

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

**RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA DE CAPIM  
BRAQUIÁRIA MEDIANTE SUBSOLAGEM, CALAGEM E  
ADUBAÇÃO FOSFATADA EM LATOSSOLO AMARELO COESO  
DO RECÔNCAVO BAIANO.**

**ENOQUE DOMINGOS DE OLIVEIRA JÚNIOR**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**ABRIL – 2007**

**RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA DE CAPIM  
BRAQUIÁRIA MEDIANTE SUBSOLAGEM, CALAGEM E  
ADUBAÇÃO FOSFATADA EM LATOSSOLO AMARELO COESO  
DO RECÔNCAVO BAIANO.**

**ENOQUE DOMINGOS DE OLIVEIRA JÚNIOR**

**Engenheiro Agrônomo  
Universidade de Brasília, 1986**

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 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**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2007

## FICHA CATALOGRÁFICA

O48 Oliveira Júnior, Enoque Domingos de  
Recuperação de pastagem degradada de capim  
Braquiária mediante subsolagem, calagem e adubação  
fosfatada em Latossolo Amarelo Coeso do Recôncavo  
Baiano/ Enoque Domingos de Oliveira Júnior. - Cruz das  
Almas, BA, 2007.  
103 f. : il., tab.

Orientador: Prof. Dr. Joelito de Oliveira Rezende  
Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências  
Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal  
do Recôncavo da Bahia, 2007.

1. Pastagem - recuperação. 2. Brachiária -  
subsolagem 3. Brachiária – calagem. 4. Brachiária -  
fosfatagem. I.Universidade Federal do Recôncavo da  
Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e  
Biológicas. II. Título.

CDD 20ed. 633.202

## COMISSÃO EXAMINADORA

---

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

---

Dr. José Marques Pereira  
CEPLAC - CEPEC

---

Dr. Áureo Silva de Oliveira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia -UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias  
em.....  
conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em  
.....

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Rejane, minha esposa querida, por sua resignação e compartilhar de responsabilidades durante o curso, a Raissa, minha talentosa filha, forças motrizes de minha busca pelo conhecimento, e ao meu avô Pedro Paulo D'Oliveira (*in memoriam*) por me ter feito enxergar o campo com todas as suas virtudes.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Joelito de Oliveira Rezende que me trouxe o desafio de realizar o Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, com o dinamismo que é necessário a todo profissional, experiência que me fez confiante e com objetivos claros a serem alcançados; muito obrigado.

Ao professor Dr. Carlos da Silva Ledo, pela fiel orientação nas interpretações de resultados e análises estatísticas, pelo seu coleguismo.

Aos Professores, Dr. Waschington Duete, pela grande competência com a qual me estimulou na Química do Solo; Dr. José Fernandes de Melo Filho, pela carinhosa acolhida quando fiz meu primeiro contato com a instituição de ensino e pela camaradagem e diálogo franco e aberto, sempre presente para ajudar; Dr. Anacleto Ranulfo, pelo incentivo ao aprofundamento do conhecimento da Nutrição Mineral de Plantas.

À colega Luzia Angélica, e ao Ailton, pelo grande apoio nas análises de solo nos Laboratórios de Química e Física do Solo da UFRB.

Ao querido irmão Enio Paulo (Paulinho) e Sr. "Du", sem os quais seria impossível realizar todo o trabalho de campo.

À EMBRAPA na pessoa do Dr. Laércio Duarte Souza, pelo grande empenho em viabilizar análises em seus laboratórios.

Ao Val e Roque, técnicos sempre amigos do Laboratório de Física do Solo da EMBRAPA.

Ao Tibério da Climatologia da EMBRAPA.

À EBDA e toda a equipe de Cruz das Almas e Conceição do Almeida, por ter providenciado toda a infraestrutura de mecanização agrícola para a realização deste trabalho.

Às empresas MULTIFERTIL e GRANFOS pela grandeza de acreditar em nosso trabalho e doar insumos para sua realização.

Ao Senhor Deus, Criador dos céus e da Terra, pois mesmo quando ela ainda era *sem forma e vazia* já encantava os olhares dos transeuntes do caos!!

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO .....	1
Capítulo 1	
UTILIZAÇÃO DA SUBSOLAGEM COMO AGENTE MODIFICADOR DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO DA BAHIA.....	16
Capítulo 2	
SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA DE CAPIM BRAQUIÁRIA EM LATOSSOLO AMARELO COESO DO RECÔNCAVO BAHIANO.....	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	72
APÊNDICES .....	73

## RECUPERAÇÃO DE PASTEGEM DEGRADADA DE CAPIM BRAQUIÁRIA MEDIANTE SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA EM LATOSSOLO AMARELO COESO DO RECÔNCAVO BAIANO (1ª ETAPA).

Autor: Enoque Domingos de Oliveira Júnior

Orientador: Joelito de Oliveira Rezende

**RESUMO:** No Brasil, cerca de 50 milhões de hectares de pastagens encontram-se degradadas ou em processo de degradação devido, entre outras causas, a problemas no solo, tais como: compactação, alta acidez e deficiência de nutrientes. Avaliou-se, portanto, o efeito do manejo em um LATOSSOLO AMARELO Coeso de Tabuleiro Costeiro representativo do Recôncavo baiano, com pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* Stapf, submetido a dois tratamentos de preparo (sem e com subsolagem até 0,5 m de profundidade) e quatro tratamentos de fertilização (sem fertilizantes, calagem, fósforo e calagem + fósforo), num delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida no tempo e no espaço. Resistência mecânica à penetração, densidade, umidade gravimétrica atual, porosidade total, macro e microporosidade, condutividade hidráulica em condições de saturação, retenção e armazenamento de água, foram os atributos físicos do solo avaliados em duas profundidades (0-0,25 m e 0,25-0,50 m) e também a massa verde da parte aérea das plantas e o crescimento das raízes. Os efeitos da subsolagem foram: 1) *no solo*: diminuição da resistência mecânica à penetração (de 2,74 MPa para 1,61 MPa); aumento da porosidade total (de 0,35 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> para 0,38 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); aumento da macroporosidade (de 0,12 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para 0,16 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> – aumento no volume de macroporos da segunda camada de 0,067 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para 0,11 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, tirando o solo de uma condição subcrítica de aeração; diminuição da microporosidade (de 0,26 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> para 0,24 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); melhoria na permeabilidade de ambas as camadas avaliadas; contribuiu para diminuição da retenção de água no ponto de murcha permanente, igualando, praticamente, a faixa de água disponível das duas camadas de todas as parcelas experimentais. 2) *na planta*: produção de massa verde (kg ha<sup>-1</sup>): *parcelas não subsoladas*, primeiro corte, 3 116,67 (P) > 2 675,00 (C) > 2 575,00 (C+P) > 2 066,67 (T); segundo corte, 4 216,67 (C+P) > 3 466,67 (P) > 2 933,33 (C) > 2 578,33 (T); *parcelas subsoladas*, primeiro corte: 11 066,67 (P) > 9 558,33 (C+P) > 8 333,33

(C) > 5 283,33 (T); segundo corte, 8 410,00 (P) > 7 071,67 (C+P) > 6 590,00 (C) > 5 123,33 (T); os tratamentos com fósforo proporcionaram maiores massas de raízes ao longo do perfil do solo: em ordem decrescente em kg de raízes / m<sup>3</sup> de solo, em função dos tratamentos, foi a seguinte: parcelas *não subsoladas*: 1,14 (P) > 0,67 (C+P) > 0,64 (C) > 0,34 (T); parcelas *subsoladas*: 1,66 (P) > 0,97 (C+P) > 0,72 (T) > 0,61 (C);

**Palavras-chave:** Compactação, resistência à penetração, porosidade, condutividade hidráulica, retenção e armazenagem de água, capim braquiária, massa verde, raízes.

## RECOVERY OF PASTURES DEGRADED OF BRACHIARIA GRASS THROUGH SUBSOILING, LIMING AND PHOSPHATIZING MANURING ON “COESO” YELLOW LATOSOIL OF THE RECÔNCAVO BAIANO (1<sup>ST</sup> STAGE).

Author: Enoque Domingos de Oliveira Júnior

Advisor: Joelito de Oliveira Rezende

**ABSTRACT:** About 50 million hectares of pastures in Brazil are either degraded or in a degrading process due to, among other causes, soil problems such as: compactness, high acidity and lack of nutrients. Because of that, there are several reasons for it, however, the compactness of superficial and subsuperficial layers combined with phosphorus deficiency have limited the productivity severely. Therefore, it has been evaluated the handling on a “coeso” (hardened) yellow LATOSOIL of “Tabuleiro Costeiro” (Low Coastal Plateau) representative from Reconcavo baiano with pastures degraded of *Brachiaria decumbens* Stapf submitted to two preparing treatments (with and with no subsoiling up to 0.5m deep) and four the fertilization treatments (no subsoiling, liming, phosphorus and liming + phosphorus) in a delineation completely randomized in a scheme with subdivided plots in time and space. It has been analyzed as variable-answers, physical characteristics of the soil at the depths of 0 up to 0.25m and 0.25m up to 0.50m (mechanical resistance to penetration, density, current gravimetric humidity, total porosity, macro and microporosity, hydraulic conductivity in saturated conditions, water retention and storage), the green matter of the aerial part of the plants and the root growth. It has been observed the following effects of subsoiling: in the soil: it decreased the mechanical resistance to penetration (from 2.74 MPa to 1.61 MPa); it increased the total porosity (from 0.35 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>, to 0.38 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); it increased the macroporosity (from 0.12 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, to 0.16 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> – the volume of macropores of the second layer of the plot with no subsoiling was at 0.067 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, however subsoiling increased its volume to 0.11 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, which got the soil out of a subcritical aeration condition); it decreased the microporosity (from 0,26 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> to 0,24 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); it improved the permeability condition of both layers analyzed; contributed to decrease water retention in the point of permanent wilt, practically equalizing, the available water streak from the two layers of experimental plots (it used to be smaller in the second layer, irrespective of subsoiling). 2) in the plant: the following green matter (kg ha<sup>-1</sup>) productions: *plots with no subsoiling*, first section, 3 116,67 (P) > 2 675,00 (C) > 2 575,00 (C+P) > 2 066,67 (T); second section, 4 216,67 (C+P) > 3 466,67 (P) > 2

933,33 (C) > 2 578,33 (T); *subsoiling plots*, first section: 11 066,67 (P) > 9 558,33 (C+P) > 8 333,33 (C) > 5 283,33 (T); second section, 8 410,00 (P) > 7 071,67 (C+P) > 6 590,00 (C) > 5 123,33 (T); the treatments with phosphorus generated bigger root masses alongside the soil profile: the decrescent order of total root mass by cubic meter of soil (kg of roots / m<sup>3</sup> of soil), in the function of the treatments, was the following: plots with *no subsoiling*: 1,14 (P) > 0,67 (C+P) > 0,64 (C) > 0,34 (T); *subsoiling plots*: 1,66 (P) > 0,97 (C+P) > 0,72 (T) > 0,61 (C);

**Keywords:** Compactness, penetration resistance, porosity, hydraulic conductivity, water retention and storage, brachiaria grass, green mass, roots.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, 180 a 200 milhões de hectares estão ocupados com pastagens - quase metade com pastagens cultivadas -, entre os quais se estima que 50 milhões estejam degradados (AGUIAR, 1998). Este autor também afirma que ocorre uma expansão anual de pastos em torno de cinco milhões de hectares e, concomitantemente, outros cinco milhões entram em processo de degradação, o que resulta num alto grau de subutilização dessas áreas. Geralmente os problemas aparecem devido a deficiências de ordem química, como por exemplo, baixos teores de nutrientes, pH baixo, e a problemas de ordem física, como a compactação e erosão decorrentes de manejos equivocados.

O emprego errôneo de práticas agrícolas, assim como o manejo inadequado do rebanho podem, associados ou não, trazer alterações maléficas à estrutura do solo, havendo redução na produtividade agrícola.

Pereira et al. (2005) relatam que, a exemplo do que acontece em outras partes do Brasil, a produção de carne e leite na região Sudoeste da Bahia é predominantemente a pasto e que este sistema de manejo, além de proporcionar a fonte de alimentação mais econômica, tem conseguido levar o País a ser hoje grande exportador de carne bovina. Relatam, ainda, que a produtividade média regional de leite é baixa, cerca de 800 a 1 000 litros/vaca/lactação, o que corresponde a aproximadamente 1000 kg de leite/ha/ano, e a produtividade do gado de corte é de apenas 150 a 180 kg /ha/ano. Para os autores em causa, estes índices podem melhorar muito, chegando a 6 480 kg de leite/ha/ano (gado de leite) e 600 kg de carcaça/ha/ano (gado de corte).

Euclides et al., (2001) trabalhando com novilhos F1 angus-nelore em pastagem de *Brachiaria decumbens*, obtiveram 967,25 kg de peso vivo/ha/ano, com suplementação na seca; Kichel e Kichel (2002) consideram 480 kg/ha/ano índice perfeitamente alcançável.

Segundo a SEAGRI-BA/FIPE (2006), a participação do agronegócio no PIB do Estado da Bahia evoluiu de R\$ 21 885,00 milhões (27,03%), no ano 2000, para R\$ 28 080,00 milhões (28,82%), no ano 2005. Neste mesmo período, a participação da pecuária dentro do agronegócio baiano passou de R\$ 2 622,73 milhões (11,98%), para R\$ 3 138,06 milhões (11,17%), apresentando, porém, um dado importante: um crescimento negativo (de 7,11%) do segmento “Bovino de corte”; para o segmento “Leite natural”, observou-se um crescimento de 35,23% no período. Estes dados mostram performances distintas entre os segmentos bovinos de corte e de leite: a pecuária de corte, sem perspectivas atuais de melhor remuneração, padece por falta de melhorias a nível estrutural, conjuntural e econômica, com redução da sua participação no PIB, enquanto a pecuária leiteira mostra melhor desempenho em decorrência do uso racional de pastagens melhoradas, entre outras práticas.

Na Mesorregião em que se inclui grande parte do Recôncavo Sul baiano, ocorreu uma redução ainda maior da atividade pecuária bovina (-10,02% para bovinos de corte e - 47,69% para bovinos de leite), o que resultou em decréscimo de 8,83% no PIB de 2005 em relação ao de 2000 (Tabela 1).

Tabela 1 – Detalhamento do PIB da Pecuária do Recôncavo Sul\*, 2000 -2005.

SEGMENTO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Varição (%) 2000-2005
Aves	12,25	14,92	34,99	34,02	32,86	31,39	156,24
<b>Bovinos</b>	<b>60,77</b>	<b>65,43</b>	<b>64,42</b>	<b>62,22</b>	<b>65,5</b>	<b>54,68</b>	<b>-10,02</b>
Caprinos	0,58	0,71	0,71	0,69	0,69	0,85	46,55
Ovinos	1,04	1,13	1,11	1,06	1,09	1,45	39,42
Suínos	2,74	2,69	2,67	2,65	2,52	2,61	-4,74
<b>Leite natural</b>	<b>119,43</b>	<b>80,41</b>	<b>114,22</b>	<b>90,44</b>	<b>77,59</b>	<b>62,47</b>	<b>-47,69</b>
Outros	31,6	38,99	46,24	48,53	48,22	54,8	73,42
<b>Total</b>	<b>228,41</b>	<b>204,28</b>	<b>264,36</b>	<b>239,61</b>	<b>228,47</b>	<b>208,25</b>	<b>-8,83</b>

\*Modificado de SEAGRI-BA / FIPE (2006)

Nesta Mesorregião, na qual estão incluídos os municípios de Cruz das Almas, Sapeaçu, Conceição do Almeida, Cachoeira, São Felipe, entre outros, o total efetivo de cabeças bovinas era de 285 289, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao censo agropecuário de 1995-1996.

Não foi somente na Bahia que aconteceu esse recuo. Segundo os censos agropecuários 1985 e 1995/1996 (IBGE, 1996), os Estados de São Paulo, Amazonas, Sergipe e o Distrito Federal registraram perdas de 2,95%, 21,51%, 22,93% e 1,75% respectivamente, no mesmo período analisado. A degradação das pastagens regionais, além de fatores econômico-financeiros que envolvem a atividade agropecuária, contribuiu muito para tais recuos, dando início ao processo de substituição de área de pecuária por outras atividades agrícolas - provavelmente, nestes estados, as pastagens plantadas cederam espaço para lavouras temporárias e/ou permanentes e para reflorestamento, além de outras atividades não necessariamente relacionadas ao agronegócio.

Diante desta realidade, torna-se necessário uma incessante busca por alternativas viáveis economicamente que possam promover, em primeiro lugar, uma interrupção dos processos predatórios pelos quais passam as áreas de pastagens nacionais e, em segundo lugar, que possam mitigar os graves problemas edáficos já instalados em nossas terras cultivadas.

### **1.1 Degradação de pastagens e seus indicadores.**

Algumas características são facilmente identificáveis em áreas de pastagens degradadas (MACEDO et al., 2000): baixa produtividade da forragem; elevada infestação por plantas daninhas, cupins e formigas; solo compactado, descoberto e erodido; alta acidez ativa (pH em água) e trocável ( $Al^{3+}$ ); baixos teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e matéria orgânica; baixa saturação por bases ( $V\% < 40$ ). Estes autores definem degradação de pastagem como sendo um processo evolutivo de perda de vigor da planta forrageira e da produtividade dos pastos devido ao manejo inadequado, sem possibilidade de recuperação natural, que prejudica o desempenho e a produção animal e culmina com a degradação do solo e de outros recursos naturais. Para estes autores, nos casos em que começam aparecer sinais de compactação do solo e má formação inicial das plantas a recuperação direta com destruição parcial da vegetação passa a ser recomendada, sendo estas as características balizadoras para uma tomada de decisão.

Dias e Griffith (1998) conceituam recuperação de áreas degradadas como sendo um conjunto de ações - idealizadas e executadas por especialistas de áreas

multidisciplinares - que visam proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural. Para estes autores, as áreas mundiais degradadas resultaram das seguintes causas principais: o superpastejo (34,5%), seguido do desmatamento (29,4%), atividades agrícolas (28,1%), exploração intensa da vegetação para fins domésticos (6,8%) e atividades industriais ou bioindustriais (1,2%).

Almeida et al. (2000), trabalhando com dinâmica de pastagem de capim Elefante anão "Mott" (*Pennisetum purpureum* Schum cv Mott), na qual variou a oferta de forragem (quilograma de matéria seca/100 kg de peso vivo/dia), observou que uma menor oferta de forragem, ou seja, mais animais por hectare, causou redução da porosidade total do solo, aumento da densidade do solo (*Ds*) e menor crescimento do sistema radicular da forrageira.

Muller et al. (2001), trabalhando com pastagens de Colômbio (*Panicum maximum* Jack.) em três níveis de degradação, relatam que houve diminuição da cobertura morta do solo segundo o grau de degradação e que este fato contribuiu para uma maior exposição do solo ao impacto da gota de chuva, iniciando o processo erosivo que provoca selamento superficial e, conseqüentemente, diminuição da infiltração e armazenamento de água.

Além do pisoteio animal, o trânsito de máquinas agrícolas e o revolvimento excessivo com grades e/ou arados tem levado à compactação da camada superficial do solo. Marchall e Raney (1960) definem zonas compactadas como sendo o resultado da deterioração da estrutura do solo, tendo como principal conseqüência a diminuição da porosidade total logo abaixo da profundidade de trabalho dos componentes ativos das máquinas utilizadas no preparo do solo. Esta compactação é comumente chamada de "pé-de-grade" e "pé-de-arado".

### **1.2 Preparo do solo versus estrutura do solo**

Do ponto de vista edafológico, a distribuição espacial das partículas primárias (areia, silte e argila) e secundárias (agregados) na massa do solo, definindo uma complexa geometria de poros, denomina-se estrutura do solo (REZENDE, 2000). Os espaços criados entre e intra-agregados correspondem à porosidade total do solo (REZENDE et. al.,1999).

Para Kiehl (1979), é importante conhecer, além da porosidade total do solo, a distribuição percentual dos macroporos (porosidade de aeração) e dos microporos (porosidade de armazenagem de água). Ademais, 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 e ALLEONI, 1997).

A camada compactada pode limitar o desenvolvimento das plantas (GROHMAN e QUEIROZ NETO, 1966; ALAVARENGA et. al., 1996), a água disponível (DIAS Jr. e ESTANISLAU, 1999), as trocas gasosas (CAMARGO, 1973) e a absorção de nutrientes (PEDROTTI et. al., 1994), resultando em prejuízos à produção vegetal (BORGES et. al., 1988) e em aumento de energia necessária para o preparo do solo (MANTOVANI, 1987). Convém mencionar, entretanto, que a presença de camada compactada no solo não significa, necessariamente, uma restrição ao pleno crescimento e desenvolvimento das plantas, pois isto depende da profundidade em que ocorre (REZENDE, 1997).

Em se tratando da camada arável, a compactação prejudica a produtividade agrícola (CARVALHO Jr. 1995) e, embora possa ser aliviada pelo preparo do solo, permanece na forma de aumento da densidade dos agregados (DIAS Jr. e PIERCE, 1996) e na área de contato entre as camadas mobilizadas e não mobilizadas (CAMARGO, 1983). A camada densa quando presente em profundidade superior a 0,40 m causa menor perda na produção das culturas, mas em condições de veranico, quando as raízes necessitam explorar maior volume de solo, os prejuízos podem ser grandes (CAMARGO e ALLEONI, 1997). Independente da profundidade, desfazer a camada compactada do solo é dispendioso e consome tempo, razão pela qual se deve evitá-la (DIAS Jr., 2000).

Segundo Daniel e Maretti (1990), a profundidade máxima atingida pela compactação imposta por máquinas e implementos agrícolas, independente do tipo de solo e do peso da maquinaria, não excede a 0,50 m.

As propriedades hidráulicas do solo são funções que caracterizam os processos de retenção e transmissão de água, portanto podem ser utilizadas como parâmetros para avaliação do efeito das modificações impostas à estrutura do solo (CANALLI e ROLOFF, 1997). Para Camargo e Alleoni (2006) a condutividade

hidráulica em solos compactados diminui com a diminuição da porosidade total, principalmente da macroporosidade, podendo trazer alguns inconvenientes, como aeração insuficiente e aumento do escoamento superficial de água. Oliveira e Melo (1970) apresentam as seguintes classes de permeabilidade de solo e respectivos coeficientes de permeabilidade (k):

Tabela 2 - Condição de permeabilidade do solo

CLASSE DE PERMEABILIDADE	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (K , em cm <sup>-1</sup> )
Muito rápida	> 25,0
Rápida	25 a 12,7
Moderadamente rápida	12,7 a 6,5
Média	6,5 a 2,0
Moderadamente lenta	2,0 a 0,5
Lenta	0,5 a 0,12
Muito lenta	< 0,12

Fonte: Oliveira & Melo (1970)

A resistência mecânica à penetração é, atualmente, o indicador mais utilizado para avaliar a ocorrência de compactação e/ou adensamento no solo (BEULTER e CENTURION, 2004). Deve-se, entretanto, considerar as ponderações de Camargo (1973) e Camargo e Alleoni (1997) quando afirmam que a resistência que um solo impõe às raízes das plantas difere da resistência medida por penetrômetros: as raízes, por serem flexíveis, crescem através dos poros do solo, fendas e rachaduras, enquanto os penetrômetros avaliam a resistência média que o solo oferece à penetração da haste rígida do equipamento. Por isso, o resultado da penetrometria deve ser visto como um indicador secundário da compactação do solo.

