0.044627	0.549	0.7765
erro 2	7	0.569216	0.081317		
EPOCA_	2	1.066300	0.533150	8.807	0.0007
TRAT*EPOCA_	2	0.025608	0.012804	0.212	0.8103
SUBTRAT*EPOCA_	14	1.282467	0.091605	1.513	0.1519
TRAT*SUBTRAT*EPOCA_	14	0.634725	0.045338	0.749	0.7138
erro 3	39	2.360932	0.060537		
Total corrigido	95	7.813541			
CV 1 (%) =	47.07				
CV 2 (%) =	31.24				
CV 3 (%) =	26.95				
Média geral:	0.9128125	Número de observações:	96		

Variável analisada: Enxofre NA PARTE AÉREA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	1	0.001204	0.001204	32.111	0.1112
TRAT	1	0.000204	0.000204	5.444	0.2578
erro 1	1	0.000038	0.000038		
SUBTRAT	7	0.000879	0.000126	0.476	0.8256
TRAT*SUBTRAT	7	0.000913	0.000130	0.494	0.8134
erro 2	7	0.001846	0.000264		
EPOCA_	2	0.001544	0.000772	2.734	0.0774
TRAT*EPOCA_	2	0.000315	0.000157	0.557	0.5774
SUBTRAT*EPOCA_	14	0.001690	0.000121	0.427	0.9558
TRAT*SUBTRAT*EPOCA_	14	0.001819	0.000130	0.460	0.9407
erro 3	39	0.011013	0.000282		
Total corrigido	95	0.021463			
CV 1 (%) =	14.62				
CV 2 (%) =	38.78				
CV 3 (%) =	40.13				
Média geral:	0.0418750	Número de observações:	96		

**Variável analisada: Peso da massa seca de raiz**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	1	454.285153	454.285153	5.108	0.0583
SUBTRAT	7	1376.046847	196.578121	2.210	0.1586
TRAT*SUBTRAT	7	622.588947	88.941278	1.000	0.5000
erro 1	7	622.588947	88.941278		
CAMADA	3	25928.559728	8642.853243	251.270	0.0000
TRAT*CAMADA	3	177.668841	59.222947	1.722	0.1727
SUBTRAT*CAMADA	21	1529.804797	72.847847	2.118	0.0131
TRAT*SUBTRAT*CAMADA	21	910.228909	43.344234	1.260	0.2412
erro 2	57	1960.608153	34.396634		
Total corrigido	127	33582.380322			
CV 1 (%) =	59.64				
CV 2 (%) =	37.09				
Média geral:	15.8142187	Número de observações:	128		

**Variável analisada: Densidade da massa seca de raiz\_ (KG.M-3)**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	1	2.005003	2.005003	4.915	0.0622
SUBTRAT	7	6.212062	0.887437	2.175	0.1634
TRAT*SUBTRAT	7	2.855559	0.407937	1.000	0.5000
erro 1	7	2.855559	0.407937		
<b>CAMADA</b>	<b>3</b>	<b>136.691069</b>	<b>45.563690</b>	<b>277.574</b>	<b>0.0000</b>
<b>TRAT*CAMADA</b>	<b>3</b>	<b>0.994841</b>	<b>0.331614</b>	<b>2.020</b>	<b>0.1213</b>
<b>SUBTRAT*CAMADA</b>	<b>21</b>	<b>7.658519</b>	<b>0.364691</b>	<b>2.222</b>	<b>0.0090</b>
TRAT*SUBTRAT*CAMADA	21	4.361397	0.207686	1.265	0.2376
erro 2	57	9.356541	0.164150		
Total corrigido	127	172.990550			
CV 1 (%) =	61.52				
CV 2 (%) =	39.03				
Média geral:	1.0381250	Número de observações:	128		