Alguns autores estipularam valores críticos de resistência mecânica do solo à penetração acima dos quais ocorre restrição ao crescimento e desenvolvimento radicular: Tormena & Roloff (1996), por exemplo, adotam o valor de 2,0 MPa; Arshad et al. (1996) e Grant & Landfond (1993), 1,5 e 2,0 MPa, respectivamente; Silva et al. (2005) observaram que em diferentes sistemas de preparo do solo à profundidade de 0,10 a 0,20 m a resistência de 3,0 MPa não foi restritiva ao crescimento radicular do *Eucalyptus sp* e do milho em plantio direto.

O preparo do solo é uma prática agrícola utilizada para os seguintes fins: controle de plantas daninhas e incorporação de resíduos vegetais: rompimento de camadas compactadas e/ou adensadas e, conseqüentemente, melhoria da estrutura do solo; favorecer a germinação das sementes, o crescimento e o desenvolvimento das plantas; facilitar o movimento da água e do ar ao longo do perfil; controle da elevação da temperatura e auxílio no controle da erosão (STONE & SILVEIRA, 1999; GROTTA et al., 2004; RICHART et al., 2005). Håkansson et al. (1988) afirmam, entretanto, que em muitos sistemas de preparo de solo, a camada arável tem seu ciclo anual marcado pelo preparo e pela compactação, pois as operações posteriores ao preparo tornam a compactar o solo; desta forma, antes da instalação de uma nova cultura, outras operações de preparo são necessárias para corrigir a compactação, deteriorando a estrutura do solo e, conseqüentemente, afetando propriedades e funções físicas, químicas e biológicas.

Segundo Grotta et al. (2004), a compactação afeta diretamente o crescimento das plantas e a disponibilidade de nutrientes, pois prejudica os mecanismos de fluxo de massa e difusão - dependentes da estrutura do solo - responsáveis pelo transporte de nutrientes até as raízes. Estes autores definem subsolagem como sendo uma prática de cultivo, comum em algumas regiões do país, utilizada para romper camadas compactadas profundas sem causar a inversão delas. Balastreire (1990) também afirma que para desfazer a camada subsuperficial compactada/adensada é necessária a utilização de subsoladores, porém com o devido conhecimento das condições físicas do solo trabalhado, como: compactação anterior, sua profundidade, umidade para o exercício do trabalho, textura e cobertura vegetal existente, entre outras. Para Camargo e Alleoni (1997) esta prática só deve ser recomendada quando houver uma camada muito endurecida a profundidades não atingidas por outros implementos.

Lanças (1998) adverte que a subsolagem é uma operação de alto consumo energético, porém se aplicada em profundidade inferior à requerida certamente causará prejuízos na produção da cultura instalada.

### ***1.3 Deficiência nutricional das pastagens degradadas***

Os solos brasileiros, de modo geral, apresentam baixos teores de fósforo disponível para as plantas (são comuns valores de 2 a 3 ppm de P) de tal forma

que sua deficiência tem sido importante fator limitante da produção agrícola (FURTINI NETO et al.,2001). Tal deficiência resulta, entre outras causas, da adsorção do fósforo a óxidos hidratados de ferro e alumínio presentes em grande parte da fração argila dos nossos solos. Considerando que o fósforo desempenha importante papel no desenvolvimento do sistema radicular (WERNER & HAAG,1972) e no perfilhamento das gramíneas (WERNWER & MATTOS, 1972), sua deficiência passa a limitar profundamente a capacidade de suporte das pastagens, pois prejudica o estabelecimento e desenvolvimento da planta forrageira e a produção de matéria verde por hectare (SANTOS et al., 2002).

Lobato et al. (1986) afirmam que as plantas forrageiras divergem quanto à tolerância a baixos níveis de fósforo disponível: as espécies ou variedades mais tolerantes têm rendimentos mais altos quando tratadas com baixos níveis de fósforo que as espécies ou variedades mais sensíveis. O capim *Brachiaria decumbens* Stapf é uma das espécies que apresentam baixo nível crítico interno (0,32%) (MARTINEZ & HAAG, 1980) e 0,11% de P na matéria seca (CORREA & HAAG,1993).

A acidez do solo diminui a disponibilidade de nutrientes e prejudica o crescimento e desenvolvimento das plantas. Entre as causas do pouco crescimento das plantas em solos ácidos, além da fixação do fósforo, está também a toxidez causada pelo alumínio (Al) liberado da fase sólida do solo quando da dissolução de óxidos hidratados e da substituição deste íon no interior das camadas octaedrais dos minerais. Portanto, a prática da calagem é essencial para se obter melhor uso dos fertilizantes e corretivos aplicados ao solo

A calagem prévia, ao promover a neutralização do alumínio e de grande parte do ferro, proporciona os seguintes benefícios aos solos: reduz a fixação de fosfato via precipitação (FUTINI NETO et al., 2001), diminui a toxidez de alumínio (Al<sup>+++</sup>), manganês (Mn<sup>++</sup>) e hidrogênio (H<sup>+</sup>), aumenta a disponibilidade de cálcio e magnésio por adição direta e, de forma indireta, aumenta a disponibilidade de fósforo e molibdênio, a CTC e a eficiência das adubações, entre outras.

#### **1.4 Pastagens em solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros**

Os principais solos (Latosolos e Argissolos Amarelos) do ecossistema Tabuleiros Costeiros apresentam, na subsuperfície, camadas *coesas* (adensadas) que se apresentam duras, muito duras e até extremamente duras, quando secas, e

friáveis quando úmidas (REZENDE,1997; REZENDE 2000). A gênese destas camadas ainda não foi totalmente elucidada. Oliveira et al. (1970) sugerem que o adensamento é conseqüência da migração, em profundidade, de colóides minerais e orgânicos da camada superficial, provocando a obstrução de poros e conseqüente diminuição da permeabilidade e aeração. Estudos mais recentes, entretanto, indicam que o adensamento resulta da associação dos seguintes fatores: perda de plasma argiloso para camadas subjacentes (argiluviação); compostos orgânicos pouco polimerizados; presença de ferro, sílica secundária e argila dispersa nos microporos, aliados a alternância de umedecimento e secagem dos solos - o que prejudica a estrutura do solo (CINTRA & LIBARDI, 1998; RIBEIRO, 1998).

Segundo Jacomine (1996), as camadas coesas coincidem geralmente com os horizontes de transição AB e BA, os quais apresentam aumento da densidade do solo (Ds) e diminuição da porosidade total, principalmente no volume de macroporos. Isto resulta em alta resistência do solo à penetração das raízes durante a estação seca e baixa difusão de oxigênio durante a estação chuvosa, quando os microporos estão cheios de água.

Aguiar Neto et al. (1988), avaliando as características físico-hídricas de um Latossolo Amarelo Coeso representativo do Recôncavo baiano, observaram que este solo, quando secos, apresentava uma acentuada coesão nos horizontes A3/B1 (profundidade de 0,22 a 0,73 m), constituindo-se num forte impedimento mecânico ao crescimento radicular das plantas e à livre movimentação de água e ar ao longo do perfil.

As forrageiras do gênero *Brachiaria* ocupam a grande maioria dos 90 milhões de hectares de pastagens cultivadas no País (EUCLIDES,1995). O incremento da área cultivada com a espécie *Brachiaria decumbens* Stapf causou grande impacto na pecuária nacional devido ao aumento da lotação animal, que passou de 0,2 a 0,3 UA/ha para 0,9 a 1,0 UA/ha (MACEDO, 1999).

A compactação da camada superficial, o adensamento em camadas subsuperficiais e as limitações de natureza química (baixo pH, altos teores de alumínio trocável, baixa disponibilidade de nutrientes, ente outros) verificados nos solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros são fatores determinantes da baixa produtividade agrícola. Nestes solos, de uma maneira geral, os pastos encontram-

se degradados, apresentando-se desnudos; com plantas de porte reduzido, entrenós curtos e folhas amareladas (mesmo quando da ausência de déficit hídrico); com baixa ou nenhuma produção de sementes viáveis, altas infestações de plantas daninhas e baixas produções de matéria verde e seca por hectare.

O agronegócio moderno exige maiores produções de carne e leite por hectare, com reflexos positivos na maximização da renda líquida por unidade de área. Para assegurar a viabilidade econômica, faz-se necessária a implementação e utilização de práticas agrícolas que resultem, por exemplo, nos seguintes benefícios no solo: maior infiltração, retenção, armazenagem de água, disponibilidade dos macro e micronutrientes e aprofundamento do sistema radicular da forrageira.

O presente trabalho constitui a primeira etapa de um projeto mais amplo de recuperação de pastagens localizadas no Recôncavo baiano. Nessa primeira etapa, objetivou-se avaliar a recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* mediante subsolagem, calagem e aplicação de fósforo (de fonte prontamente solúvel) em LATOSSOLO AMARELO Coeso representativo do município de Cruz das Almas, localizado no Recôncavo baiano.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. A. **Manejo da Fertilidade do solo sob pastagem, calagem e adubação** – Livraria e Editora Agropecuária Ltda. Guaíba/RS, 120p, 1998.

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

ALMEIDA, E. X. de; MARASCHIM, G. E; HARTHMANN, O. E. L; RIBEIRO FILHO, H. M. N; STELICH, E.A; Oferta de forragem De Capim Elefante Anão “Mott” e a Dinâmica de pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia.** V. 29(5), 1281-1287, 2000.

ALVARENGA, R C; COSTA, L M; MOURA FILHO, W; REGAZZI, A J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, v. 20, nº2, p319-326, maio/ago 1996.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, R. Physical test for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, 1996. (Special Publication Number, 49).

BAHIA. Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia. **PIB do Agronegócio baiano 2000 a 2005**. Salvador, 2006. 64p. (Série estudos agrícolas, 6).

BALASTREIRE, L. A; **Máquinas agrícolas**. Editora Manole, São Paulo, 1990.

BEULTER, A. N.; CENTURION, J. F., Compactação do solo no desenvolvimento radicular e produtividade da soja. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, jun. 2004.

BOMFIM, E. R. P; PINTO, J. C; SALVADOR, N; MORAIS, A. R. de; ANDRADE, I. F; ALMEIDA, O. C.; Efeito do tratamento físico associado à adubação em pastagem degradada de Brachiaria, nos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, V.27, n. 4, p. 912-920, jul/ago 2003. – CAP II

BORGES, E. N; NOVAIS, R. F.; REGAZZI, A. J.; FERNANDES, B.; BARROS, N. F. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v.35, n. 202, p. 553-568, maio, 1988.

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 4p

\_\_\_\_\_; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Praticaba, USP/ESALQ. 1997.132p.

\_\_\_\_\_; ALLEONI, L. R. F. **Efeitos da compactação em atributos do solo**. 2006, Artigo em hipertexto. Disponível em <<http://www.infobios.com/artigos/CompacSolos/C4/Comp4.htm>>, Acesso em 26 maio, 2006.

CANALLI, L. B.; ROLOFF, B. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho Escuro sob plantio direto. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p. 99-104, 1997.

CARVALHO JR., I A C, **Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa/MG, 1995. 83p.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do tabuleiro costeiro. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?i>>. Acessado em: 19 Fev. 2007.

CORREA, L de A; HAAG, H. P. Critical level of phosphorus for the establishment of pasture grasses on a Red Yellow Latossol. I : greenhouse test. **Scientia agricola**, Piracicaba, Brasil, v.50, n.1, 99-108, fev/maio, 1993. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci> Acessado em Mar. 2007.

DANIEL, L. A.; MARETTI, H. J. Avaliação de camada de solo compactado e análise de crescimento de plantas. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA. 4. 1990, Jundiaí. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill. 1990. p.22-33.

DIAS, E. L.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, E. L.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 15-19.

DIAS JR., M. S. **Tópicos em Ciência do Solo: compactação do solo**. Viçosa:Sociedade Brasileira de Ciências do Solo , 1: 55-94,2000

\_\_\_\_\_ ; ESTANISLAU, W. T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23,p. 45-51, set. 1999.

\_\_\_\_\_ ; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p. 175-182, 1996.

EUCLIDES, V. P. B. **Algumas considerações sobre o manejo de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA/CNPGC, 1995. 31 p. (Documentos, 57).

\_\_\_\_\_ et al. Performance of F1s Angus-Nellore steers on *Brachiaria decumbens* pasture under different feeding regimes. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.30, n.2, p.470-481, mar./apr. 2001.

FURTININETO,A.E;VALE,F.R;REZENDE,A.V;GUILHERME,L.R.G;GUEDES,G.A.A , **Fertilidade do Solo** – Lavras, UFLA / FAEPE, 2001, 252 p, Curso de Pós-graduação “Latu Sensu” –Solos e Meio Ambiente.

GRANT, C. A.; LANFORD, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 73, n. 2, p. 223-232, May 1993.

GROHMAN, L H A e QUEIROZ NETO, J P, Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. **Bragantia**. Campinas, v.25, nº 37, p. 421-431, dezembro de 1996.

GROTTA, D.C.C; LOPES, A; FURLANI, C.E.A; BRANQUINHO, K.B; REIS, G.N dos; SILVA, R.P.da; Subsolador: Avaliação do desempenho em função da velocidade de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v.6, n.01, p.21-26, Maringá, 2004.

HÅKANSSON, I; Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and response in different traffic regimes. **Soil Tillage Research**. Amsterdam, v.11, n.3-4, p. 239-282, 1988.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; **Censo Agropecuário 1985**; Brasil, 1986, disponível em <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/pastagens/pastagensplantadas.php>>. Acesso em 19 fev. 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; **Censo Agropecuário 1995-1996**; Brasil, 1996, disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatística/agropecuária/censoagro/.htm>>. Acesso em 19 fev. 2007.

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-CNPMF/EAUFBA/IGUFBA, 1996, 80 p.

KICHEL, A.N., KICHEL A.G. Sistemas extensivos e intensivos de produção de carne custo/benefício. In: Simpósio de Pecuária de Corte, 2, 2002, Lavras. Anais. Lavras: UFLA, 2002, p.19-42

KIEHL, E J, **Manual de Edafologia; relações solo-planta**, Ed. Ceres, São Paulo, 1979, 262p.

LANÇAS, K.P., Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes, 1998. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

LOBATO, E; KORNELIUS, E; SANZONOWICZ, C; Adubação fosfatada em pastagens, In SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1985, Nova Odessa, SP. **Anais...** Nova Odessa, SP: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. 476p.

MACEDO, M. C. M, Degradação de pastagens. Conceitos e métodos de recuperação. In: SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1999, Juiz de Fora. **Anais...**Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGC,1999, P.137-150.

\_\_\_\_\_ ; KICHEL,A.N.; ZIMER,A.H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGC, 2000. p 1-4 (Documento, 62).

MARCHALL, R.M; RANEY, W.A; Modifying soil profiles. In: **Power to produce: yearbook of agriculture soil**. Washington: The United States Government Printing Office, 1960.

MARTINEZ, H.GP. & HAAG,H.P., Níveis críticos e fósforo em *Brachiaria decumbens* Stapf, *B. humidicola*, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* Stapf, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* Jack, e *Penisetum purpureum* Shum. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiros"**, Piracicaba, 37: 913-977, 1980.

MONTOVANI, E.C.; Compactação do solo; máquinas e implementos. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.13, n.147, p. 52-63, 1987.

MÜLLER, M. M. L; GUIMARÃES,M.F; DESJARDINS,T; MARTINS,P.F.S, Degradação de pastagens na região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, v.36, n.11, p. 1409-1418, nov.2001.

OLIVEIRA, L. B; MELO,V.de; Caracterização físico-hídrica do solo I. Unidade Itapirema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 5: p. 35-48, Brasília, 1970.

\_\_\_\_\_. Relatório apresentado ao Conselho Nacional de Pesquisas referente ao 1º semestre. 1968 (não publicado), In: Caracterização físico-hídrica do solo I. Unidade Itapirema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 35-48, 1970.

PEDROTTI, A.;VAHL,L.C.; PAULETTO,E.A.; Absorção de nutrientes em diferentes níveis de compactação de um Planossolo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, 1994, Petrolina. **Anais...**Petrolina: EMBRAPA/CPATSA,1994. P. 302-304.

PEREIRA, J. M.; REZENDE, C. de P.;MORENO, M. A. R. Pastagens no ecossistema Mata Atlântica: atualidades e perspectivas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. SIMPÓSIO: PRODUÇÃO ANIMAL E O FOCO NO AGRONEGÓCIO, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 36-55.

RESENDE, M; CURI, N; REZENDE, S B; CORREA, G F; **Pedologia : base para distinção de ambientes** 3. ed, Viçosa, NEPUT, 1999, 338p.

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

REZENDE, J. de O, **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: Limitações agrícolas e manejo**. Salvador, SEAGRI/SPA, 2000. 117P. (Série Estudos agrícolas,1).

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

RICHART,A; TAVARES FILHO,J; BRITO,O.R LLANILLO,R.F, FERREIRA,R, Compactação do solo: Causas e efeitos - **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005

SANTOS,I.P.A dos; PINTO,J.C; SIQUEIRA,J.O; MORAIS,A.R; SANTOS,C.L; Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **R. Bras. de Zootecnia**, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

SILVA,A.P.; LIBARDI,P.L.; VIEIRA,S.R., Variabilidade espacial da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Escuro ao longo de uma transeção. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 13, n.1, p. 1-5, 1989.

SILVA,R.R; SILVA,M.L.N; FERREIRA,M.M; Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do alto Rio Grande-MG- Dissertação de Mestrado, UFLA, **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, jul/ago. 2005.

STONE,L.F; SILVEIRA,P.M; Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesq. Agropec. Brasileira**, v.34, n.1, p. 83-91, Brasília, jan.1999.

TORMENA,C.A; ROLOFF, G; Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n. 2, p.333-339, 1996.

WERNER,J.C. & MATTOS,H.B; Estudo de nutrição do capim Gordura. **Boletim de Indústria animal**, Nova Odessa, 29(1),175-184, 1972.

WERNER,J,C & HAAGH.P; Estudo sobre nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim da Indústria animal**, Nova Odessa, 29(1), 191-275, 1972.

## **CAPÍTULO 1**

### **UTILIZAÇÃO DA SUBSOLAGEM COMO AGENTE MODIFICADOR DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO DA BAHIA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo (RBCS).

# UTILIZAÇÃO DA SUBSOLAGEM COMO AGENTE MODIFICADOR DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO DA BAHIA.

Autor: Enoque Domingos de Oliveira Júnior

Orientador: Joelito de Oliveira Rezende

**RESUMO:** Avaliou-se o efeito do manejo em um LATOSSOLO AMARELO Coeso representativo do Recôncavo baiano, com pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* Stapf, submetido a dois tratamentos de preparo (sem e com subsolagem até 0,5 m de profundidade) e quatro tratamentos de fertilização (sem fertilizantes, calagem, fósforo e calagem + fósforo), num delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida no tempo e no espaço. Consideraram-se como variáveis-respostas os seguintes atributos físicos do solo, nas profundidades de 0-0,25 m e 0,25-0,50 m: resistência mecânica à penetração, densidade, umidade gravimétrica atual, porosidade total, macro e microporosidade, condutividade hidráulica em condições de saturação, retenção, armazenamento e disponibilidade de água. Verificou-se que: a *subsolagem* diminuiu a densidade do solo em ambas as camadas avaliadas; diminuiu a resistência mecânica do solo à penetração (de 2,74 MPa para 1,61 MPa); aumentou a porosidade total do solo (de 0,35 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>, para 0,38 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); aumentou a macroporosidade (de 0,12 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, para 0,16 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, - o volume de macroporos da segunda camada da parcela não subsolada era de 0,067 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, porém a subsolagem aumentou esse volume para 0,11 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, tirando o solo de uma condição subcrítica de aeração); diminuiu a microporosidade (de 0,26 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>, para 0,24 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); melhorou a condição de permeabilidade de ambas as camadas do solo avaliadas: na primeira camada, passou de *rápida* para muito rápida e, na segunda camada, de média *para rápida*; contribuiu para diminuir a retenção de água no ponto de murcha permanente, igualando, praticamente, a faixa de água disponível das duas camadas de todas as parcelas experimentais.

**Palavras-chave:** Compactação, resistência à penetração, porosidade, condutividade hidráulica, retenção e armazenagem de água.

# UTILIZATION OF SUBSOILING AS A MODIFYING AGENT OF PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL OF A “COESO” YELLOW LATOSOIL OF BAHIA’S “TABULEIRO COSTEIRO” (LOW COASTAL PLATEAU)

Author: Enoque Domingos de Oliveira Júnior

Advisor: Joelito de Oliveira Rezende

**ABSTRACT:** It was sought to evaluate the handling on a Coeso YELLOW LATOSOIL of “Tabuleiro Costeiro” (Low Coastal Plateau) from Reconcavo baiano, with pastures degraded of *Brachiaria decumbens* Stapf submitted to two preparing treatments (with and with no subsoiling up to 0.5m deep) and four the fertilization treatments (without fertilizers, liming, phosphorus and liming + phosphorus), in a delineation completely randomized in a scheme with subdivided plots in time and space. It has been analyzed as variable-answers, the following physical characteristics of the soil at the depths of 0 up to 0.25m and 0.25m up to 0.50m: mechanical resistance to penetration, density, current gravimetric humidity, total porosity, macro and microporosity, hydraulic conductivity in saturated conditions, retention and storage water as well as water availability. It has been observed that: *subsoiling* decreased the soil density in both layers assessed; it decreased the mechanical resistance to penetration (from 2.74 MPa to 1.61 MPa); it increased the total porosity of the soil (from 0.35 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>, to 0,38 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); it increased the macroporosity (from 0.12 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, to 0.16 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> – the volume of macropores of the second layer of the plot with no subsoiling was at 0.067 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, yet subsoiling increased its volume to 0.11 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, which got the soil out of a subcritical aeration condition); it decreased the microporosity (from 0.26 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>, to 0.24 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>); it improved the permeability condition of both soil layers analyzed: in the first layer, it changed from fast to very fast; in the second one, from medium to fast); it contributed to decrease water retention in the point of permanent wilt, practically equalizing, the available water streak from the two layers of all experimental plots.

**Keywords:** Compactness, penetration resistance, porosity, hydraulic conductivity, water retention and storage.

## INTRODUÇÃO.

No Brasil, 180 a 200 milhões de hectares estão ocupados com pastagens - quase metade com pastagens cultivadas – entre as quais se estima que 50 milhões estejam degradadas (AGUIAR, 1998). Este autor também afirma que ocorre uma expansão anual de pastos em torno de cinco milhões de hectares e, concomitantemente, outros cinco milhões entram em processo de degradação, o que resulta num alto grau de subutilização dessas áreas. Geralmente os problemas aparecem devido a deficiências de ordem química, como por exemplo, baixos teores de nutrientes, pH baixo, e a problemas de ordem física, como a compactação e erosão decorrentes de manejos equivocados.

Algumas características são facilmente identificáveis em áreas de pastagens degradadas (MACEDO et al., 2000): baixa produtividade da forragem; elevada infestação por plantas daninhas, cupins e formigas; solo compactado, descoberto e erodido; alta acidez ativa (pH em água) e trocável ( $Al^{3+}$ ); baixos teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e matéria orgânica; baixa saturação por bases ( $V\% < 40$ ). Estes autores definem degradação de pastagem como sendo um processo evolutivo de perda de vigor da planta forrageira e da produtividade dos pastos devido ao manejo inadequado, sem possibilidade de recuperação natural, que prejudica o desempenho e a produção animal e culmina com a degradação do solo e de outros recursos naturais. Para estes autores, nos casos em que começam aparecer sinais de compactação do solo e má formação inicial das plantas a recuperação direta com destruição parcial da vegetação passa a ser recomendada, sendo estas as características balizadoras para uma tomada de decisão.

Almeida et al. (2000), trabalhando com dinâmica de pastagem de capim Elefante anão “Mott” (*Pennisetum purpureum* Schum cv Mott), na qual variou a oferta de forragem (quilograma de matéria seca/100 kg de peso vivo/dia), observaram que uma menor oferta de forragem, ou seja, mais animais por hectare,

causou redução da porosidade total do solo, aumento da densidade do solo ( $D_s$ ) e menor crescimento do sistema radicular da forrageira.

Muller et al. (2001), trabalhando com pastagens de Colônia (*Panicum maximum* Jack.) em três níveis de degradação, relatam que houve diminuição da cobertura morta do solo segundo o grau de degradação e que este fato contribuiu para uma maior exposição do solo ao impacto da gota de chuva, iniciando o processo erosivo que provoca selamento superficial e, conseqüentemente, diminuição da infiltração e armazenamento de água.

Além do pisoteio animal, o trânsito de máquinas agrícolas e o revolvimento excessivo com grades e/ou arados tem levado à compactação da camada superficial do solo. Marchall e Raney (1960) definem zonas compactadas como sendo o resultado da deterioração da estrutura do solo, tendo como principal conseqüência a diminuição da porosidade total logo abaixo da profundidade de trabalho dos componentes ativos das máquinas utilizadas no preparo do solo. Esta compactação é comumente chamada de “pé-de-grade” e “pé-de-arado”.

Do ponto de vista edafológico, a distribuição espacial das partículas primárias (areia, silte e argila) e secundárias (agregados) na massa do solo, definindo uma complexa geometria de poros, denomina-se estrutura do solo (REZENDE, 2000). Os espaços criados entre e intra-agregados correspondem à porosidade total do solo (RESENDE et. al., 1999).

Para Kiehl (1979), é importante conhecer, além da porosidade total do solo, a distribuição percentual dos macroporos (porosidade de aeração) e dos microporos (porosidade de armazenagem de água). Ademais, 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 e ALLEONI, 1997).

A camada compactada pode limitar o desenvolvimento das plantas (GROHMAN e QUEIROZ NETO, 1966; ALAVARENGA et. al., 1996), a água disponível (DIAS Jr. e ESTANISLAU, 1999), as trocas gasosas (CAMARGO, 1983) e a absorção de nutrientes (PEDROTTI et. al., 1994), resultando em prejuízos à produção vegetal (BORGES et. al., 1988) e em aumento de energia necessária para o preparo do solo (MANTOVANI, 1987). Convém mencionar, entretanto, que

a presença de camada compactada no solo não significa, necessariamente, uma restrição ao pleno crescimento e desenvolvimento das plantas, pois isto depende da profundidade em que ocorre (REZENDE, 1997).

Em se tratando da camada arável (0 a 0,30 m de profundidade), a compactação prejudica a produtividade agrícola (CARVALHO Jr. 1995) e, embora possa ser aliviada pelo preparo do solo, permanece em forma de um aumento da densidade dos agregados (DIAS Jr. e PIERCE, 1996) e na área de contato entre as camadas mobilizadas e não mobilizadas (CAMARGO, 1983). A camada densa quando presente em profundidade superior a 0,40 m causa menor perda na produção das culturas, mas em condições de veranico, quando as raízes necessitam explorar maior volume de solo, os prejuízos podem ser grandes (CAMARGO e ALLEONI, 1997). Independente da profundidade, desfazer a camada compactada do solo é dispendioso e consome tempo, razão pela qual se deve evitá-la (DIAS Jr., 2000).

As propriedades hidráulicas do solo são funções que caracterizam os processos de retenção e transmissão de água, portanto podem ser utilizadas como parâmetros para avaliação do efeito das modificações impostas à estrutura do solo (CANALLI e ROLOFF, 1997). Para Camargo e Alleoni (2006) a condutividade hidráulica em solos compactados diminui com a diminuição da porosidade total, principalmente da macroporosidade, podendo trazer alguns inconvenientes, como aeração insuficiente e aumento do escoamento superficial de água.

A resistência mecânica à penetração é, atualmente, o indicador mais utilizado para avaliar a ocorrência de compactação e/ou adensamento no solo (BEULTER e CENTURION, 2004). Deve-se, entretanto, considerar as ponderações de Camargo (1983) e Camargo e Alleoni (1997) quando afirmam que a resistência que um solo impõe às raízes das plantas difere da resistência medida por penetrômetros: as raízes, por serem flexíveis, crescem através dos poros do solo, fendas e rachaduras, enquanto os penetrômetros avaliam a resistência média que o solo oferece à penetração da haste rígida do equipamento. Por isso, o resultado da penetrometria deve ser visto como um indicador secundário da compactidade do solo.

Alguns autores estipularam valores críticos de resistência mecânica do solo à penetração acima dos quais ocorre restrição ao crescimento e desenvolvimento

radicular: Tormena e Roloff (1996), por exemplo, adotam o valor de 2,0 MPa; Arshad et al. (1996) e Grant & Landfond (1993), 1,5 e 2,0 MPa, respectivamente; Silva et al. (2005) observaram que em diferentes sistemas de preparo do solo à profundidade de 0,10 a 0,20 m a resistência de 3,0 MPa não foi restritiva ao crescimento radicular do *Eucalyptus sp* e do milho em plantio direto.

Segundo Grotta et al. (2004), a compactação afeta diretamente o crescimento das plantas e a disponibilidade de nutrientes, pois prejudica os mecanismos de fluxo de massa e difusão - dependentes da estrutura do solo - responsáveis pelo transporte de nutrientes até as raízes. Estes autores definem subsolagem como sendo uma prática de cultivo, comum em algumas regiões do país, utilizada para romper camadas compactadas profundas sem causar a inversão delas. Balastreire (1990) também afirma que para desfazer a camada subsuperficial compactada/adensada é necessária a utilização de subsoladores, porém com o devido conhecimento das condições físicas do solo trabalhado, como: compactação anterior, sua profundidade, umidade para o exercício do trabalho, textura e cobertura vegetal existente, entre outras. Para Camargo e Alleoni (1997) esta prática só deve ser recomendada quando houver uma camada muito endurecida a profundidades não atingidas por outros implementos.

Lanças (1998) adverte que a subsolagem é uma operação de alto consumo energético, porém se aplicada em profundidade inferior à requerida certamente causará prejuízos na produção da cultura instalada.

A compactação da camada superficial, o adensamento em camadas subsuperficiais e as limitações de natureza química (baixo pH, altos teores de alumínio trocável, baixa disponibilidade de nutrientes, ente outros) verificados nos solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros são fatores determinantes da baixa produtividade agrícola. Nestes solos, de uma maneira geral, os pastos encontram-se degradados, apresentando-se desnudos; com plantas de porte reduzido, entrenós curtos e folhas amareladas (mesmo quando da ausência de déficit hídrico); com baixa ou nenhuma produção de sementes viáveis, altas infestações de plantas daninhas e baixas produções de matérias verde e seca por hectare. Por isso, procurou-se avaliar a influência do manejo em um Latossolo Amarelo Coeso com pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* Stapf após dois tratamentos de preparo (sem e com subsolagem a 0,50 m de profundidade) e quatro tratamentos de fertilização (testemunha, calagem, fósforo e calagem +

fosfatagem), num delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida no tempo e no espaço.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado no *Campus* da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) localizado no município de Cruz das Almas, coordenadas geográficas: 12º 38' 38" Sul e 39º 06' 26" W, em um pasto de capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) sob intenso pastejo bovino e caprino, com as seguintes características de áreas degradadas: trechos de solo sem cobertura; baixo stand de plantas; plantas com porte baixo e total inexistência de frutificação; infestação por plantas daninhas; ataque de formigas cortadeiras e cupins; alta resistência mecânica à penetração e baixa disponibilidade de nutrientes (a figura 1 mostra aspectos da pastagem e a tabela 3 os resultados da análise química do solo, ambos antes da instalação do experimento):



Figura 1 – Aspectos da pastagem antes da instalação do experimento

Tabela 3 – Análises químicas do solo, antes da instalação do experimento

Prof.	pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S	CTC	V
m	H <sub>2</sub> O	Mg dm <sup>-3</sup>					Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%
0-0,2	5,4	3,0	1,0	0,7	0,06	0,1	0,3	2,86	1,81	4,67	38,8

O solo em estudo foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Coeso A moderado textura franco-argilo-arenosa fase floresta estacional semi-decidual, relevo plano (detalhes no apêndice 1).

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite & Matter, o clima local é do tipo C1DA'a', subúmido a seco; segundo a classificação de Koppen é do tipo *Am, tropical chuvoso, de monção*. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.170 mm, variando entre 900 a 1.300 mm, sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro os mais secos, com excedente hídrico em junho, julho e agosto. A temperatura média anual é 24,1°C e a evapotranspiração potencial 1.267 mm anuais. A precipitação pluviométrica e o extrato do balanço hídrico seqüencial no período experimental são ilustrados na figura 2.

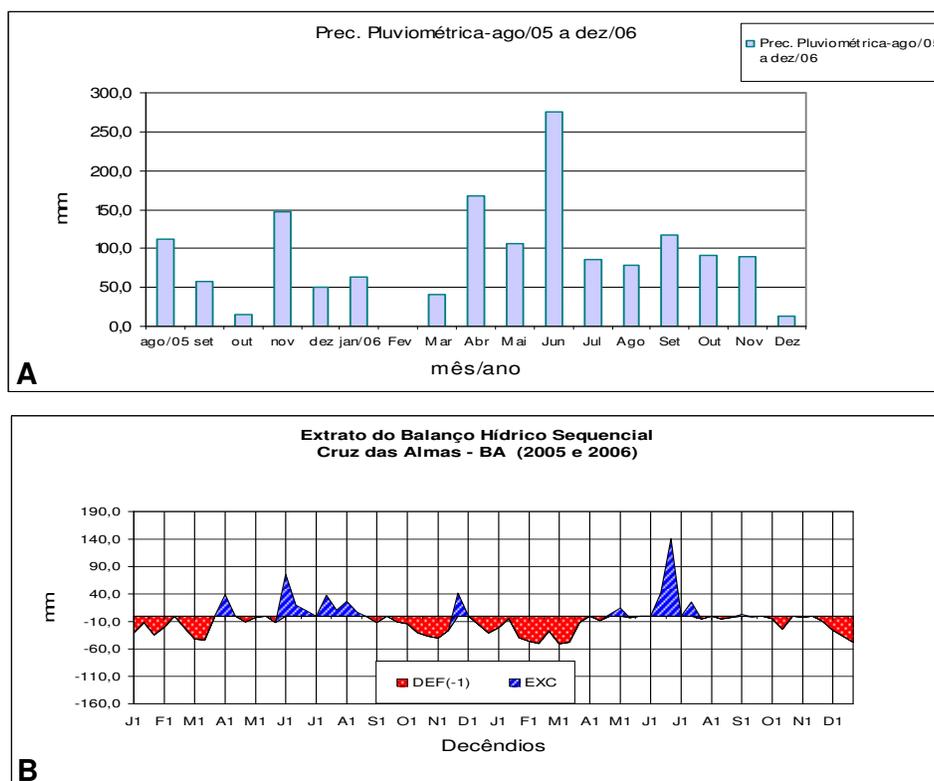


Figura 2 - Precipitação pluviométrica (A) e balanço hídrico seqüencial (B), no período experimental.

Na área experimental de 2 600 m<sup>2</sup>, cercada com sete fios de arame farpado e mais uma tela campestre apropriada para ovinos e caprinos, foram demarcadas quatro parcelas de 60,0 m x 10,0 m, duas das quais foram subsoladas. Em cada uma dessas parcelas foram distribuídas, aleatoriamente, doze subparcelas com os seguintes tratamentos de fertilizantes, em doses fixas, repetidos três vezes: testemunha (T), calagem (C), fósforo (P) e calagem + fósforo (C+P).

O croquí completo da área experimental encontra-se no apêndice 2. A figura 3 é apenas um exemplo das parcelas experimentais (duas não subsoladas e duas subsoladas) e das subparcelas (4 tratamentos fertilizantes x 3 repetições = 12 subparcelas/parcela de preparo do solo):

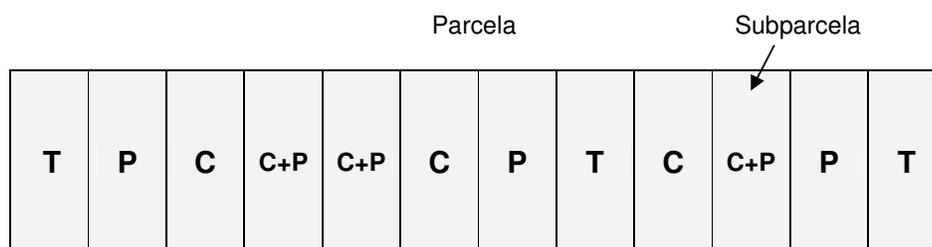


Figura 3 – detalhe de uma parcela experimental com as subparcelas.

Inicialmente, isto é, no período de 05 a 07/10/2005, a área experimental foi roçada com roçadeira mecânica de acionamento hidráulico para uniformizar a altura da gramínea e para facilitar a subsolagem, feita logo em seguida (Figura 4).

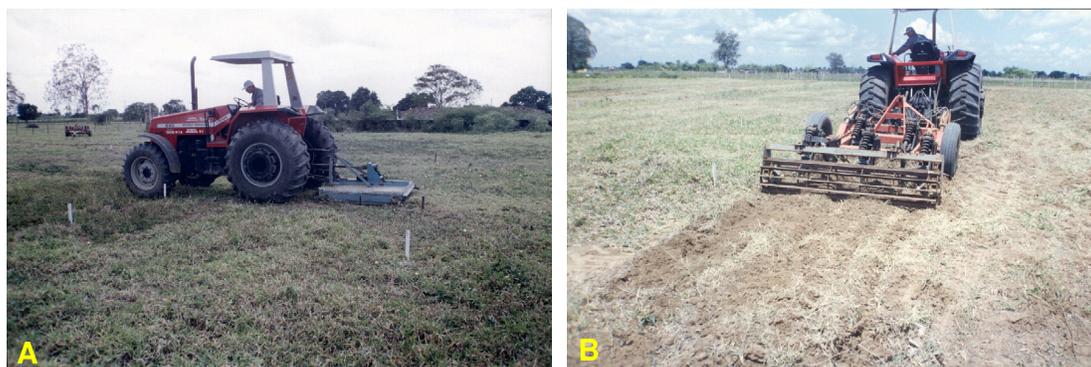


Figura 4 – Roçada (A) e subsolagem (B) da área experimental.

A operação de subsolagem foi feita com subsolador de cinco hastes, de acionamento hidráulico, com cilindro trilhador e sistema hidráulico de transporte pneumático, da marca Baldan<sup>®</sup>, acoplado a trator de pneus marca Massey Ferguson<sup>®</sup> de 130 CV e tração 4 x 4. As hastes subsoladoras, dotadas de ponteiros de 0,07 m de largura, sem asas, mediam 0,60 m de comprimento. A frente de serviço foi regulada para largura máxima (2,0 m). A velocidade operacional do trator e a devida regulagem do subsolador, a exemplo do espaçamento entre as hastes, asseguraram um eficiente rompimento do solo na profundidade de corte preestabelecida (0,50 m).

Quanto aos tratamentos com fertilizantes, consideraram-se os dados da tabela 3 e as recomendações de calagem e adubação propostas, respectivamente, por Rajj (1981) e Comissão de Fertilidade do Solo do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1994). Assim, as subparcelas com cálcio (tratamentos 2 e 4) receberam o correspondente a 1 200 kg/ha de calcário dolomítico (para elevar a saturação por bases (V%) para 60%), substituindo-se 25% do CaO do calcário por gesso agrícola (nesse cálculo, levou-se em consideração a quantidade de sulfato de cálcio presente no superfosfato simples, utilizado na adubação fosfatada); as subparcelas com fósforo (tratamentos 3 e 4) receberam 63 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; todas as subparcelas, exceto o tratamento sem adubo (testemunha), receberam 60 kg/ha de N, (na forma de uréia) e 120 kg de K<sub>2</sub>O /ha (na forma de cloreto de potássio), ambos divididos em duas aplicações feitas em solo úmido.

As plantas daninhas foram controladas mediante pulverização costal com 2,4D (DMA 806 BR<sup>®</sup> na base de 1,5% do produto comercial), sobre a área total, e as formigas cortadeiras mediante polvilhamento com *Chlorpirifós Pó* direto no formigueiro, com bomba manual, duas vezes durante o período experimental.

Os efeitos da subsolagem foram avaliados nas subparcelas correspondentes ao tratamento testemunha (evitando-se assim qualquer influência do sistema radicular das plantas adubadas), averiguando-se as alterações provocadas nos seguintes atributos físicos do solo, nas camadas de 0 – 0,25 m e 0,25 – 0,50 m (atingidas pelas hastes subsoladoras): *resistência mecânica do solo à penetração, umidade gravimétrica atual, densidade do solo, porosidade, condutividade hidráulica em condições de saturação, retenção e armazenamento de água no solo*. Além disso, fez-se a análise granulométrica das frações menores do que 2,0 mm de diâmetro, nas duas camadas avaliadas. Os métodos utilizados nestas avaliações foram os seguintes:

**Fator de correção de umidade (Fc)** - Determinado de acordo com técnica descrita por Embrapa – SNLCS (1997); calculada por meio da equação 1, onde: **TFSA**, terra fina seca ao ar; **TFSE**, terra fina seca em estufa a 105°C:

$$Fc = TFSA / TFSE \quad (1)$$

**Análise granulométrica** – Avaliada pelo método da pipeta, conforme técnica descrita por Embrapa – SNLCS (1997).

**Densidade do solo ( $D_s$ ,  $\text{kg dm}^{-3}$ )** - Determinada de acordo com técnica descrita por Embrapa – SNLCS (1997), calculada por meio da equação 2, onde:  **$M_s$**  (kg), massa do solo seco em estufa a  $105^\circ\text{C}$ ;  **$V_t$**  ( $\text{dm}^{-3}$ ), volume total da amostra:

$$D_s = M_s / V_t \quad (2)$$

**Porosidade total, macro e microporosidade** – Determinadas na “mesa de tensão”, conforme técnica descrita pela Embrapa – SNLCS (1997).

**Resistência mecânica do solo à Penetração ( $R$ )** – Determinada com o penetrômetro de impacto modelo IAA – Planalsúcar-Stolf (Figura 5), segundo técnica descrita por Stolf et al. (1983).



Figura 5 – Determinação da resistência mecânica do solo à penetração

Durante o período experimental, foram feitas seis determinações ao longo do tempo, com quatro repetições por parcela: 11/08 (**R01**), 12/09 (**R02**), 30/09 (**R03**), 28/10 (**R04**), 14/11 (**R05**) e 5/12 (**R06**). Paralelamente, nos pontos onde se fez estas determinações, foram coletadas amostras de solo na porção média das camadas de 0 - 0,25 m e 0,25 - 0,50 m, para avaliação da umidade gravimétrica atual, pois a resistência à penetração varia inversamente com o teor de umidade do solo.

O cálculo da resistência mecânica do solo à penetração foi feito por meio da equação (3), para um impacto com altura de queda de 0,40 m:

$$R \text{ (kgf cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,89N \quad (3)$$

$N = n^\circ$  de impactos/dm

Convertendo  $\text{kgf cm}^{-2}$  em MPa (Sistema Internacional de Unidades), temos:

$$\text{MPa} = \text{kgf cm}^{-2} \times 0,0981 \quad (4)$$

**Condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_o$ )** – Determinada pelo método do permeâmetro de carga constante, em amostras indeformadas obtidas com o cilindro coletor de Uhland, de acordo com técnica descrita por Embrapa – SNLCS (1997). No cálculo, utilizou-se a equação 5, de Darcy:

$$Q / A \cdot t = - K_o \cdot \Delta\psi / L , \quad (5)$$

Onde:

$K_o$  = condutividade hidráulica, em cm / hora;

$L$  = altura do cilindro, em cm;

$Q$  = fluxo de água já estabilizado, em  $\text{cm}^3$ ;

$\Delta\psi$  = diferença de potencial, em cm;

$A$  = área da sessão transversal do cilindro, em  $\text{cm}^2$ ;

$t$  = tempo, em horas.

**Retenção da água pelo solo** – determinada por meio das câmaras de pressão de Richards (1949), utilizando-se três amostras indeformadas por tratamento de preparo do solo, nas duas profundidades avaliadas. Tais amostras, com  $85,012 \text{ cm}^3$  de volume, foram obtidas com o cilindro coletor de Uhland, saturadas lentamente por 24 horas e, posteriormente, submetidas às pressões de 10, 33, 100, 300 e 1 500 kPa. Entre uma pressão e outra, as amostras foram novamente saturadas, sem perda de solo. Para a construção das curvas características de retenção da água, os resultados obtidos foram ajustados pela equação de Van Genuchten (1990), utilizando-se o Programa RETC® *Code for quantifying the hydraulics functions for unsaturated soils*, que é:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\alpha\psi_m)^n]^m, \quad (6)$$

Onde:

$\theta$  = umidade volumétrica, em  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ;

$\theta_r$  = umidade volumétrica residual, em  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ;

$\theta_s$  = umidade volumétrica do solo saturado, em  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ;

$\psi_m$  = potencial matricial, em kPa;

$\alpha$ ,  $n$ ,  $m$  = estimados pelo Programa RETC®, e dependentes do solo.