## Resumo da análise de variância dos atributos químicos do início e final do experimento

FV	Atributos físicos do solo no início do experimento			
	MP	micro	PT	Ds
	Nível de Significância			
Prep. Solo	0.050**	0.788 <sup>ns</sup>	0.159 <sup>ns</sup>	0.002**
Prof.	0.000**	0.000**	0.021**	0.016**
Prep.solo x Prof.	0.101 <sup>ns</sup>	0.437 <sup>ns</sup>	0.056 <sup>ns</sup>	0.008**
<b>Cv (%)</b>	<b>17.21</b>	<b>23.89</b>	<b>10.29</b>	<b>2.61</b>
<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>0.18</b>	<b>0.21</b>	<b>0.39</b>	<b>1.59</b>
	Atributos físicos do solo no final do experimento			
	Nível de Significância			
Prep. Solo	0.805 <sup>ns</sup>	0.786 <sup>ns</sup>	0.709 <sup>ns</sup>	0.435 <sup>ns</sup>
Prof.	0.000**	0.001**	0.000**	0.023**
Prep.solo x Prof.	0.116 <sup>ns</sup>	0.733 <sup>ns</sup>	0.638 <sup>ns</sup>	0.661 <sup>ns</sup>
<b>Cv (%)</b>	<b>25.08</b>	<b>16.79</b>	<b>12.66</b>	<b>3.71</b>
<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>0.16</b>	<b>0.22</b>	<b>0.38</b>	<b>1.59</b>

Resumo da análise de variância (teste F,  $p < 0,05$ ) dos atributos químicos do solo, analisados em três épocas de corte do B. decumbens, em função dos fatores de variação, em Latossolo Amarelo Coeso no Recôncavo da Bahia.

FV	Atributos químicos analisados na 1ª época de corte								
	(1)P	pH	(2)Al <sup>3+</sup>	(2)Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	(2)Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	(2)K <sup>+</sup>	(2)CTC <sub>(pH=7,0)</sub>	(2)SB	(3)V
	Nível de significância								
Prep. Solo	0,51 <sup>NS</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>NS</sup>
Cal/Fertil.	0,10 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,11 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>NS</sup>
Prof.	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Prep.Solo x Cal/Fertil.	0,38 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,48 <sup>NS</sup>	0,94 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,86 <sup>NS</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>NS</sup>
Prep. Solo x prof.	0,00*	0,09 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>NS</sup>
Cal/Fertil. x prof.	0,00**	0,09 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>	0,99 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>NS</sup>
CV (%)	41.99	4.21	42.68	17.05	35.34	36.53	17.07	35.19	16.46
<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>0,79</b>	<b>5,18</b>	<b>0,39</b>	<b>1,69</b>	<b>1,35</b>	<b>0,01</b>	<b>3,05</b>	<b>1,36</b>	<b>43,28</b>
	Atributos químicos analisados na 2ª época de corte								
Prep. Solo	0,64 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,50 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>†</sup>
Cal/Fertil.	0,24 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>†</sup>	0,00**	0,10 <sup>NS</sup>	0,00**	0,56 <sup>NS</sup>	0,00**	0,00**	0,00**
Prof.	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Prep.Solo x Cal/Fertil.	0,47 <sup>NS</sup>	0,89 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	0,86 <sup>NS</sup>
Prep. Solo x prof.	0,13 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>†</sup>	0,00**	0,03 <sup>†</sup>	0,04 <sup>†</sup>	0,89 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,00**	0,00**
Cal/Fertil. x prof.	0,66 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,00**	0,60 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,00**
CV (%)	59.42	3.57	31.57	12.92	22.10	37.15	10.39	21.84	4.63
<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>0,68</b>	<b>5,03</b>	<b>0,39</b>	<b>1,90</b>	<b>1,08</b>	<b>0,01</b>	<b>2,96</b>	<b>28,26</b>	<b>36,06</b>
	Atributos químicos analisados na 3ª época de corte								
	Nível de significância								
Prep. Solo	0,60 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>
Cal/Fertil.	0,00**	0,02 <sup>†</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,00**
Prof.	0,35 <sup>NS</sup>	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Prep.Solo x Cal/Fertil.	0,00**	0,59 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>†</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	0,40 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>
Prep. Solo x prof.	0,95 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,00**	0,86 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>†</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>†</sup>
Cal/Fertil. x prof.	0,14 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>†</sup>	0,44 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>†</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,86 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>
CV (%)	36.10	3.91	47.38	12.52	27.71	43.11	11.43	27.58	10.02
<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>0,67</b>	<b>5,10</b>	<b>0,20</b>	<b>1,69</b>	<b>1,28</b>	<b>0,009</b>	<b>2,97</b>	<b>1,29</b>	<b>42,07</b>

\* significativo ao nível de 5%; \*\* significativo ao nível de 1%; NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade;

V - saturação por bases. SB – soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>);

(1) - mg.dm<sup>-3</sup>, (2) – mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e (3) - (%).