**Umidade gravimétrica atual ( $U_g$ ,  $\text{g kg}^{-1}$ )** – Determinada de acordo com técnica descrita por Embrapa – SNLCS (1997); calculada por meio da equação 7, onde:  **$M_u$**  (kg), massa do solo úmido;  **$M_s$**  (kg), massa do solo seco em estufa a 105°C:

$$U_g = (M_u - M_s) / M_s \quad (7)$$

**Umidade volumétrica ( $\theta$ ,  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )** - Calculada por meio da equação 8, onde:  **$U_g$**  ( $\text{kg kg}^{-1}$ ), umidade gravimétrica;  **$D_s$**  ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), densidade do solo:

$$\theta = U_g \times D_s \quad (8)$$

Os resultados destas avaliações foram submetidos à análise de variância considerando-se o modelo estatístico do delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida no espaço e no tempo. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson e o teste de Tukey a 5% de probabilidade entre as variáveis estudadas. As análises de variância foram realizadas por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000) e as correlações pelo SAS - *Statistical Analysis System* - (Sas Institute Inc., 2001) (Apêndices 4,6,9 e 12).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Análise granulométrica.** As camadas de solo avaliadas apresentam pequenas diferenças granulométricas entre si (Tabela 4): a primeira, em relação à segunda, apresenta maior quantidade de areia total e menor quantidade de silte e

argila, porém enquadram-se na mesma classe textural, ou seja, franco argilo arenoso.

Tabela 4 – Resultados da análise granulométrica.

Profundidade (m)	Composição granulométrica da TFSA ( $\text{g kg}^{-1}$ )			
	Areia total	Silte	Argila	Classe textural
0 – 0,25	735	42	223	Franco argilo arenoso
0,25 – 0,50	660	49	291	Franco argilo arenoso

**Densidade do solo.** A subsolagem causou variação significativa ( $P < 0,07$ ) na densidade do solo ( $D_s$ ). Em ambas as camadas avaliadas foi menor nas parcelas subsoladas, como se pode observar na Figura 6. A análise de variância (Apêndice 4) também mostrou que a  $D_s$  variou com a profundidade do solo ( $P < 0,01$ ), independente da subsolagem: na camada de 0 a 0,25 m, o valor médio foi  $1,63 \text{ kg dm}^{-3}$  e na camada de 0,25 a 0,50 m foi  $1,79 \text{ kg dm}^{-3}$ .

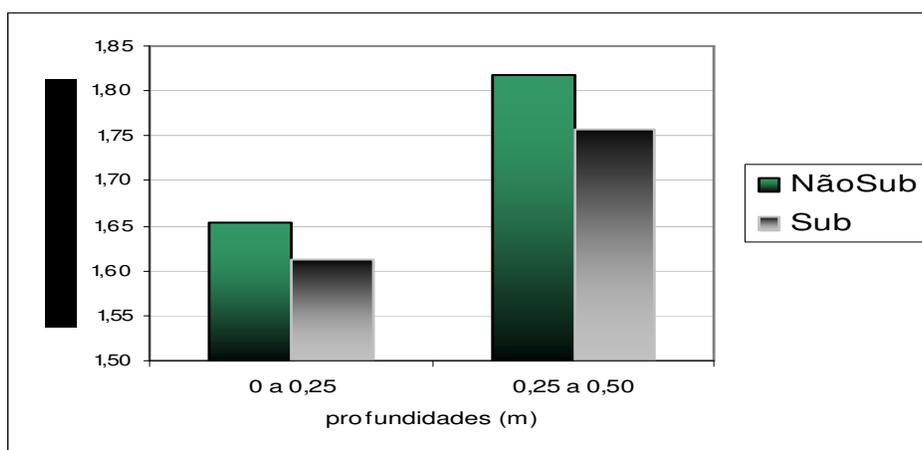


Figura 6 - Densidade média das duas camadas de solo avaliadas, nas parcelas subsoladas e não subsoladas.

A densidade do solo é um dos indicadores da qualidade do solo como meio de crescimento de plantas. Varia, entre outras causas, com a textura e com a compactação do solo: geralmente é maior nos solos arenosos e nos solos compactados e/ou adensados. Como a textura das duas camadas de solo avaliadas é a mesma (franco argilo arenosa), a diferença de densidade que elas

apresentam se deve à compactidade, isto é, à compactação (resultante da ação antrópica) e ao adensamento (resultante da pedogênese).

**Compacidade e profundidade do solo.** A figura 7 mostra a freqüência dos valores de resistência mecânica do solo à penetração  $\geq 2,0$  MPa – considerado limite crítico acima do qual o crescimento das plantas é prejudicado (GRANT e LANDFORD, 1993; TORMENA et al.,1998) – aumenta a partir de 0,25 m de profundidade, indicando o início da camada coesa (adensada) – o que está coerente com as informações de Aguiar Neto (1988), segundo o qual, no solo em estudo, tal camada se estende de 0,22 m até 0,73 m de profundidade.

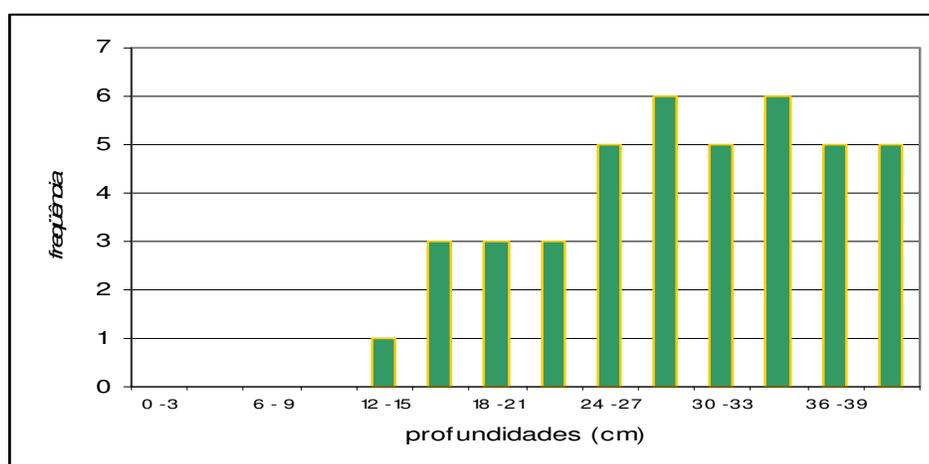


Figura 7 – Distribuição da freqüência dos valores de resistência  $\geq 2,0$  MPa em função da profundidade.

A análise de variância revelou uma interação altamente significativa ( $P < 0,01$ ) entre resistência à penetração e profundidade do solo, ou seja, que a profundidade do solo é importante fonte de variação para a resistência à penetração: independente da subsolagem, a média da resistência do solo à penetração na primeira camada foi 1,92 MPa e na segunda 2,43 MPa.

**Resistência à penetração e umidade gravimétrica atual.** A evolução da resistência mecânica do solo à penetração e da umidade gravimétrica atual durante o período experimental, nos dois tratamentos de preparo do solo e camadas avaliadas, é mostrada na figura 8, construída com os dados constantes no apêndice 2. Observou-se que a subsolagem provocou diminuição significativa ( $P < 0,01$ ) da resistência do solo à penetração e que esta diminuição foi mais

acentuada na primeira camada (0 – 0,25 m): na primeira camada das *parcelas não subsoladas*, variou de 1,48 MPa (12/set) a 7,59 MPa (5/dez) (Figura 8-A, curva azul-claro); na segunda camada, variou de 1,78 MPa (11/ago) a 4,92 MPa (5/dez) (Figura 8-A, curva azul-escuro); na primeira camada das *parcelas subsoladas*, variou de 0,09 MPa (12/set) a 3,62 MPa (5/dez) (Figura 8-B, curva azul-claro); na segunda camada, variou de 1,44 MPa (14/nov) a 5,02 MPa (5/dez) (Figura 8-B, curva azul-escuro). Nas *parcelas subsoladas*, a média geral da resistência do solo à penetração foi 1,61 MPa; nas *parcelas não subsoladas*, 2,74 MPa.

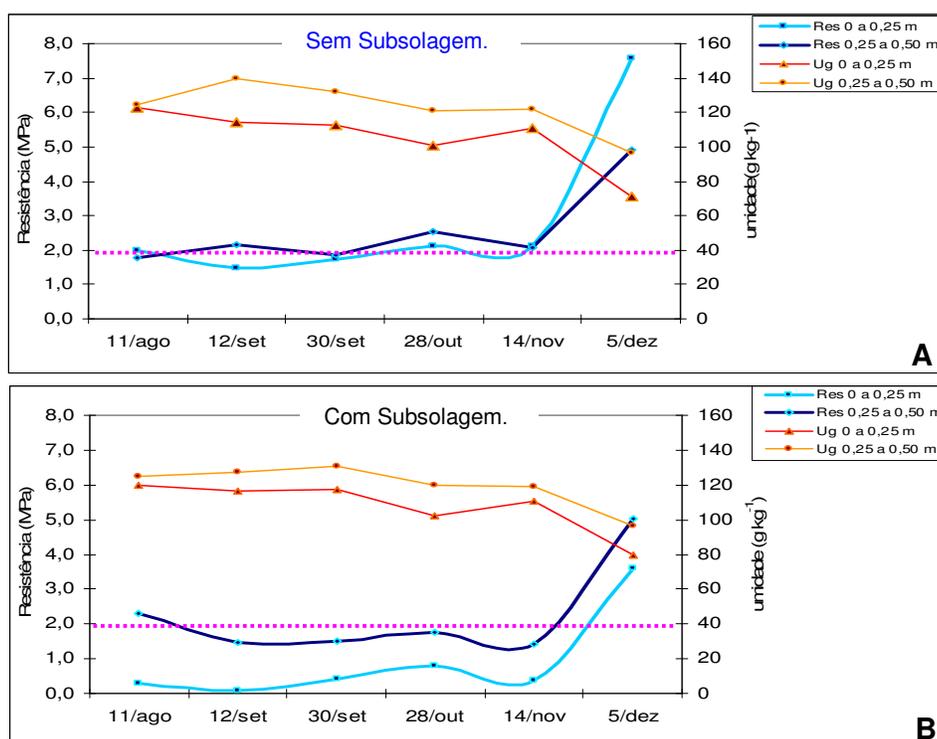


Figura 8 – Variação da resistência do solo à penetração e da umidade gravimétrica atual, no período experimental: A, nas duas camadas das *parcelas não subsoladas*; B, nas duas camadas das *parcelas subsoladas*. A linha pontilhada, horizontal, indica o limite crítico de resistência à penetração (2,0 MPa) acima do qual se considera que o crescimento das plantas será prejudicado.

A figura 9 é outra forma de apresentação das curvas da figura 8, facilitando a percepção do efeito da subsolação em uma mesma camada de solo: a figura 9-A ilustra o efeito da subsolação na primeira camada; a figura 9-B, na segunda

camada; a curva azul-escuro corresponde às *parcelas não subsoladas*; a curva azul-claro, às *parcelas subsoladas*.

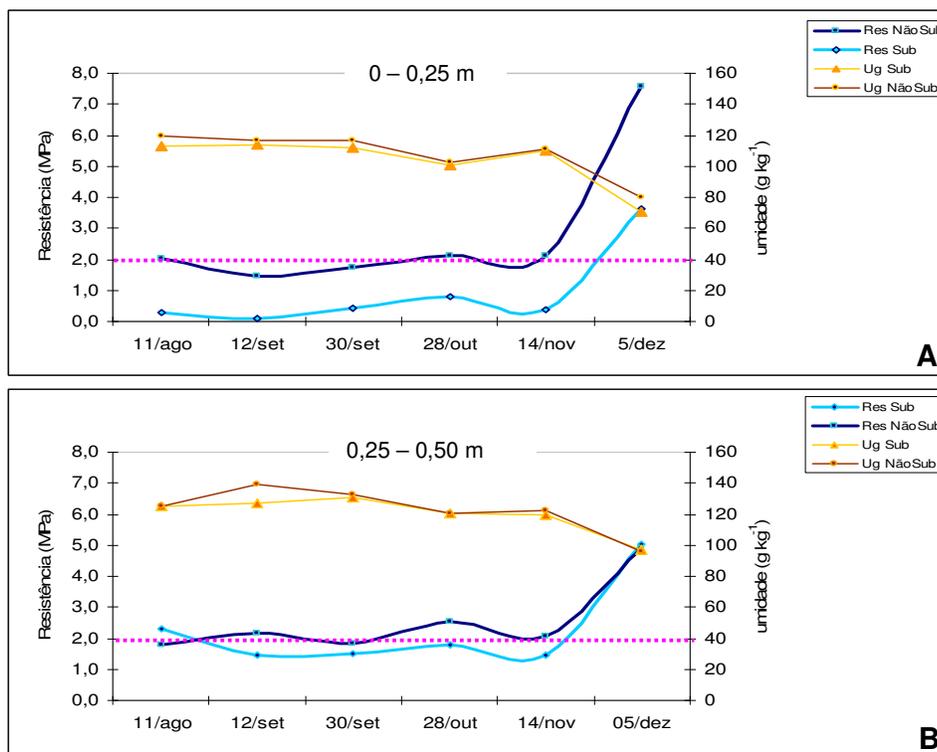


Figura 9 – Variação da resistência do solo à penetração e da umidade gravimétrica atual, no período experimental: A, na primeira camada das parcelas com e sem subsolagem; B, na segunda camada das parcelas com e sem subsolagem. A linha pontilhada, horizontal, indica o limite crítico de resistência à penetração (2,0 MPa) acima do qual se considera que o crescimento das plantas será prejudicado.

Silva et al. (2005), avaliando diferentes sistemas de cultivo, também verificaram que a resistência à penetração aumentou com a profundidade do solo; verificaram ainda que o cultivo convencional da batata aliado a uma subsolagem sucedida pelo cultivo de gramíneas (aveia e milho) proporcionou os menores valores de resistência à penetração na camada de 0,60 m de profundidade do solo avaliado.

Comentou-se anteriormente que a compactação do solo (compactação e/ou adensamento) é extremamente nociva às plantas (CARVALHO JR, 1995; CAMARGO e ALLEONI, 1997) por vários motivos, inclusive por aumentar a resistência do solo à penetração das raízes, principalmente durante a estação

seca, e prejudicar a difusão de oxigênio durante a estação chuvosa, quando os microporos estão cheios de água na maior parte do tempo (CINTRA e LIBARDI, 1998). Os dados ora obtidos corroboram informações de outros pesquisadores, que afirmam ser a subsolagem capaz de diminuir a resistência à penetração em camadas de solo inatingíveis por outros implementos agrícolas.

No que tange à umidade do solo, observou-se uma alta correlação entre resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica atual, com coeficiente de correlação  $r = - 0,8444$  ( $P < 0,01$ ) e  $r = - 0,8585$  ( $P < 0,01$ ) para a primeira e segunda profundidade, respectivamente. Entende-se que a associação entre estas duas variáveis poderia ter sido ainda maior se as avaliações se estendessem por um período de tempo mais longo.

A análise de variância mostrou que a subsolagem não causou efeito significativo na umidade gravimétrica atual ( $P > 0,05$ ), porém esta aumentou com a profundidade do solo ( $P < 0,01$ ), independente da subsolagem - o que coincide com os resultados obtidos por Alves e Suzuki (2004) ao compararem o plantio direto com o preparo convencional (uso de arado e grade). Na primeira camada das *parcelas não subsoladas*, a umidade atual variou de 71,03 g kg<sup>-1</sup> (5/dez) a 114,35 g kg<sup>-1</sup> (12/set) (Figura 8-A, curva vermelha); na segunda camada, variou de 79,68 g kg<sup>-1</sup> (5/dez) a 119,40 g kg<sup>-1</sup> (11/ago) (Figura 8-A, curva amarela); na primeira camada das *parcelas subsoladas*, variou de 96,12 g kg<sup>-1</sup> (5/dez) a 139,26 g kg<sup>-1</sup> (12/set) (figura 8-B, curva amarela); na segunda camada, variou de 96,48 g kg<sup>-1</sup> (5/dez) a 131,02 g kg<sup>-1</sup> (Figura 8-B, curva vermelha). A média geral da umidade gravimétrica atual nas *parcelas subsoladas* foi 113,78 g kg<sup>-1</sup> e nas *parcelas não subsoladas*, 113,11 g kg<sup>-1</sup>.

**Porosidade do solo.** Outro aspecto de grande importância do solo como meio de crescimento de plantas é a dinâmica interna do ar, água, calor e nutrientes, altamente dependentes do espaço poroso. A distribuição do tamanho dos poros influencia a água disponível (DIAS Jr. e ESTANISLAU, 1999), as trocas gasosas (CAMARGO, 1983) e a absorção de nutrientes (PEDROTTI et al., 1994), sendo, portanto, fator relevante para o desenvolvimento vegetal (KIEHL, 1979).

A porosidade total do solo pode variar em função de compactação e/ou adensamento (CINTRA e LIBARDI, 1998; SILVA et al., 2005), da profundidade

(MÜLLER et al., 2001), da carga animal (ALMEIDA et al., 2000) e do sistema de preparo de solo (STONE e SILVEIRA, 1999).

A Figura 10 (construída com os dados constantes no apêndice 5) mostra a distribuição do volume de poros e de sólidos das camadas de solo avaliadas nas parcelas com e sem subsolagem.

Observou-se que a *porosidade total* variou significativamente ( $P < 0,01$ ) com a profundidade do solo, independente da subsolagem:  $0,39 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  na primeira camada e  $0,34 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  na segunda camada. Independente da profundidade, a subsolagem causou aumento significativo ( $P < 0,05$ ) da porosidade total, nas duas camadas do solo:  $0,35 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  nas parcelas não subsoladas e  $0,38 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  nas parcelas subsoladas.

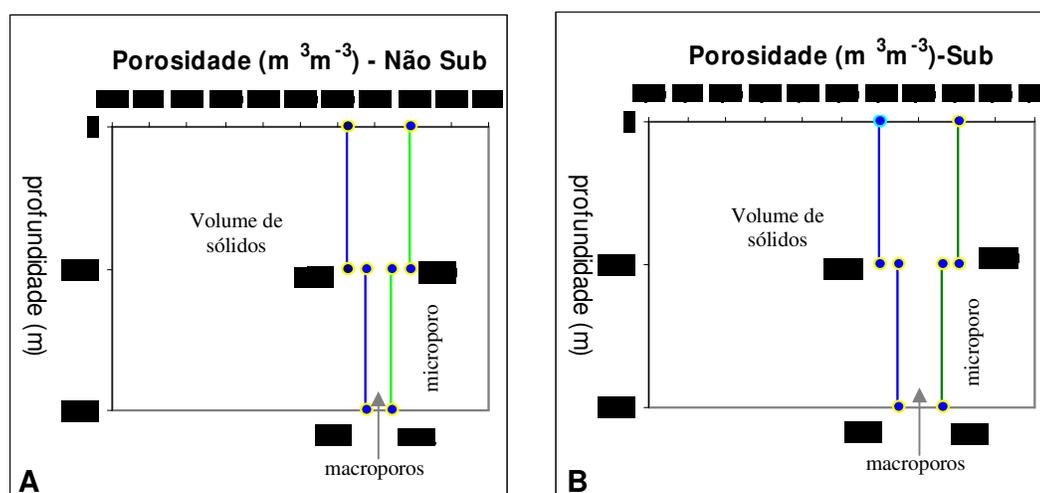


Figura 10 - Distribuição dos volumes de poros (total, macro e microporos) e de sólidos nas parcelas não subsoladas (A) e subsoladas (B).

A *macroporosidade* diminuiu com o aumento da profundidade ( $P < 0,01$ ), independente de subsolagem. De acordo Oliveira e Melo (1970), o estrangulamento que aparece entre as linhas limítrofes da macroporosidade (Figura 10) indica a ocorrência de compactação e/ou adensamento no perfil do solo, com conseqüente diminuição da aeração. Convém, portando, valorizar a macroporosidade, pois, segundo Baver et al (1972) e Kiehl (1979), ela é responsável pela rápida drenagem do perfil do solo, mantendo uma aeração adequada para as plantas.

O volume de *macroporos* da segunda camada da parcela não subsolada, destacado na Figura 11, está abaixo do valor crítico para o bom desenvolvimento da planta que, segundo Baver et al. (1972), Kiehl (1979) e Hillel (1998), corresponde a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Com a subsolagem, este volume ( $0,067 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) aumentou para  $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , tirando o solo de uma condição subcrítica de aeração.

Independente da profundidade, a macroporosidade aumentou ( $P < 0,05$ ) de  $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , nas parcelas não subsoladas, para  $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , nas parcelas subsoladas.

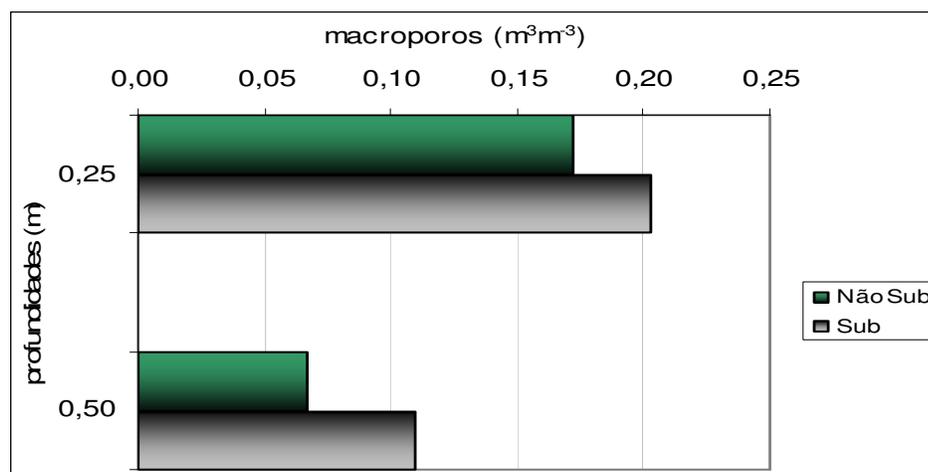


Figura 11 - Volume de macroporos nas duas camadas das parcelas não subsoladas e subsoladas.

Observou-se uma alta correlação entre densidade do solo ( $D_s$ ) e macroporosidade:  $r = -0,9285$  ( $P < 0,01$ ), para a primeira camada;  $r = -0,9178$  ( $P < 0,01$ ), para a segunda camada. Isto confirma os resultados da análise de variância e evidencia que a macroporosidade diminui com o aumento da densidade do solo. No presente estudo, essa diminuição foi mais acentuada na segunda camada das parcelas não subsoladas.

Quanto à *microporosidade*, seu volume diminuiu de  $0,26 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , nas parcelas não subsoladas (Figura 10-A), para  $0,24 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , nas parcelas subsoladas (figura 10-B), resultando numa variação importante, haja vista que a microporosidade cedeu espaço para os macroporos, inversamente ao que acontece num processo de compactação e/ou adensamento, em que a microporosidade aumenta em detrimento da macroporosidade (MÜLLER et al., 2001).

Oliveira e Melo (1970) estabeleceram índices de aeração (IA) do solo baseado na relação entre microporosidade e porosidade total (IA = microporosidade/porosidade total). Dessa forma, os solos em estudo classificaram-se segundo a tabela 5:

Tabela 5 – Índice de aeração e condição de aeração das camadas de solo avaliadas.

Tratamento	Camada do solo			
	0 – 0,25 m		0,25 – 0,50 m	
	Índice de aeração	Condição de aeração	Índice de aeração	Condição de aeração
Sem subsolagem	0,57	média	0,80	fraca
Com subsolagem	0,50	Média a boa	0,69	Média a fraca

Como se vê, a subsolagem melhorou a condição de aeração de ambas as camadas do solo: na primeira camada, passou de *média* para *média a boa*; na segunda camada, de *fraca* para *média a fraca*. Isto tem importante significado agrônômico, na medida em que reduz o problema da falta de oxigênio para o sistema radicular da gramínea.

**Condutividade hidráulica do solo saturado.** A análise de variância mostrou que a subsolagem não promoveu variação significativa na condutividade hidráulica do solo saturado ao nível de 5% de probabilidade, mas sim ao nível de 7% de probabilidade, o que ensejou o seu desdobramento (Apêndice 9). Analisando o desdobramento da subsolagem dentro de profundidade, observou-se que a subsolagem promoveu um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) da condutividade hidráulica ( $K_0$ ) na camada de 0,25 - 0,50 m (Tabela 6).

Independente da subsolagem, a condutividade hidráulica do solo saturado diminuiu significativamente ( $P < 0,01$ ) com o aumento da profundidade. Entretanto, a subsolagem melhorou a condição de permeabilidade de ambas as camadas do solo avaliadas: na primeira camada, passou de *rápida* para muito rápida; na segunda camada, de *média* para *rápida*.

Tabela 6 – Condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_0$ ,  $\text{cm h}^{-1}$ ), nas duas camadas avaliadas.

Tratamento	Camada do solo			
	0 – 0,25 m		0,25 – 0,50 m	
	Condutividade Hidráulica*	Condição de permeabilidade	Condutividade hidráulica*	Condição de permeabilidade
Sem subsolagem	22,44 b A	rápida	5,20 b B	média
Com subsolagem	25,42 b A	Muito rápida	16,33 a B	rápida

\*Médias seguidas de a e b nas colunas e A e B nas linhas são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento do índice de permeabilidade do solo para a água favorecerá inclusive os fluxos de ar e nutrientes ao longo da camada atingida pelas hastes subsoladoras, melhorando o crescimento do sistema radicular das plantas. Também alerta para a necessidade de fracionamento das fontes mais solúveis de fertilizante (a exemplo dos nitrogenados e potássicos) quando das adubações, a fim de se evitar a perda de nutrientes por lixiviação.

**Retenção da água pelo solo.** As curvas de retenção de água pelo solo nas duas camadas das parcelas subsoladas e não subsoladas são apresentadas na figura 12. Os índices de ajuste da equação de Van Genuchten (1990) e os respectivos coeficientes de determinação encontram-se no Apêndice 11.

Segundo Reichardt (1990), a água é retida no solo devido a fenômenos de capilaridade e adsorção. A capilaridade está ligada à afinidade entre as partículas sólidas do solo e a água, havendo, porém, a necessidade de interfaces água-ar. Essas interfaces, também chamadas de meniscos, apresentam uma curvatura que é tanto maior quanto menor o calibre do poro. A curvatura determina o estado de energia da água e, por isso, diz-se que quanto menor o calibre do poro maior a retenção da água. Essa influência da capilaridade na retenção da água pelo solo é maior na faixa úmida, isto é, quando os poros se encontram razoavelmente cheios. À medida que o solo seca, os poros vão se esvaziando e filmes de água recobrem as partículas sólidas, passando o fenômeno da adsorção (atração entre os sólidos e a água) a dominar a retenção de água.

A retenção de água na primeira camada das parcelas não subsoladas (Figura 12-A, curva vermelha) é maior apenas nas tensões acima de 0,01 MPa, invertendo-se a tendência das curvas na faixa de potencial abaixo desse limite - certamente devido à influência da quantidade, distribuição, geometria, orientação e continuidade dos poros na camada subsolada, confirmando as explicações de Reichardt (1990). Isto não ocorreu na segunda camada das parcelas não subsoladas (Figura 12-B), onde é menor a porosidade total, maior a microporosidade, maior o teor de argila (Tabela 4) e, por isso, maior a retenção de água em toda a faixa de potencial matricial.

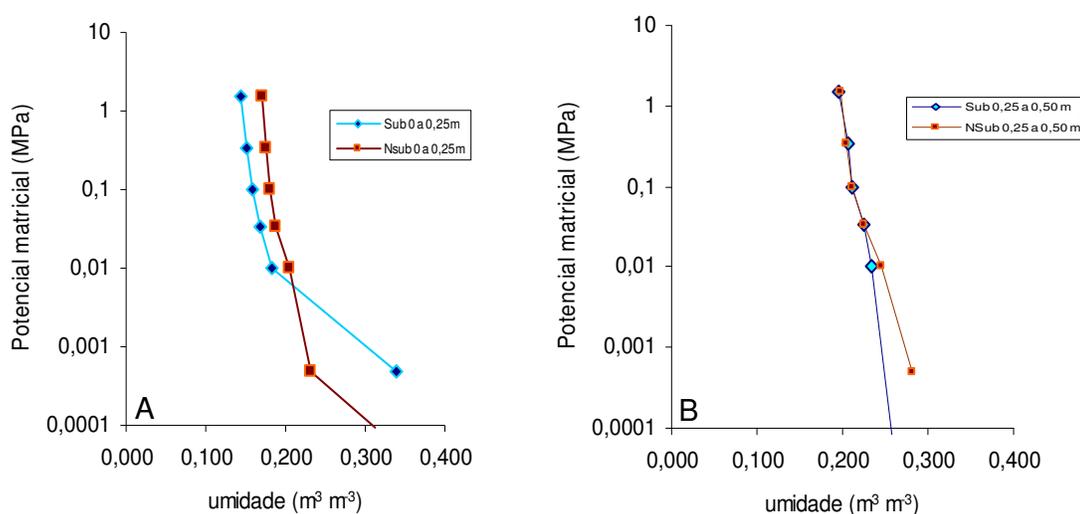


Figura 12 - Curvas de retenção da água pelo solo nas parcelas subsoladas e não subsoladas, na profundidade de 0,25 a 0,50 m. (médias).

**Armazenamento e disponibilidade de água no solo.** A Figura 13 (construída com os dados constantes do apêndice 10) ilustra o armazenamento e a disponibilidade de água nas parcelas não subsoladas e subsoladas. A análise de variância (Apêndice 12) mostrou que a subsolagem (Figura 13-B) não causou variação significativa ( $P > 0,05$ ) na capacidade de campo ( $A_{L\ CC\ 0,01\ MPa}$ ), porém diminuiu ( $P < 0,06$ ) o armazenamento de água no ponto de murcha permanente ( $A_{L\ 1,5\ MPa}$ ). Independente da subsolagem, a capacidade campo ( $A_{L\ CC\ 0,01\ MPa}$ ) foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ) na segunda camada (59,68 mm) que na primeira camada (49,43 mm). O armazenamento da água no ponto de murcha permanente

( $A_{L\ 1,5\ \text{MPa}}$ ) também foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ) na segunda camada (49,16 mm) que na primeira camada (39,12 mm).

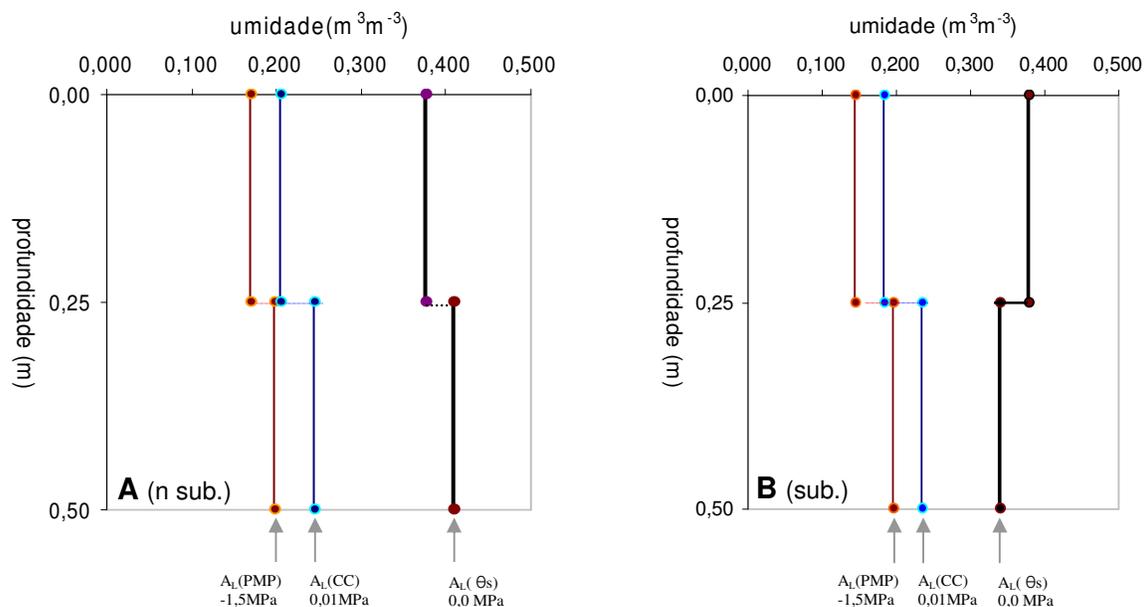


Figura 13 - Armazenamento e disponibilidade de água nas parcelas não subsoladas (A) e subsoladas (B)

A faixa de água disponível ( $AD = A_{L\ CC\ 0,01\ \text{MPa}} - A_{L\ 1,5\ \text{MPa}}$ ) não variou significativamente ( $P > 0,05$ ) com a subsolagem nem com a profundidade do solo, pois a subsolagem contribuiu para diminuir a retenção de água no ponto de murcha permanente, igualando, praticamente, a faixa de água disponível nas duas camadas de todas as parcelas experimentais.

## CONCLUSÕES

1) A profundidade do solo foi responsável por variações significativas dos atributos físicos avaliados, independentemente da subsolagem;

2) A subsolagem promoveu melhorias nos seguintes atributos físicos das camadas de solo avaliadas:

- a) Diminuiu a densidade do solo em ambas as camadas avaliadas;
- b) diminuiu a resistência mecânica do solo à penetração: média geral 2,74 MPa nas parcelas não subsoladas e 1,61 MPa nas parcelas subsoladas;
- c) aumentou a porosidade total do solo:  $0,35 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  nas parcelas não subsoladas e  $0,38 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  nas parcelas subsoladas;
- d) aumentou a macroporosidade:  $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  nas parcelas não subsoladas e  $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  nas parcelas subsoladas (o volume de macroporos da segunda camada da parcela não subsolada era de  $0,067 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , porém a subsolagem aumentou esse volume para  $0,11 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ , tirando o solo de uma condição subcrítica de aeração);
- d) diminuiu a microporosidade:  $0,26 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ , nas parcelas não subsoladas e  $0,24 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  nas parcelas subsoladas;
- e) melhorou a condição de permeabilidade de ambas as camadas do solo avaliadas: na primeira camada, passou de *rápida* para muito rápida e, na segunda camada, de média *para rápida*;
- f) contribuiu para diminuir a retenção de água no ponto de murcha permanente, igualando, praticamente, a faixa de água disponível das nas duas camadas de todas as parcelas experimentais (era menor na segunda camada, independente da subsolagem).

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, A P. A. **Manejo da Fertilidade do solo sob pastagem, calagem e adubação** – Livraria e Editora Agropecuária Ltda. Guaíba/RS, 120p, 1998.

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

ALMEIDA, E.X. de; MARASCHIM, G.E; HARTHMANN, O.E.L; RIBEIRO FILHO,H.M.N; STELICH,E.A; Oferta de forragem De Capim Elefante Anão “Mott” e a Dinâmica de pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 29(5), 1281-1287, 2000.

ALVARENGA, R C; COSTA, L M; MOURA FILHO, W; REGAZZI, A J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 20, nº2, p319-326, maio/ago 1996.

ALVES,M.C; SUZUKI, L,E.A.S; Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas, **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n.1, p.27-34, Maringá, 2004.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, R. Physical test for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES,A. J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, 1996. (Special Publication Number, 49).

BALASTREIRE,L.A; **Máquinas agrícolas**. Editora Manole, São Paulo, 1990.

BAVER, L.D; GARDNER,W.H and GARDNER,W.R; **Soil physics**. Jhon Wiley & sons, Inc. New York, 1972.

BEULTER, A.N. & CENTURION, J.F., Compactação do solo no desenvolvimento radicular e produtividade da soja. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, jun. 2004.

BORGES, E. N; NOVAIS, R. F.; REGAZZI, A. J.; FERNANDES, B.; BARROS, N. F. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v.35, n. 202, p. 553-568, maio, 1988.

CAMARGO, O A, **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Campinas: Fundação Cargill,1983. 4p

\_\_\_\_\_;ALLEONI, L R F, **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Pracicaba: USP/ESALQ. 1997.132p.

\_\_\_\_\_. **Efeitos da compactação em atributos do solo**. 2006, Artigo em hipertexto. Disponível em <<http://www.infobios.com/artigos/CompacSolos/C4/Comp4.htm>>. Acesso em 26 maio 2006.

CANALLI, L.B; ROLOFF,B. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho Escuro sob plantio direto. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, Viçosa, v.21,p. 99-104,1997.

CARVALHO JR, I A C, **Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa/MG, 1995. 83p.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do tabuleiro costeiro. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?i>>. Acesso em: 19 Fev. 2007.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 3 ed. Passo Fundo,SBCS, 1994. 224 p.

DIAS JR.,M S e ESTANISLAU, W T, Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23,p. 45-51, setembro de 1999.

EMBRAPA – CNP SOLOS, Rio de Janeiro, **Manual de métodos de análises de solo**, 2. ed. revista e atualizada, 212p, 1997.

FERREIRA,D.F., Análises Estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0,In: Reunião Anual de Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, 45., 2000<sup>a</sup>, Cão Carlos, **Programa e Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000, p. 255-258.

GENUCHTEN, M.Th Van, A closed-form equation for predictling the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Medison,v. 44, n.5, p. 892-898, sep/oct. 1990.

GRANT, C. A.; LANFOND, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 73, n. 2, p. 223-232, May 1993.

GROHMAN, L H A e QUEIROZ NETO, J P, Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. **Bragantia**. Campinas, v.25, nº 37, p. 421-431,dezembro de 1996.

GROTTA,D.C.C; LOPES,A; FURLANI,C.E.A; BRANQUINHO,K.B; REIS,G.N dos; SILVA,R.P.da; Subsolador: Avaliação do desempenho em função da velociddae de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum.Agronomy**. v.6,n.01,p.21-26, Maringá, 2004.

HILLEL,D., **Fundamentals of soil physics**. London, Academic press. 1998.

KIEHL, E J, **Manual de Edafologia; relações solo-planta**, Ed. Ceres, São Paulo,1979,262p.

LANÇAS,K.P., **Subsolador**: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes,1998. Tese de Doutorado em Agronomia – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

MACEDO, M.C.M; KICHEL,A.N.; ZIMER,A.H.; **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. EMBRAPA – CNP Gado de Corte, Documento 62, novembro, 2000, p 1-4.

MONTOVANI, E.C.; Compactação do solo; máquinas e implementos. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.13, n.147, p. 52-63, 1987.

MARCHALL, R.M; RANEY, W.A; modifying soil profiles. In: **Power to produce**. Yearbook of agriculture soil. The United States Government Printing Office, 1960.

MÜLLER,M.M.L;GUIMARÃES,M.F;DESJARDINS,T;MARTINS,P.F.S, Degradação de pastagens na região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, v.36, n.11, p. 1409-1418, nov. 2001.

OLIVEIRA,L.B; MELO,V.de; Caracterização físico-hídrica do solo I. Unidade Itapirema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 5: p. 35-48, Brasília, 1970.

PEDROTTI,A.;VAHL,L.C.; PAULETTO,E.A.; Absorção de nutrientes em diferentes níveis de compactação de um Planossolo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, 1994, Petrolina. **Anais...**Petrolina: EMBRAPA/CPATSA,1994. P. 302-304.

RAIJ,B.V, **Avaliação da Fertilidade do Solo**. POTAFOS, Piracicaba, SP, 142p, 1981

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

RESENDE, M; CURI, N; REZENDE,S B; CORREA, G F **Pedologia : base para distinção de ambientes** 3ª ed, Viçosa, NEPUT, 1999, 338p.

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

REZENDE, J. de O, **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros**: Limitações agrícolas e manejo. Salvador, SEAGRI/SPA, 2000. 117P. (Série Estudos agrícolas,1).

REICHARDT,K.; **A água em sistemas agrícolas**. Ed. Manole, Piracicaba, São Paulo, 1990, 188 p.

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

RICHARDS,L. A. Methods of measuring moisture tension. **Soil Science**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.

RICHART,A; TAVARES FILHO,J; BRITO,O.R LLANILLO,R.F, FERREIRA,R, Compactação do solo: Causas e efeitos - **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT User's Guide**. Version 8.2. Cary, NC, 2001. 943 p.

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. **Ver. Bras. de Ciência do Solo.** , 29: 833-842,2005.

SILVA,R.R; SILVA,M.L.N; FERREIRA,M.M; Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do alto Rio Grande-MG- Dissertação de Mestrado, UFLA, **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, jul/ago. 2005.

STONE,L.F; SILVEIRA,P.M; Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesq. Agropec. Brasileira**, v.34, n.1, p. 83-91, Brasília, jan.1999.

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

TORMENA,C.A; ROLOFF, G; Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n. 2, p.333-339, 1996.

TORMENA,C.A., SILVA ,A.P., LIBARDI,P.L., Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.22,p. 573-581, 1998.

## **CAPÍTULO 2**

**SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA RECUPERAÇÃO  
DE PASTAGEM DEGRADADA DE CAPIM BRAQUIÁRIA EM LATOSSOLO  
AMARELO COESO DO RECÔNCAVO BAIANO**

## **SUBSOLAGEM, CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA DE CAPIM BRAQUIÁRIA EM LATOSSOLO AMARELO COESO DO RECÔNCAVO BAIANO.**

Autor: Enoque Domingos de Oliveira Júnior

Orientador: Joelito de Oliveira Rezende

**RESUMO:** No Brasil cerca de 50 milhões de hectares de pastagens encontram-se degradadas ou em processo de degradação. As causas são múltiplas, porém a compactação de camadas superficiais ou subsuperficiais, aliada a deficiência de fósforo e de outros nutrientes têm limitado severamente a produtividade. A deficiência de fósforo dos solos brasileiros é, de longe, a mais importante limitação de ordem química para o estabelecimento das culturas e das pastagens. Assim, avaliou-se a recuperação de uma pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* Stapf sobre Latossolo Amarelo Coeso de Tabuleiro Costeiro em Cruz das Almas/BA, com uso de subsolagem a 0,50 m e quatro tratamentos de correção de limitação química: testemunha (T), calagem (C), fósforo (P) e calagem + fósforo (C+P), num delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida. Foram correlacionados alguns atributos físicos do solo com a produção de matéria verde/hectare (MV/ha) em dois cortes a 0,15 m de altura. A subsolagem, independente de correção, aumentou a produção de MV/ha da gramínea. A recuperação da pastagem, apenas com a utilização de corretivos químicos: Calagem (C), fósforo (P), calagem + fósforo (C+P), não se mostrou eficiente em produtividade de matéria verde. A produção média de matéria verde, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , para parcelas não subsoladas foi, em ordem decrescente: 3.395,83.(C+P); 3.291,67 (P); 2.804,16 (C) e 2.325,5 (T). Para as parcelas subsoladas foi, 9.738,39 (P); 8.860,83 (C+P); 7.461,66 (C) e 5.203,33 (t). Ocorreu importante interação na aplicação das duas técnicas (subsolagem e correção), resultando em altas produções de matéria verde por hectare.

**Palavras-chave:** Compactação, camada coesa, capim braquiária, massa verde, crescimento radicular.

## **SUBSOILING, LIMING AND PHOSPHATIZING MANURING ON RECOVERY OF PASTURES DEGRADED OF BRACHIARIA GRASS ON “COESO” YELLOW LATOSOIL OF THE RECÔNCAVO BAIANO.**

Author: Enoque Domingos de Oliveira Júnior

Advisor: Joelito de Oliveira Rezende

**ABSTRACT:** About 50 million hectares of grazing land in Brazil are either degraded or in a degrading process. There are several causes for that, however, the compactness of superficial and subsuperficial layers, together with the phosphorus deficiency besides some other nutrients have severely limited the productivity. Phosphorus deficiency in the Brazilian soils is, to a great degree, the most important limitation in the chemistry array, for the establishment of farming and pastures. Hence, it has been evaluated the recovery of a pasture degraded of *Brachiaria decumbens* Stapf on a “Coeso” Yellow Latosol of “Tabuleiro Costeiro” (Low Coastal Plateau) in Cruz das Almas, in the state of Bahia, with the use of subsoiling) at 0.50m deep and four corrective treatments of chemical limitations: unchanged (U), Liming (L), Phosphotizing (P) and Liming + Phosphotizing (L+P), in a delineation completely randomized in a scheme with subdivided plots in time and space. It has been correlated some physical characteristics of the soil with the production of green/hectare (GM/ha) matter in two sections at 0.15m high. The subsoiling, regardless of correction, increased the production of GM/ha of the gramineous plant. The recovery of pasture, only with the use of chemical correctives: Liming (L), Phosphotizing (P) and Liming + Phosphotizing (L+P) was not efficient in the productivity of green matter. The production of green matter in kg ha<sup>-1</sup>, for the plots with no subsoiling was, in decrescent order: 3,395.83.(L+P); 3,291.67 (P); 2,804.16 (L) e 2,325.5 (U). As for the subsoiling plots it was 9,738.39 (P); 8,860.83 (L+P); 7,461.66 (L) e 5,203.33 (u). an important interaction occurred in the apication of two tecniques (subsoiling and correction), which resulted in high productions of green matter by hectare.

**Keywords:** Compactness, “coesa” (hardened) layer, brachiaria grass, green mass, radicular growing.

## INTRODUÇÃO.

A participação do agronegócio no PIB do Estado da Bahia evoluiu de R\$ 21.885,00 milhões (27,03%), no ano 2000, para R\$ 28.080,00 milhões (28,82%), no ano 2005. Neste mesmo período, a participação da pecuária dentro do agronegócio baiano passou de R\$ 2 622,73 milhões (11,98%), para R\$ 3 138,06 milhões (11,17%), apresentando, porém, um dado importante: um crescimento negativo (de 7,11%) do segmento “Bovino de corte”; para o segmento “Leite natural”, observou-se um crescimento de 35,23% no período (SEAGRI-BA/FIPE, 2006). Estes dados mostram performances distintas entre os segmentos bovinos de corte e de leite: a pecuária de corte, sem perspectivas atuais de melhor remuneração, padece por falta de melhorias a nível estrutural, conjuntural e econômica, com redução da sua participação no PIB, enquanto a pecuária leiteira mostra melhor desempenho em decorrência do uso racional de pastagens melhoradas, entre outras práticas.

Na Mesorregião em que se inclui grande parte do Recôncavo Sul baiano, ocorreu uma redução ainda maior da atividade pecuária bovina (-10,02% para bovinos de corte e - 47,69% para bovinos de leite), o que resultou em decréscimo de 8,83% no PIB de 2005 em relação ao de 2000 (Tabela 1).

Tabela 1 – Detalhamento do PIB da Pecuária do Recôncavo Sul\*, 2000 -2005.

SEGMENTO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Variação (%) 2000-2005
Aves	12,25	14,92	34,99	34,02	32,86	31,39	156,24
<b>Bovinos</b>	<b>60,77</b>	<b>65,43</b>	<b>64,42</b>	<b>62,22</b>	<b>65,5</b>	<b>54,68</b>	<b>-10,02</b>
Caprinos	0,58	0,71	0,71	0,69	0,69	0,85	46,55
Ovinos	1,04	1,13	1,11	1,06	1,09	1,45	39,42
Suínos	2,74	2,69	2,67	2,65	2,52	2,61	-4,74
<b>Leite natural</b>	<b>119,43</b>	<b>80,41</b>	<b>114,22</b>	<b>90,44</b>	<b>77,59</b>	<b>62,47</b>	<b>-47,69</b>
Outros	31,6	38,99	46,24	48,53	48,22	54,8	73,42
<b>Total</b>	<b>228,41</b>	<b>204,28</b>	<b>264,36</b>	<b>239,61</b>	<b>228,47</b>	<b>208,25</b>	<b>-8,83</b>

\*Modificado de SEAGRI-BA / FIPE (2006)

Não foi somente na Bahia que aconteceu esse recuo. Segundo os censos agropecuários 1985 e 1995/1996 (IBGE, 1996), os Estados de São Paulo, Amazonas, Sergipe e o Distrito Federal registraram perdas de 2,95%, 21,51%, 22,93% e 1,75% respectivamente, no mesmo período analisado. Além de fatores econômico-financeiros que envolvem a atividade agropecuária, a degradação das pastagens regionais contribuiu muito para tais recuos, dando início ao processo de substituição de área de pecuária por outras atividades agrícolas - provavelmente, nestes estados, as pastagens plantadas cederam espaço para lavouras temporárias e/ou permanentes e para reflorestamento, além de outras atividades não necessariamente relacionadas ao agronegócio.

No Brasil, 180 a 200 milhões de hectares estão ocupados com pastagens - quase metade com pastagens cultivadas -, entre os quais se estima que 50 milhões estejam degradados (AGUIAR, 1998). Este autor também afirma que ocorre uma expansão anual de pastos em torno de cinco milhões de hectares e, concomitantemente, outros cinco milhões entram em processo de degradação, o que resulta num alto grau de subutilização dessas áreas. Geralmente os problemas aparecem devido a deficiências de ordem química, como por exemplo, baixos teores de nutrientes, pH baixo, e a problemas de ordem física, como a compactação e erosão decorrentes de manejos equivocados.

Algumas características são facilmente identificáveis em áreas de pastagens degradadas (MACEDO et al., 2000): baixa produtividade da forragem; elevada infestação por plantas daninhas, cupins e formigas; solo compactado, descoberto e erodido; alta acidez ativa (pH em água) e trocável ( $Al^{3+}$ ); baixos teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e matéria orgânica; baixa saturação por bases ( $V\% < 40$ ). Estes autores definem degradação de pastagem como sendo um processo evolutivo de perda de vigor da planta forrageira e da produtividade dos pastos devido ao manejo inadequado, sem possibilidade de recuperação natural, que prejudica o desempenho e a produção animais e culmina com a degradação do solo e de outros recursos naturais. Nos casos em que começam aparecer sinais de compactação do solo e má formação inicial das plantas a recuperação direta com destruição parcial da vegetação passa a ser recomendada, sendo estas as características balizadoras para uma tomada de decisão.

Grotta et al., (2004) advertem que a disponibilidade de nutrientes fica comprometida quando o solo apresenta problemas de compactação, principalmente para nutrientes que se transportam por fluxo de massa ou por difusão, como o fósforo.

Os solos brasileiros, de modo geral, apresentam baixos teores de fósforo disponível para as plantas (são comuns valores de 2 a 3 ppm de P) de tal forma que sua deficiência tem sido importante fator limitante da produção agrícola (FURTINI NETO et al.,2001). Tal deficiência resulta, entre outras causas, da adsorção do fósforo a óxidos hidratados de ferro e alumínio presentes em grande parte da fração argila dos nossos solos.

Considerando que o fósforo desempenha importante papel no desenvolvimento do sistema radicular (WERNER e HAAG,1972) e no perfilhamento das gramíneas (WERNER e MATTOS, 1972), sua deficiência passa a limitar profundamente a capacidade de suporte das pastagens, pois prejudica o estabelecimento e desenvolvimento da planta forrageira e a produção de matéria verde por hectare (SANTOS et al., 2002). A deficiência de P no solo causa primeiramente, efeito negativo no estabelecimento e desenvolvimento da planta forrageira, comprometendo a capacidade de suporte das pastagens (SANTOS et al., 2002) e a produção de matéria verde por hectare. A aplicação do fósforo, a lanço sobre área total, com a intenção de corrigir a deficiência deste nutriente com doses que mantenham uma fertilidade mínima para a cultura é denominada de fosfatagem (FURTINI NETO, 2001).

Lobato et al., (1986) afirmam que as plantas forrageiras divergem quanto à tolerância aos baixos níveis de fósforo disponível: as espécies ou variedades mais tolerantes têm rendimentos mais altos quando tratadas com baixos níveis de fósforo aplicado que as espécies ou variedades mais sensíveis. O capim *Brachiaria decumbens* Stapf é uma das espécies que demonstram baixo nível crítico interno 0,32% (MARTINEZ e HAAG, 1980) e 0,11% de P na matéria seca (CORREA e HAAG,1993).

A acidez do solo também limita o crescimento e desenvolvimento das plantas, pelas seguintes razões principais: diminuição da disponibilidade de nutrientes e toxidez causada pelo alumínio (Al) liberado da fase sólida do solo quando da dissolução de óxidos hidratados e da substituição deste íon no interior das camadas octaedrais dos minerais. Portanto, a prática da calagem é essencial

para se obter melhor uso dos fertilizantes e corretivos aplicados ao solo. A calagem prévia, ao promover a neutralização do alumínio e de grande parte do ferro, proporciona os seguintes benefícios aos solos: reduz a fixação de fósforo via precipitação (FUTINI NETO et al., 2001), diminui a toxidez de alumínio ( $Al^{+++}$ ), manganês ( $Mn^{++}$ ) e hidrogênio ( $H^+$ ), aumenta a disponibilidade de cálcio e magnésio por adição direta e, de forma indireta, aumenta a disponibilidade de fósforo e molibdênio, a CTC e a eficiência das adubações, entre outras.

A produção pecuária brasileira é essencialmente extensiva e utiliza como principal fonte alimentar as gramíneas tropicais sob um regime majoritário de pastejo direto e contínuo. Dentre essas espécies destaca-se a *Brachiaria decumbens* Stapf, pela grande adaptação e desenvolvimento em solos ácidos e de baixa fertilidade natural, a exemplo de muitos solos brasileiros, possibilitando boa capacidade de suporte animal e ainda uma boa cobertura da superfície do solo. O incremento da área cultivada com esta gramínea causou grande impacto na pecuária brasileira devido ao aumento da lotação animal, que passou de 0,2 a 0,3 UA/ha para 0,9 a 1,0 UA/ha (MACEDO, 1999).

Euclides et al., (2001) trabalhando com novilhos F1 angus-nelore em pastagem de *Brachiaria decumbens*, obtiveram 967,25 kg de peso vivo/ha/ano, com suplementação na seca; Kichel & Kichel (2002) consideram 480 kg/ha/ano índice perfeitamente alcançável. Moojen e Maraschin (2002) demonstraram que o ganho de peso do animal está relacionado, principalmente, com a oferta de forragem verde e que a proteína bruta (PB) variou contrariamente à oferta de massa seca ( $MS, kg ha^{-1}$ ).

Os principais solos (Latosolos e Argissolos Amarelos) do ecossistema Tabuleiros Costeiros apresentam, na subsuperfície, camadas *coesas* (adensadas) que se apresentam duras, muito duras e até extremamente duras, quando secas, e friáveis quando úmidas (REZENDE, 1997; REZENDE 2000). A gênese destas camadas ainda não foi totalmente elucidada. Oliveira e Melo (1970) sugerem que o adensamento é conseqüência da migração, em profundidade, de colóides minerais e orgânicos da camada superficial, provocando a obstrução de poros e conseqüente diminuição da permeabilidade e aeração. Estudos mais recentes, entretanto, indicam que o adensamento resulta da associação dos seguintes fatores: perda de plasma argiloso para camadas subjacentes (argiluviação); compostos orgânicos pouco polimerizados; presença de ferro, sílica secundária e

argila dispersa nos microporos, aliados a alternância de umedecimento e secagem dos solos - o que prejudica a estrutura do solo (CINTRA & LIBARDI, 1998; RIBEIRO, 1998).

Além do adensamento subsuperficial, a compactação da camada superficial e as limitações de natureza química (baixo pH, altos teores de alumínio trocável, baixa disponibilidade de nutrientes, entre outros) verificados nos solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros são fatores determinantes da baixa produtividade agrícola. Nestes solos, de uma maneira geral, os pastos encontram-se degradados, apresentando-se desnudos; com plantas de porte reduzido, entrenós curtos e folhas amareladas (mesmo quando da ausência de déficit hídrico); com baixa ou nenhuma produção de sementes viáveis, altas infestações de plantas daninhas e baixas produções de matéria verde e seca por hectare.

Diante desta realidade, torna-se necessário uma incessante busca por alternativas viáveis economicamente que possam promover, em primeiro lugar, uma interrupção dos processos predatórios pelos quais passam as áreas de pastagens nacionais e, em segundo lugar, que possam mitigar os graves problemas edáficos já instalados em nossas terras cultivadas.

O presente trabalho constitui a *primeira etapa* de um projeto mais amplo de recuperação de pastagens localizadas no Recôncavo baiano. Nessa primeira etapa, objetivou-se avaliar a recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* mediante subsolagem, calagem e aplicação de fósforo (de fonte prontamente solúvel) em LATOSSOLO AMARELO Coeso representativo do município de Cruz das Almas, localizado no Recôncavo baiano.

## **MATERIAIS E MÉTODOS.**

O experimento foi instalado no *Campus* da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) localizado no município de Cruz das Almas, coordenadas geográficas: 12º 38' 38" Sul e 39º 06' 26" W, em um pasto de capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) sob intenso pastejo bovino e caprino, com as seguintes características de áreas degradadas: trechos de solo sem cobertura; baixo stand de plantas; plantas com porte baixo e total inexistência de frutificação; infestação por plantas daninhas; ataque de formigas cortadeiras e cupins; alta resistência mecânica à penetração e baixa disponibilidade de nutrientes (a Figura

1 mostra aspectos da pastagem e a Tabela 2 os resultados da análise química do solo, ambos antes da instalação do experimento):



Figura 1 – Aspectos da pastagem antes da instalação do experimento

Tabela 2 – Análises químicas do solo, antes da instalação do experimento

Prof.	pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S	CTC	V
m	H <sub>2</sub> O	Mg dm <sup>-3</sup>					Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%
0-0,2	5,4	3,0	1,0	0,7	0,06	0,1	0,3	2,86	1,81	4,67	38,8

O solo em estudo foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Coeso A moderado textura franco-argilo-arenosa fase floresta estacional semi-decidual, relevo plano (detalhes no apêndice 1).

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite & Matter, o clima local é do tipo C1DA'a', subúmido a seco; segundo a classificação de Koppen é do tipo *Am, tropical chuvoso, de monção*. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.170 mm, variando entre 900 a 1.300 mm, sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro os mais secos, com excedente hídrico em junho, julho e agosto. A temperatura média anual é 24,1°C e a evapotranspiração potencial 1.267 mm anuais. A precipitação pluviométrica e o extrato do balanço hídrico seqüencial no período experimental são ilustrados na Figura 2.

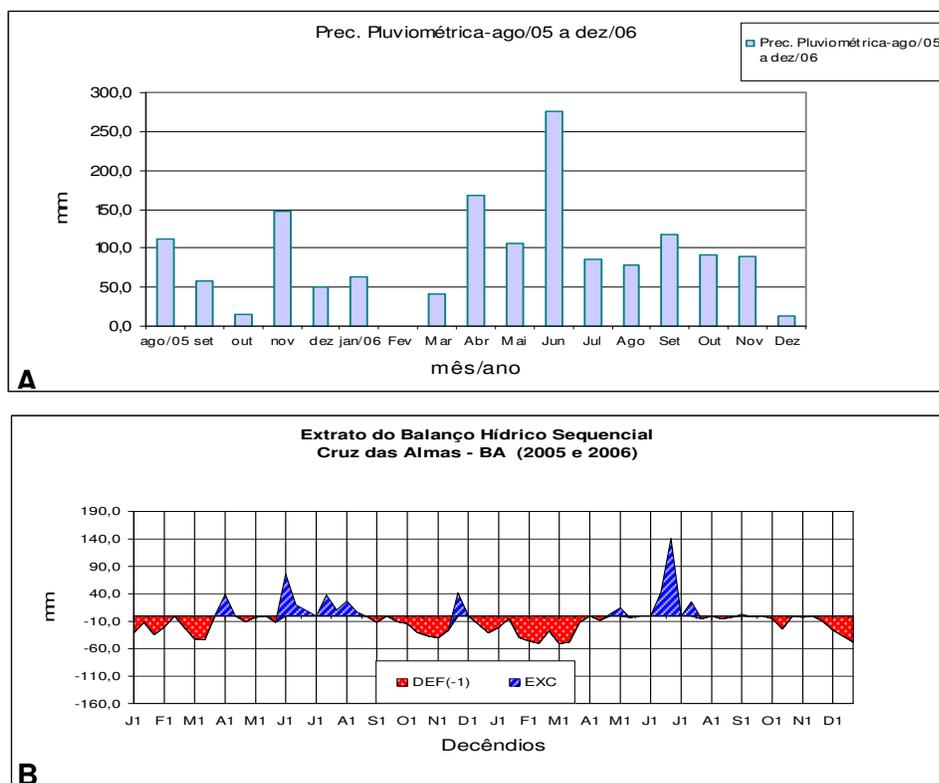


Figura 2 - Precipitação pluviométrica (A) e balanço hídrico seqüencial (B), no período experimental.

Na área experimental de 2 600 m<sup>2</sup>, cercada com sete fios de arame farpado e mais uma tela campestre apropriada para ovinos e caprinos, foram demarcadas quatro parcelas de 60,0 m x 10,0 m, duas das quais foram subsoladas. Em cada uma dessas parcelas foram distribuídas, aleatoriamente, subparcelas com os seguintes tratamentos fertilizantes, em doses fixas, repetidos três vezes: testemunha (T), calagem (C), fósforo (P) e calagem + fósforo (C+P). O croqui completo da área experimental encontra-se no apêndice 2. A figura 3 é apenas um exemplo das parcelas experimentais (duas não subsoladas e duas subsoladas) e das subparcelas (4 tratamentos fertilizantes x 3 repetições = 12 subparcelas/parcela de preparo do solo):

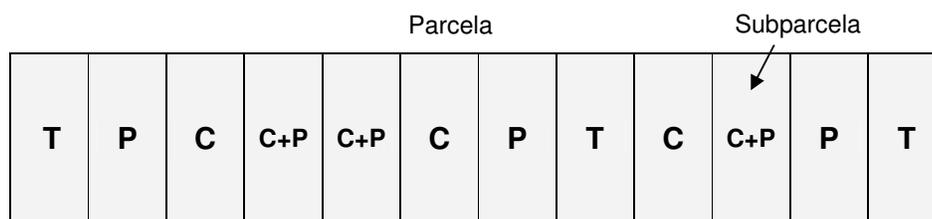


Figura 3 - Detalhe de uma parcela experimental com as subparcelas.

Inicialmente, isto é, no período de 05 a 07/10/2005, a área experimental foi roçada com roçadeira mecânica de acionamento hidráulico para uniformizar a altura da gramínea e para facilitar a subsolagem, feita logo em seguida (Figura 4).

A operação de subsolagem foi feita com subsolador de cinco hastes, de acionamento hidráulico, com cilindro trilhador e sistema hidráulico de transporte pneumático, da marca Baldan<sup>®</sup>, acoplado a trator de pneus marca Massey Ferguson<sup>®</sup> de 130 CV e tração 4 x 4. As hastes subsoladoras, dotadas de ponteiros de 0,07 m de largura, sem asas, mediam 0,60 m de comprimento. A frente de serviço foi regulada para largura máxima (2,0 m). A velocidade operacional do trator e a devida regulagem do subsolador, a exemplo do espaçamento entre as hastes, asseguraram um eficiente rompimento do solo na profundidade de corte preestabelecida (0,50 m).

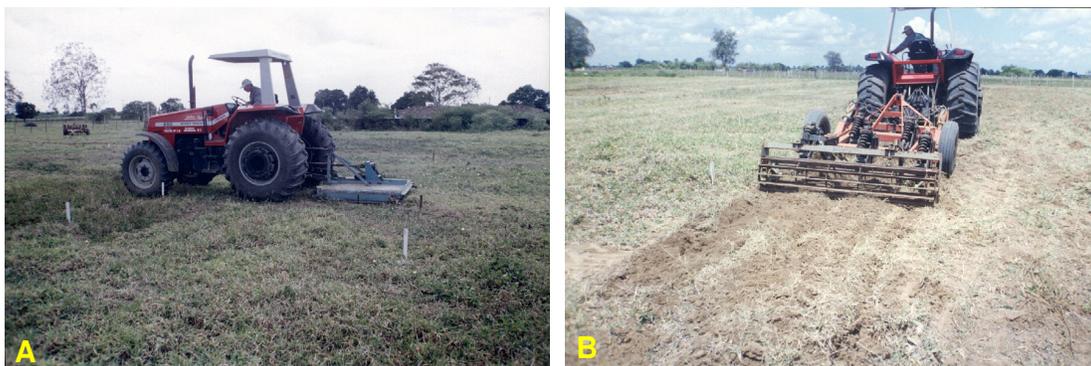


Figura 4 – Roçada (A) e subsolagem (B) da área experimental.

Quanto aos tratamentos com fertilizantes, consideraram-se os dados da tabela 2 e as recomendações de calagem e adubação propostas, respectivamente, por Raij (1981) e Comissão de Fertilidade do Solo do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1994). Assim, as subparcelas com cálcio (tratamentos 2 e 4) receberam o correspondente a 1 200 kg/ha de calcário dolomítico (para elevar a saturação por bases (V%) para 60%), substituindo-se 25% do CaO do calcário por gesso agrícola (nesse cálculo, levou-se em consideração a quantidade de sulfato de cálcio presente no superfosfato simples, utilizado na adubação fosfatada); as subparcelas com fósforo (tratamentos 3 e 4) receberam 63 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; todas as subparcelas, exceto o tratamento sem adubo (testemunha), receberam 60 kg/ha de N, (na forma de uréia) e 120 kg de K<sub>2</sub>O /ha (na forma de cloreto de potássio), ambos divididos em duas aplicações feitas em solo úmido.

As plantas daninhas foram controladas mediante pulverização costal com 2,4D (DMA 806 BR<sup>®</sup> na base de 1,5% do produto comercial), sobre a área total, e as formigas cortadeiras mediante polvilhamento com *Chlorpirifós Pó* direto no formigueiro, com bomba manual, duas vezes durante o período experimental.

Com base nas informações Moojen & Maraschin (2002), considerou-se a produção de matéria verde por unidade de área (MV/ha) como variável dependente principal. Realizaram-se três cortes: um de ajuste, em 29/08/2006, e dois para avaliação do efeito do manejo do solo na produtividade da pastagem: o primeiro, em 30/09/2006; o segundo, em 30/10/2006. Os cortes da forrageira foram realizados com ceifadeira manual, a 0,15 m de altura do solo, em áreas de 1,0 m<sup>2</sup>, demarcadas por um quadro de ferro lançado aleatoriamente dentro de cada subparcela, totalizando seis repetições/tratamento fertilizante (1 amostra/subparcela x 6 subparcelas/tratamento de preparo do solo). Assim, o limbo foliar, parte de colmo herbáceo ainda verde e as inflorescências existentes compunham a amostra. Após cada corte, toda a área experimental foi roçada para manter a uniformidade de brotação da gramínea, simulando um pastejo animal. (Figura 5).

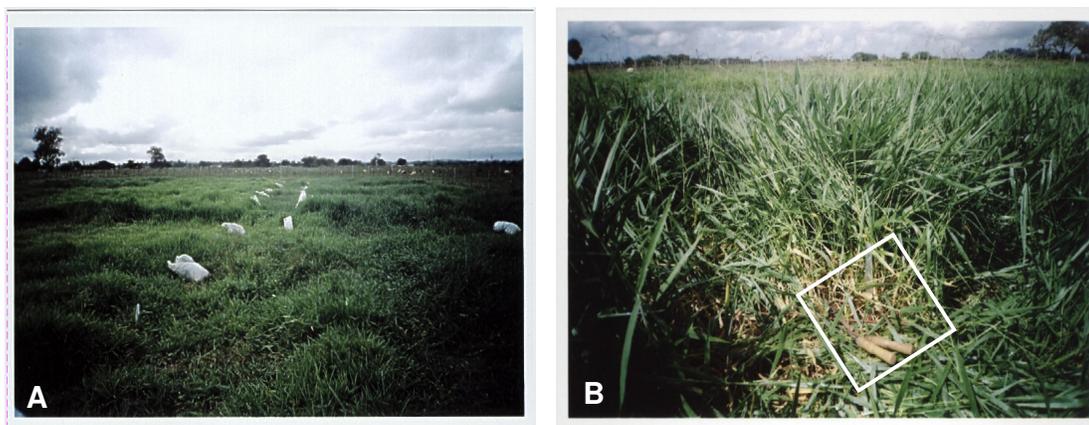


Figura 5 – Vista da parcela em dia de corte (A); corte da parte aérea da gramínea (B)

O material coletado foi pesado em balança de precisão e o resultado transformado em quilograma de matéria verde por hectare (kg MV ha<sup>-1</sup>). Exclusivamente para o corte de ajuste, o material coletado foi levado à estufa de circulação forçada a 65°C, por 48 horas, obtendo-se assim o peso da matéria seca (MS). (Apêndice 13).

Os resultados dos cortes foram submetidos à análise de variância considerando-se o modelo estatístico do delineamento inteiramente casualizado

em esquema de parcela subdividida; As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. (Apêndice 14). Apenas os dois últimos cortes foram analisados estatisticamente, devido à padronização do período de descanso entre eles e à brotação mais nova e uniforme.

Ao final do período experimental, foram feitas amostragens de raízes por meio de pranchas de pregos (Figura 6) medindo 1,0 m de altura por 0,60 m de largura, conforme técnica descrita por Böhn (1979). Os monólitos coletados foram submersos em água por no mínimo 24 horas, para facilitar a posterior remoção da terra com jatos de água de uma torneira, sem causar maiores danos às raízes. Após serem fotografadas, as raízes foram separadas em três estratos ao longo do monólito (0 - 0,25 m, 0,25 - 0,50 m e > 0,50), secas ao ar e pesadas em balança de precisão.

O programa SISVAR (FERREIRA, 2000) foi utilizado para as análises de variância e os testes de médias.



Figura 6 – Amostragem das raízes: A) introdução da guilhotina no solo; B) introdução da prancha de pregos na parede da trincheira, por meio de macaco hidráulico; C) retirada do monólito; D) saturação do monólito para facilitar a posterior remoção da terra com jatos de água de uma torneira, sem causar maiores danos às raízes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Análise química do solo** - Realizadas antes e depois da aplicação dos fertilizantes (Tabela 3), evidenciaram o seguinte:

**Saturação por bases (V%):** independente da subsolagem, a calagem contribuiu para elevar a saturação por bases (V%) para valores maiores que 60% na primeira camada avaliada; na segunda camada, embora os valores de V% tenham aumentado nas parcelas subsoladas, ficaram aquém de 60%, enquanto nas parcelas não subsoladas continuaram praticamente com os mesmos valores do início do experimento.

Tabela 3 – Análises químicas do solo, antes e depois da aplicação dos fertilizantes.

Tratamento	Prof. m	pH H <sub>2</sub> O	P Mg dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S	CTC	V %
<b>Antes da instalação do experimento</b>												
Área total	0 – 0,20	5,4	3,0	1,0	0,7	0,06	0,1	0,3	2,86	1,81	4,67	38,8
<b>Depois, parcelas não subsoladas</b>												
T	0 – 0,25	5,14	4,29	0,80	0,70	0,01	0,11	0,45	1,80	1,60	2,80	57,50
T	0,25-0,50	4,74	1,40	0,40	0,10	0,01	0,11	0,75	3,30	0,60	2,80	21,90
P	0 – 0,25	5,00	7,38	0,70	0,50	0,01	0,12	0,35	2,25	1,30	2,80	47,00
P	0,25-0,50	4,66	0,02	0,20	0,10	0,01	0,13	0,85	2,10	0,40	1,80	23,70
C	0 – 0,25	5,72	5,30	1,40	1,30	0,02	0,12	0,05	1,65	2,80	3,90	72,10
C	0,25-0,50	4,82	1,87	0,40	0,20	0,01	0,11	0,70	2,10	0,70	2,10	33,90
C + P	0 – 0,25	5,37	6,33	1,20	0,80	0,01	0,11	0,15	1,65	2,10	3,20	65,90
C + P	0,25-0,50	4,67	2,34	0,50	0,30	0,01	0,12	0,60	2,10	0,90	2,30	39,80
<b>Depois, parcelas subsoladas</b>												
T	0 – 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	0,25-0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	0 – 0,25	5,47	6,33	1,40	0,80	0,04	0,11	0,10	2,10	2,30	3,70	62,6
P	0,25-0,50	4,90	4,29	0,60	1,70	0,02	0,12	0,35	1,80	2,40	3,60	67,10
C	0 – 0,25	5,73	3,31	1,40	1,00	0,02	0,10	0,05	1,20	2,50	3,30	75,90
C	0,25-0,50	4,67	3,31	0,30	0,50	0,01	0,10	0,50	1,80	0,90	2,10	43,1
C + P	0 – 0,25	5,43	7,92	1,00	0,70	0,01	0,10	0,10	1,35	1,80	2,70	66,90
C + P	0,25-0,50	4,55	1,40	0,60	0,50	0,01	0,10	0,45	1,80	1,20	2,40	50,00

**pH** - Praticamente não variou com a aplicação do calcário dolomítico + gesso agrícola. Independente dos tratamentos de preparo do solo e de fertilização o pH variou de 5,0 a 5,73 (acidez média) na primeira camada, e de 4,55 a 4,90 (acidez elevada), na segunda camada.

**Cálcio (Ca)** – Na *primeira camada* das parcelas não subsoladas, passou de 0,80  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (encontrado no tratamento T) para 1,40  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e 1,20  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  nos tratamentos C e C+P, respectivamente; na *primeira camada* das parcelas subsoladas, foi 1,40  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e 1,0 nos tratamentos C e C+P, respectivamente; na *segunda camada*, ambas as parcelas, nos tratamentos C e C+P, os valores foram menores que os do tratamento T das parcelas não subsoladas.

**Magnésio (Mg)** - Na *primeira camada* das parcelas não subsoladas, passou de 0,70  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (encontrado no tratamento T) para 1,30  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e 0,80  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  nos tratamentos C e C+P, respectivamente; na *primeira camada* das parcelas subsoladas, foi 1,00  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e 0,70 nos tratamentos C e C+P, respectivamente; na *segunda camada* de ambas as parcelas, *principalmente nas parcelas subsoladas*, os valores são ligeiramente maiores que os do tratamento T das parcelas não subsoladas. Independente dos tratamentos de preparo do solo e de fertilização, os teores de Ca + Mg variaram de 1,20 (baixo) a 2,7 (médio), na primeira camada, e de 0,3 (baixo) a 2,3 (médio) na segunda camada.

**Fósforo (P)** - Na *primeira camada* das parcelas não subsoladas, passou de 4,29  $\text{mg dm}^{-3}$  (encontrado no tratamento T) para 7,38  $\text{mg dm}^{-3}$  e 6,33  $\text{mg dm}^{-3}$  nos tratamentos C e C+P, respectivamente; na *primeira camada* das parcelas subsoladas, foi 6,33  $\text{mg dm}^{-3}$  e 7,92  $\text{mg dm}^{-3}$  nos tratamentos C e C+P, respectivamente; na segunda camada de ambas as parcelas, os valores foram iguais ou menores que aqueles do início do experimento. Embora os teores de fósforo tenham aumentado em alguns casos, são considerados *médios a baixos*.

**Potássio (K)** – Os teores, baixos, de potássio praticamente não variaram nas parcelas experimentais após a adubação lastro.

**Alumínio (Al)** – baixou na primeira camada de todas as parcelas que receberam calcário e gesso, ou seja, C, C+P, e P (nas parcelas com P, devido ao sulfato de cálcio presente no superfosfato simples). Independente dos tratamentos de preparo do solo e de fertilização, os teores variaram de 0,05 (baixo) a 0,45 (médio), na primeira camada, e de 0,35 (médio) a 0,85 (médio), na segunda camada

**Produção de massa verde (MV, kg ha<sup>-1</sup>)** - A análise de variância mostrou que a produção de massa verde da gramínea (Figura 7) variou significativamente ( $P < 0,05$ ) apenas nas parcelas subsoladas. As médias com letras iguais entre si (brancas para o tratamento sem subsolagem e amarelas para o tratamento com subsolagem), não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

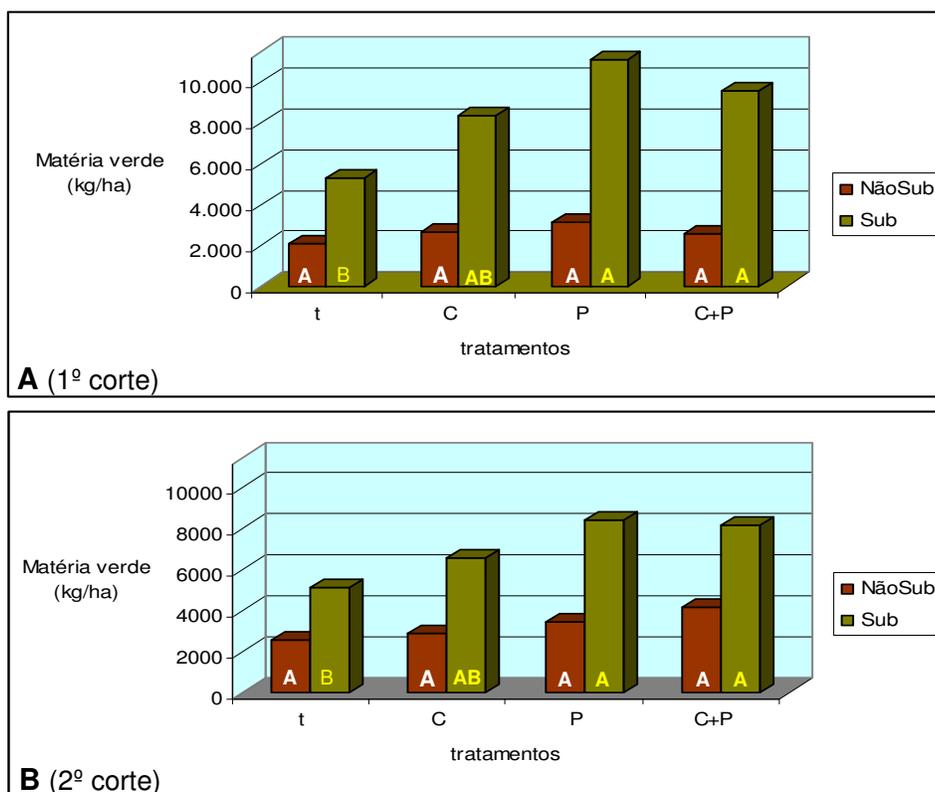


Figura 7 – Produção de matéria verde da gramínea (kg ha<sup>-1</sup>) no primeiro corte (A) e segundo corte (B), em função dos tratamentos de preparo do solo (sem e com subsolagem) e fertilização (T, testemunha; C, calcário; P, fósforo; C+P, calcário + fósforo).

A variação em função dos tratamentos de preparo do solo e de fertilização, em ordem decrescente de valores (MV, kg ha<sup>-1</sup>), foi a seguinte: *parcelas não subsoladas*, primeiro corte, 3 116,67 (P) > 2 675,00 (C) > 2 575,00 (C+P) > 2 066,67 (T); segundo corte, 4 216,67 (C+P) > 3 466,67 (P) > 2 933,33 (C) > 2 578,33 (T). *Parcelas subsoladas*, primeiro corte: 11 066,67 (P) > 9 558,33 (C+P) > 8 333,33 (C) > 5 283,33 (T); segundo corte, 8 410,00 (P) > 7 071,67 (C+P) > 6 590,00 (C) > 5 123,33 (T). A diminuição da massa verde da gramínea no segundo corte parece estar relacionado ao balanço hídrico seqüencial desfavorável à época em que foi realizado. (Figura 2).

Nas parcelas subsoladas, em ambos os cortes, os tratamentos P e C+P não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, porém, diferiram significativamente do tratamento testemunha (T). Em valores absolutos, o tratamento P foi maior que o C+P. Isto parece indicar uma grande eficiência na absorção do fósforo pela espécie *Brachiaria decumbens*, independente da correção da acidez do solo pelo calcário.

Lobato et al. (1986) afirmam que as espécies forrageiras tropicais apresentam, provavelmente, níveis críticos de fósforo mais baixos que as culturas anuais. No entanto, a adição de fósforo promoveu aumentos significativos na produção de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* (CORREA & HAAG, 1993).

Nascimento et al. (2002), trabalhando com capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.cv Tanzânia), verificaram que não houve aumentos significativos da matéria seca na pastagem submetida à calagem. Da Cruz et al. (1994), citados por Nascimento et al. (2002), afirmam que o efeito da calagem em forrageiras tem-se mostrado contraditório, com resultados divergentes na literatura. Os resultados do presente trabalho mostram que houve efeito significativo (P<0,05) da calagem apenas quando da interação com a subsolagem.

**Crescimento radicular** – A distribuição das raízes da gramínea ao longo do perfil do solo, em função dos tratamentos de preparo e fertilização é mostrada nas figuras 8, 10, 12 e 14; e a massa das raízes em kg m<sup>-3</sup> de solo, nas figuras 9, 11, 13 e 15 (como não houve repetições, não foram analisados estatisticamente).



Figura 8 – Tratamento T: distribuição das raízes ao longo do perfil do solo, nas parcelas não subsoladas (A) e subsoladas (B).

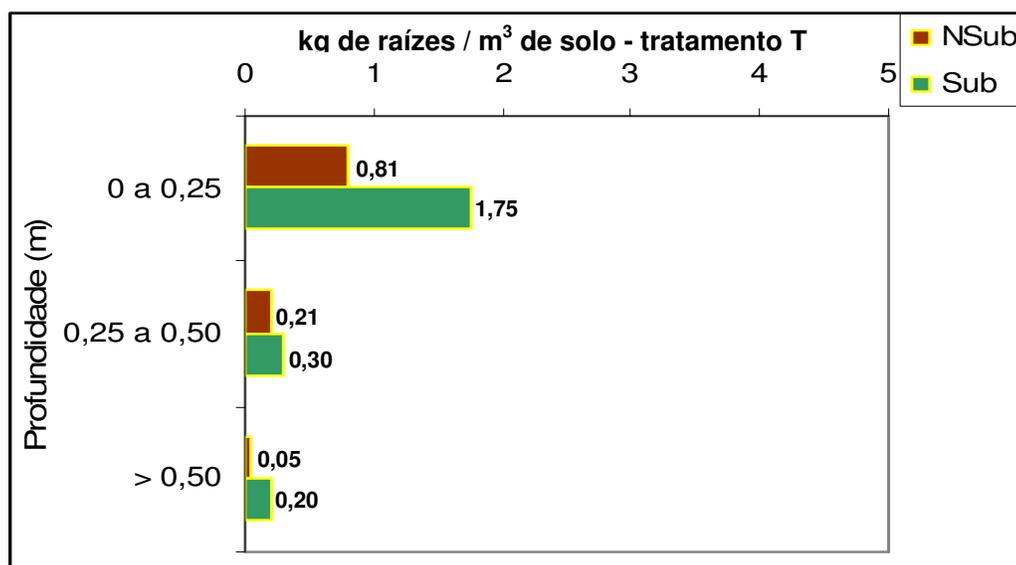


Figura 9 – Tratamento T: massa das raízes em três camadas do solo (0 – 0,25 m, 0,25 – 0,50 m, > 0,50 m), nas parcelas não subsoladas e subsoladas:



Figura 10 – Tratamento C: distribuição das raízes ao longo do perfil do solo, nas parcelas não subsoladas (A) e subsoladas (B).

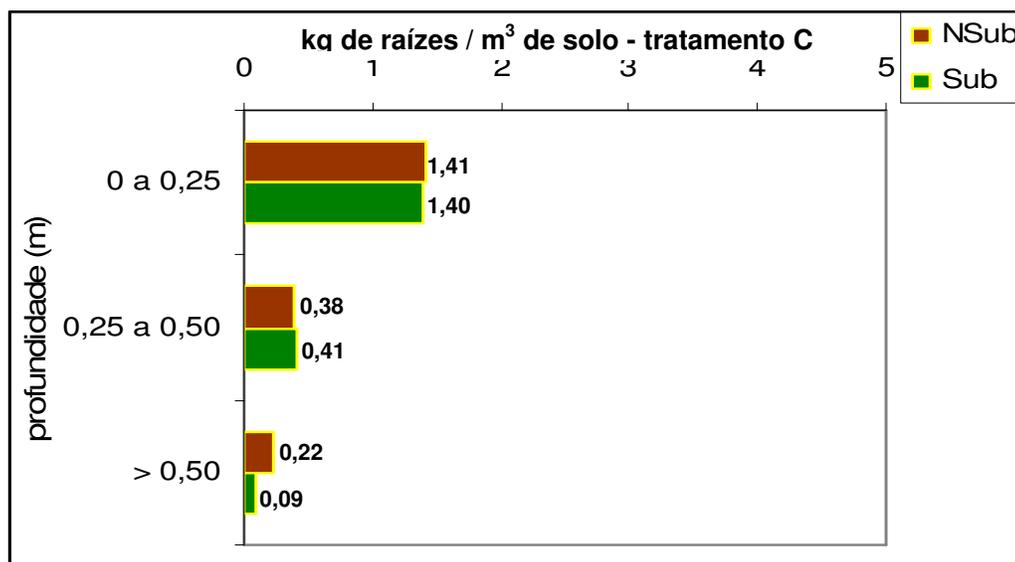


Figura 11 – Tratamento C: massa das raízes em três camadas do solo (0 – 0,25 m, 0,25 – 0,50 m, > 0,50 m), nas parcelas não subsoladas e subsoladas.



Figura 12 – **Tratamento P**: distribuição das raízes ao longo do perfil do solo, nas parcelas não subsoladas (A) e subsoladas (B).

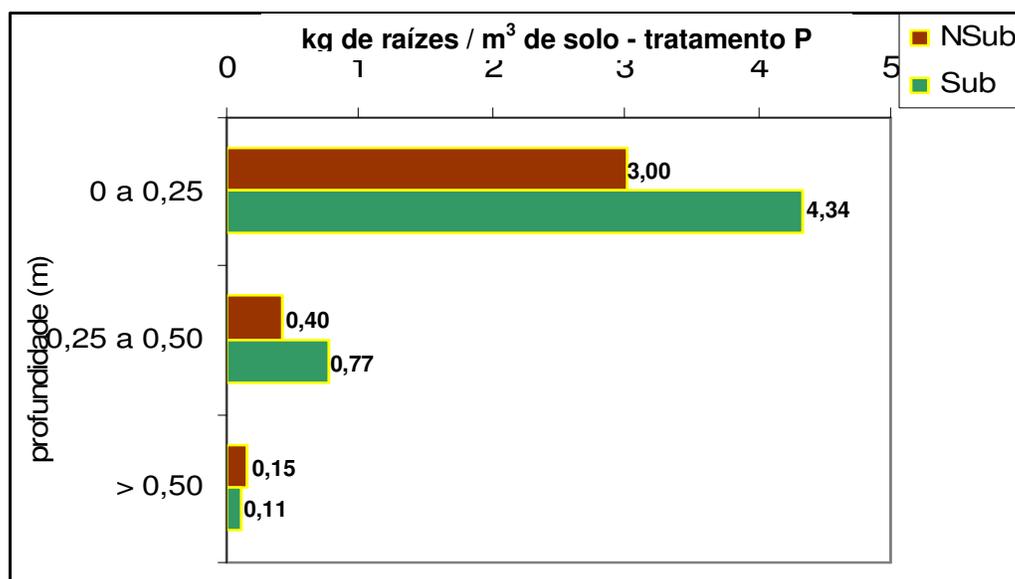


Figura 13 – Tratamento P: massa das raízes em três camadas do solo (0 – 0,25 m, 0,25 – 0,50 m, > 0,50 m), nas parcelas não subsoladas e subsoladas.



Figura 14 – **Tratamento C+P**: distribuição das raízes ao longo do perfil do solo, nas parcelas não subsoladas (A) e subsoladas (B).

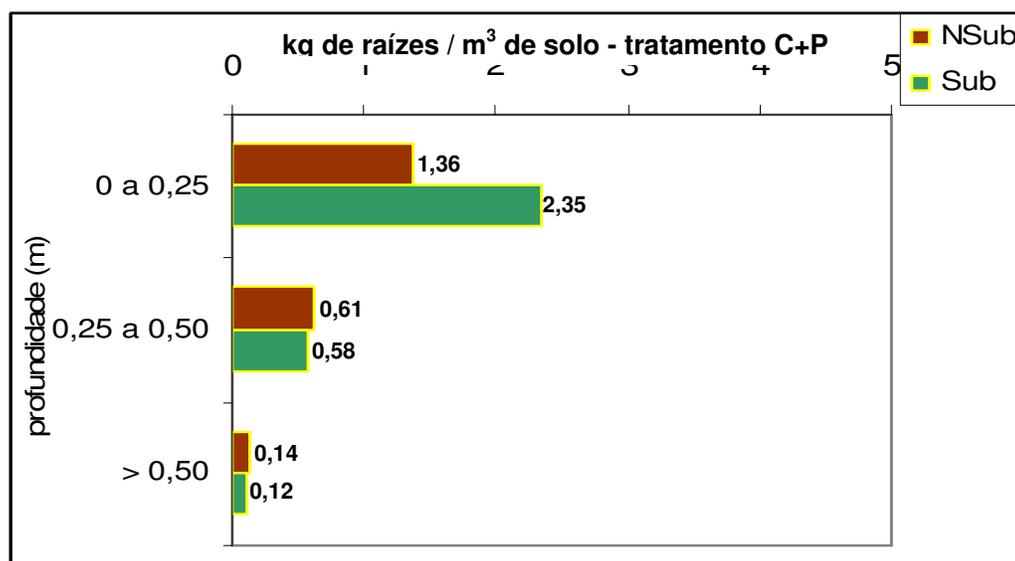


Figura 15 – **Tratamento C+P**: massa das raízes em três camadas do solo (0 – 0,25 m, 0,25 – 0,50 m, > 0,50 m), nas parcelas não subsoladas e subsoladas.

Observa-se claramente que os tratamentos com fósforo foram os que proporcionaram maiores massas de raízes ao longo do perfil do solo. A ordem decrescente de massa total de raízes por metro cúbico de solo (kg de raízes / m<sup>3</sup> de solo) em função dos tratamentos foi a seguinte: parcelas *não subsoladas*: 1,14 (P) > 0,67 (C+P) > 0,64 (C) > 0,34 (T); parcelas *subsoladas*: 1,66 (P) > 0,97 (C+P) > 0,72 (T) > 0,61 (C);

Pesquisa realizada por Oliveira Jr. et al. (2007), apresentada no Capítulo 1 desta dissertação, mostrou que a subsolagem, ao romper camada compactada e adensada do solo em estudo, eliminou importantes restrições ao crescimento das plantas, devido aos seguintes benefícios imediatos: diminuiu a densidade do solo em ambas as camadas avaliadas; diminuiu a resistência mecânica do solo à penetração; aumentou a porosidade total do solo; aumentou a macroporosidade (o volume de macroporos da segunda camada da parcela não subsolada era de 0,067 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, porém a subsolagem aumentou esse volume para 0,11 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, tirando o solo de uma condição subcrítica de aeração); diminuiu a microporosidade; melhorou a condição de permeabilidade de ambas as camadas do solo avaliadas: na primeira camada, passou de *rápida* para muito rápida e, na segunda camada, de *média para rápida*; contribuiu para diminuir a retenção de água no ponto de murcha permanente, igualando, praticamente, a faixa de água disponível das nas duas camadas de todas as parcelas experimentais (era menor na segunda camada, independente da subsolagem).

O aumento da macroporosidade nas parcelas subsoladas certamente facilitou a aeração do solo, beneficiando a atividade respiratória das raízes e melhorando a eficiência dos fertilizantes aplicados. Bonfim et al (2003) relataram que a escarificação mecânica de pastagem resultou na diminuição da produção de massa seca por hectare, no primeiro corte; porém, a produção aumentou quando da utilização da subsolagem associada à adubação fosfatada - o que concorda com os resultados ora apresentados.

Segundo Faquin (2001), o fósforo move-se lentamente no solo por difusão; logo, com a expansão do sistema radicular ao longo do perfil do solo, aumenta o número de pontos de contato raiz-fósforo, favorecendo substancialmente a absorção deste nutriente e, conseqüentemente, o crescimento das plantas.

## CONCLUSÕES.

1. A subsolagem em LATOSSOLO AMARELO Coeso de Tabuleiro Costeiro com pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* Stapf resultou em aumento de produção de forragem.

2. Ocorreu interação entre subsolagem e fertilização do solo, resultando nas seguintes produções de massa verde ( $\text{kg ha}^{-1}$ ): *parcelas não subsoladas*, primeiro corte, 3 116,67 (P) > 2 675,00 (C) > 2 575,00 (C+P) > 2 066,67 (T); segundo corte, 4 216,67 (C+P) > 3 466,67 (P) > 2 933,33 (C) > 2 578,33 (T). *Parcelas subsoladas*, primeiro corte: 11 066,67 (P) > 9 558,33 (C+P) > 8 333,33 (C) > 5 283,33 (T); segundo corte, 8 410,00 (P) > 7 071,67 (C+P) > 6 590,00 (C) > 5 123,33 (T). A diminuição da massa verde da gramínea no segundo corte, em relação ao primeiro, parece estar relacionado ao balanço hídrico seqüencial desfavorável à época em que eles foram realizados.

3. Os tratamentos com fósforo proporcionaram maiores massas de raízes ao longo do perfil do solo. A ordem decrescente de massa total de raízes por metro cúbico de solo ( $\text{kg de raízes / m}^3$  de solo), em função dos tratamentos, foi a seguinte: *parcelas não subsoladas*: 1,14 (P) > 0,67 (C+P) > 0,64 (C) > 0,34 (T); *parcelas subsoladas*: 1,66 (P) > 0,97 (C+P) > 0,72 (T) > 0,61 (C);

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, A P A, **Manejo da Fertilidade do solo sob pastagem, calagem e adubação** – Livraria e Editora Agropecuária Ltda. Guaíba/RS, 120p, 1998.

BAHIA (Estado). Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia. PIB do Agronegócio Baiano 2000 a 2005 In: **Série Estudos Agrícolas, 6** Salvador, 2006, 64p.

BOMFIM, E R P; PINTO, J C; SALVADOR,N; MORAIS, A R. de; ANDRADE,I F; ALMEIDA, O C; Efeito do tratamento físico associado à adubação em pastagem degradada de *Brachiaria*, nos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, V.27, n. 4, p. 912-920, jul/ago 2003. – CAP II

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

EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista, EUCLIDES FILHO, Kepler, COSTA, Fernando Paim *et al.* **Performance of F1s Angus-Nellore steers on *Brachiaria decumbens* pasture under different feeding regimes**. *Rev. Bras. Zootec.*, Mar./Apr. 2001, vol.30, no.2, p.470-481. ISSN 1516-3598.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do tabuleiro costeiro. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?i>>. Acesso em: 19 Fev. 2007.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo: SBCS, 1994. 224

CORREA,L de A; HAAG,H.P; Critical levels of phosphorous for the establishment of pastures grasses on a Red Yellow Latossol. I; Greenhouse test. **Scientia Agrícola** v. 50, n. 1, 1993, Piracicaba. Disponível em <[www.scielo.br/scielo.php](http://www.scielo.br/scielo.php)> acessado em 06 de março de 2007.

FAQUIN,V, **Nutrição Mineral de Plantas**. Curso de Pós Graduação Latu Sensu, UFLA/FAEPE, 182 p, il, Lavras/MG, 2001.

FERREIRA,D.F., Análises Estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0,In: Reunião Anual de Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, 45., 2000<sup>a</sup>, Cão Carlos, **Programa e Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000, p. 255-258.

FURTININETO, A.E.; VALE, F.R.; REZENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A., Fertilidade do Solo – Lavras, UFLA / FAEPE, 2001, 252 p, Curso de Pós-graduação “Latu Sensu” –Solos e Meio Ambiente.

GROTTA, D.C.C.; LOPES, A.; FURLANI, C.E.A.; BRANQUINHO, K.B.; REIS, G.N dos; SILVA, R.P.da; Subsolador: Avaliação do desempenho em função da velocidade de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum.Agronomy**. v.6,n.01,p.21-26, Maringá, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; **Censo Agropecuário 1985**; Brasil, 1986, disponível em <<http://www.cnpq.embrapa.br/pastagens/pastagensplantadas.php>>. Acesso em 19 fev. 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; **Censo Agropecuário 1995-1996**; Brasil, 1996, disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatística/agropecuária/censoagro/.htm>>. Acesso em 19 fev. 2007.

KICHEL, A.N., KICHEL A.G. Sistemas extensivos e intensivos de produção de carne custo/benefício. In: Simpósio de Pecuária de Corte, 2, 2002, Lavras. Anais. Lavras: UFLA, 2002, p.19-42

LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C.; Adubação Fosfatada em pastagens, In **Simpósio sobre Calagem e adubação de pastagens**. Ed. Herbert Barbosa e outros, Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, Nova Odessa, SP, 1986, 476 p.

MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ZIMER, A.H.; Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. EMBRAPA – CNP Gado de Corte, Documento 62, novembro, 2000, p 1-4.

MACEDO, M.C.M, Degradação de pastagens. Conceitos e métodos de recuperação. In: SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1999, Juiz de Fora. **Anais...Juiz de Fora**: EMBRAPA/CNPQC, 1999, P.137-150.

MARTINEZ, H.G.P. & HAAG, H.P., Víveis críticos e fósforo em *Brachiaria decumbens* Stapf, *B. humidicola*, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* Stapf, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* Jack, e *Penisetum purpureum* Shum. **Anais da Escala Superior de Agricultura “Luis de Queiros”**, Piracicaba, 37: 913-977, 1980.

MOOJEN, E.L., & MARASCHIN, G.E., Potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a níveis de oferta de Forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n.1, p. 127-132, 2002.

NASCIMETO, J.L.; ALMEIDA, R.A.; SILVA, R.S.M & MAGALHÃES, L.A.F; Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 32(1): 7-11, abr.2002.

OLIVEIRA, L.B; MELO, V.de; Caracterização físico-hídrica do solo I. Unidade Itapirema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 5: p. 35-48, Brasília, 1970.

OLIVEIRA JR., E.D; REZENDE, J. O; Recuperação de pastagem degradada de capim Braquiária mediante subsolagem, calagem e adubação fosfatada em Latossolo Amarelo Coeso do Recôncavo da Bahia (1ª etapa). Dissertação de Mestrado do primeiro autor. UFRB, Cruz das Almas, 121 p. 2007.

RAIJ, B.V, **Avaliação da Fertilidade do Solo**. POTAFOS, Piracicaba, SP, 142p, 1981.

REZENDE, J. de O, **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros**: Limitações agrícolas e manejo. Salvador, SEAGRI/SPA, 2000. 117P. (Série Estudos agrícolas, 1).

REZENDE, J. de O, **Compactação e adensamento do solo: métodos para avaliação e práticas agrícolas recomendadas**; EAUFBA, 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.

SANTOS, I.P.A dos; PINTO, J.C; SIQUEIRA, J.O; MORAIS, A.R; SANTOS, C.L; Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **R. Bras. de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

WERNER, J.C. & MATTOS, H.B; Estudo de nutrição do capim Gordura. **Boletim de Indústria animal**, Nova Odessa, 29(1), 175-184, 1972.

WERNER, J.C & HAAGH, P; Estudo sobre nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim da Indústria animal**, Nova Odessa, 29(1), 191-275, 1972.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS.**

A recuperação de áreas agrícolas degradadas é tarefa árdua e complexa. No caso das pastagens, estudos de longa duração envolvendo modos de preparo do solo, fontes e níveis de fertilizantes, capacidade de suporte dos pastos, rotação animal, qualidade da forragem, ganho de peso dos animais, custo/benefício, entre outros, fazem parte de qualquer programa de recuperação. Porém, com a presente pesquisa, procurou-se chegar a resultados de pronta aplicabilidade por parte de pecuaristas envolvidos com pastagens degradadas no ecossistema Tabuleiros Costeiros do Recôncavo baiano. Cumpriu-se, assim, mais uma etapa de um 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. Na próxima etapa, avaliar-se-á um maior número de tratamentos fertilizantes, assim como a influência da carga animal no tempo de duração dos efeitos benéficos da subsolagem na estrutura do solo.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE 1

### Descrição morfológica e Classe textural do solo

Ap = 0 a 16 cm – Bruno ( 10YR 5/3, seco); Bruno-amarelado (10YR 4/4, úmido); franco-argilo-arenoso; moderado a fraco pequeno e muito pequeno, blocos arredondados e subarredondados, alguns tendendo a grumos em superfície e blocos médios no restante do horizonte; ligeiramente duro, muito friável, não plástico, não pegajoso, boa porosidade; clara e plana.

A3 = 16 a 33 cm – Bruno-amarelado ( 10 YR5/4, seco); Bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); franco-argilo-arenoso; sub-horizonte coeso quebrando-se em fragmentos angulosos; duro, firme, desfazendo-se localmente em moderado a fraco blocos angulares e subangulares e muito pequena forte granular; ligeiramente duro, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, porosidade fraca, clara e ligeiramente ondulada.

B1 = 33 a 70 cm – Bruno-amarelado (10 YR 5/6, seco); Bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido); franco-argilo-arenoso; sub-horizonte coeso quebrando-se em fragmentos angulosos, duros, firme, com fraca, média e pequena blocos angulares, localizados com tendência granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; porosidade fraca; clara e ligeiramente ondulada.

B2.1 = 70 a 100 cm – Bruno-amarelado (10 YR 5/4, seco); bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); argila-arenosa, moderada a fraca pequeno e muito pequeno blocos angulares e subangulares desfazendo-se forte pequena e muito pequena granular; friável, plástico e ligeiramente pegajoso, porosidade boa, clara e plana.

Tabela 1 - Classe textural do solo experimental\*\*

Amostras	granulometria da TFSA		
	AreiaTotal	Silte	Argila
	g kg <sup>-1</sup>		
T1.1*	710,50	45,50	243,90
T1.2	734,60	42,20	223,20
T1.3	759,56	37,30	203,10
média	<b>734,89</b>	<b>41,67</b>	<b>223,40</b> <i>Franco argilo arenoso</i>
T2.1	656,80	50,30	292,90
T2.2	674,50	43,50	282,00
T2.3	649,20	53,10	297,60
média	<b>660,17</b>	<b>48,97</b>	<b>290,83</b> <i>Franco argilo arenoso</i>

\*T1= profundidade 0 a 0,25 m; T2 = profundidade 0,25 a 0,50 m; 1,2 e 3 = repetições.

\*\*Lemos e Santos (2005)

## APÊNDICE 2

Croqui e campo e Valores médios de Resistência à penetração e umidade gravimétrica.

T	P	C	C+P	C+P	C	P	T	C	C+P	P	T
---	---	---	-----	-----	---	---	---	---	-----	---	---

C+P	C	P	T	T	P	C	C+P	C	C+P	T	P
-----	---	---	---	---	---	---	-----	---	-----	---	---

P	T	C+P	C	T	P	C	C+P	C+P	C	P	T
---	---	-----	---	---	---	---	-----	-----	---	---	---

C	C+P	T	P	C	C+P	T	P	T	P	C	C+P
---	-----	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	-----

Tabela 2 - Resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica atual nas parcelas experimentais sem e com subsolagem, nas duas profundidades avaliadas.

DATA	Resistência à penetração (MPa)				Umidade gravimétrica atual (g kg <sup>-1</sup> )			
	Sem subsolagem		Com subsolagem		Sem subsolagem		Com subsolagem	
	0 - 0,25	0,25-0,50	0 - 0,25	0,25-0,50	0 - 0,25	0,25 -0,50	0 - 0,25	0,25-0,50
<b>11/ago</b>	2,002	1,781	0,284	2,316	112,89	124,85	119,40	124,87
<b>12/set</b>	1,476	2,173	0,091	1,461	114,35	139,26	116,54	127,38
<b>30/set</b>	1,756	1,858	0,414	1,512	112,26	132,26	117,02	131,02
<b>28/out</b>	2,127	2,534	0,809	1,765	100,79	120,93	102,56	120,01
<b>14/nov</b>	2,119	2,070	0,357	1,437	110,49	122,09	110,63	119,26
<b>05/dez</b>	7,59	4,915	3,602	5,025	71,030	96,12	79,68	96,48

### APÊNDICE 3

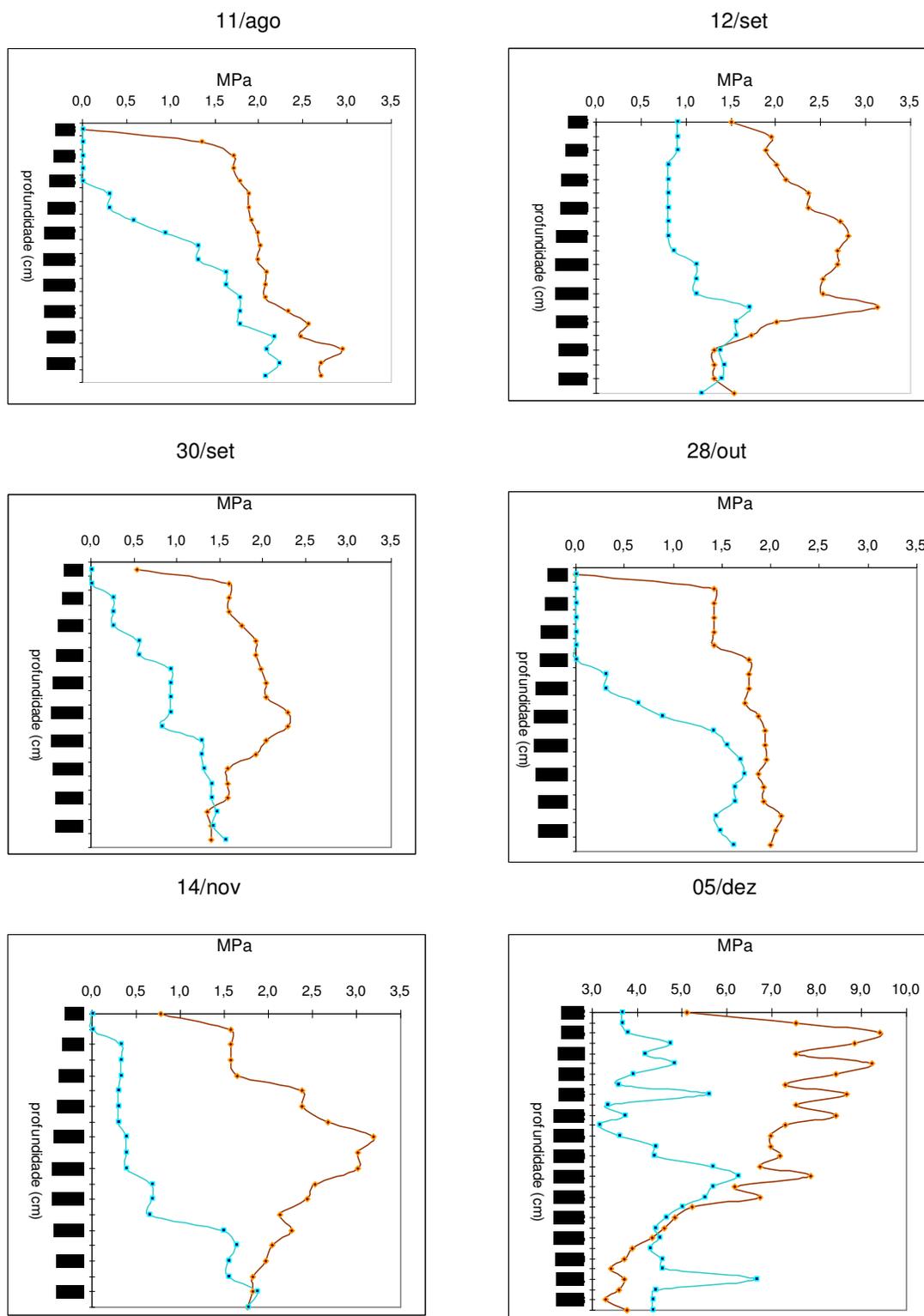


Figura 1 – Perfis de Resistência à penetração do solo em ago, set, out, nov e dez/2006. Linha em azul parcela Subsollada, linha em marrom parcela não Subsollada.

## APÊNDICE 4

### Análises de Variância:

Arquivo analisado:

E:\Mestrado\Planilha Ds.dbf **0,07**

Variável analisada: DENSIDADE DO SOLO

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUB	1	0.015672	0.015672	4.448	0.0611
erro 1	10	0.035232	0.003523		
PROF	1	0.143021	0.143021	27.634	0.0004
SUB*PROF	1	0.000558	0.000558	0.108	0.7495
erro 2	10	0.051754	0.005175		
Total corrigido	23	0.246237			
CV 1 (%) =	3.47				
CV 2 (%) =	4.21				
Média geral:	1.7104792	Número de observações:	24		

Teste Tukey para a FV SUB

DMS: 0,0491505277752464 **NMS: 0,07**

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0,0171346442835042

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	1.684925	a1
1	<b>1.736033</b>	<b>a2</b>

Teste Tukey para a FV PROF

DMS: 0,0654396183069304 **NMS: 0,05**

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0,020767457348511

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	1.633283	a1
2	1.787675	a2

## Análise de Variância:

Arquivo analisado:

E:\Mestrado\Resist x Umid\_total DIC.dbf

Variável analisada: **RESISTÊNCIA**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	1	58.004073	58.004073	57.000	<b>0.0000</b>
erro 1	14	14.246667	1.017619		
PROFUNDIDA	1	12.062208	12.062208	10.839	<b>0.0053</b>
erro 2	14	15.579425	1.112816		
SUBSOLAGEM*PROFUNDID	1	30.872207	30.872207	29.157	<b>0.0000</b>
erro 3	28	29.646907	1.058818		
AVALIAÇÃO	5	378.314837	75.662967	132.021	<b>0.0000</b>
AVALIAÇÃO*SUBSOLAGEM	5	8.201133	1.640227	2.862	0.0184
AVALIAÇÃO*PROFUNDIDA	5	14.009205	2.801841	4.889	0.0005
AVALIAÇÃO*SUBSOLAGEM	5	18.328026	3.665605	6.396	0.0000
erro 4	<b>104</b>	59.603912	0.573115		
Total corrigido	183	638.868602			
CV 4 (%) =	34.77				
Média geral:	2.1774620	Número de observações:	184		

Obs. Codificações usadas para as FV do quadro de ANAVA

- 1: SUBSOLAGEM
- 2: erro=REP (SUBSOLAGEM)
- 3: PROFUNDIDA
- 4: erro=REP (PROFUNDIDA)
- 5: SUBSOLAGEM\*PROFUNDIDA
- 6: erro=REP (SUBSOLAGEM\*PROFUNDIDA)
- 7: AVALIAÇÃO
- 8: AVALIAÇÃO\*SUBSOLAGEM
- 9: AVALIAÇÃO\*PROFUNDIDA
- 10: AVALIAÇÃO\*SUBSOLAGEM\*PROFUNDIDA
- 11: Fim

### Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 0,319005253479613 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 92  
 Erro padrão: 0,105171655694563

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	1.616000	a1
1	<b>2.738924</b>	<b>a2</b>

### Teste Tukey para a FV PROFUNDIDADE

DMS: 0,333592983667353 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 92  
 Erro padrão: 0,109981030210924

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
-------------	--------	---------------------

-----  
 1 1.921424 a1  
 2 2.433500 a2  
 -----

Variável analisada: **UMIDADE**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

-----  
 TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA  
 -----

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
<b>SUBSOLAGEM</b>	1	14.058367	14.058367	0.035	<b>0.8538</b>
erro 1	14	5582.290305	398.735022		
<b>PROFUNDIDA</b>	1	9330.332976	9330.332976	21.600	<b>0.0004</b>
erro 2	14	6047.468483	431.962035		
SUBSOLAGEM*PROFUNDID	1	248.751759	248.751759	0.793	0.3809
erro 3	28	8787.799399	313.849979		
AVALIAÇÃO	5	37273.866971	7454.773394	101.977	<b>0.0000</b>
AVALIAÇÃO*SUBSOLAGEM	5	491.238681	98.247736	1.344	0.2517
AVALIAÇÃO*PROFUNDIDA	5	1369.336559	273.867312	3.746	0.0037
AVALIAÇÃO*SUBSOLAGEM	5	341.569598	68.313920	0.934	0.4619
erro 4	104	7602.639413	73.102302		
Total corrigido	183	77089.352511			
CV 4 (%) =	7.56				
Média geral:	113.1416304	Número de observações:	184		

-----  
 Teste Tukey para a **FV SUBSOLAGEM**  
 -----

DMS: 6,31462263143064 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 92  
 Erro padrão: 2,08184445237157  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	112.865217 a1	
1	113.418043 a1	

-----  
 Teste Tukey para a **FV PROFUNDIDADE**  
 -----

DMS: 6,57246072484055 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 92  
 Erro padrão: 2,1668501345328  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	106.020652 a1	
2	120.262609 a2	

## Análise de Correlação (SAS):

## a) Resistência x Umidade.(0 a 0,25 m de prof.).

The SAS System 16:39 April 02, 2007

## Correlation Analysis

2 'VAR' Variables: RES UMID

## Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum
Maximum					
RES	12	1.885583	2.072418	22.627000	0.091000
7.590000					
UMID	12	106.470000	15.954029	1277.640000	71.030000
122.890000					

Pearson Correlation Coefficients / Prob &gt; |R| under Ho: Rho=0 / N = 12

	RES	UMID
RES	1.00000 0.0	<b>-0.84439</b> <b>0.0006</b>
UMID	<b>-0.84439</b> 0.0006	1.00000 0.0

## a1)profundidade 0,25 a 0,50 m

The SAS System 16:39 April 02, 2007

## Correlation Analysis

2 'VAR' Variables: RES UMID

## Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum
Maximum					
RES	12	2.403917	1.246044	28.847000	1.437000
5.025000					
UMID	12	121.210833	12.989616	1454.530000	96.120000
139.260000					

Pearson Correlation Coefficients / Prob &gt; |R| under Ho: Rho=0 / N = 12

	RES	UMID
RES	1.00000 0.0	<b>-0.85855</b> <b>0.0003</b>
UMID	<b>-0.85855</b>	1.00000 0.0003 0.0

## b) Ds x maroporos (0 a 0,25 m profundidade):

The SAS System                      16:39 April 02,2007  
Correlation Analysis

2 'VAR' Variables: DS                      MACROP

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum
Maximum					
DS	12	1.633283	0.073294	19.599400	1.521700
MACROP	12	0.187417	0.042903	2.249000	0.116000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 12

	DS	MACROP
DS	1.00000 0.0	<b>-0.92848</b> <b>0.0001</b>
MACROP	-0.92848 0.0001	1.00000 0.0

## b1) 0,25 a 0,50 m de profundidade:

The SAS System                      16:39 April 02, 2007  
Correlation Analysis

2 'VAR' Variables: DS                      MACROP

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum
Maximum					
DS	12	1.633283	0.073294	19.599400	1.521700
MACROP	12	0.187417	0.042903	2.249000	0.116000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 12

	DS	MACROP
DS	1.00000 0.0	<b>-0.92848</b> <b>0.0001</b>
MACROP	-0.92848 0.0001	1.00000 0.0

## APÊNDICE 5

## Determinação da Porosidade do solo em duas profundidades

Data: set/06

Prof 1: 0 a 0,25 m

Prof 2: 0,25 a 0,50 m Volume do cilindro 4,9cm x π2,35<sup>2</sup> **85,01 cm<sup>3</sup>**

Solo	Profundidade cm	Cilindro		Peso do Cilindro+ pano+liga SECO	Peso do Cilindro+p ano+liga SAT	Peso do Cilindro+ pano+liga EQUI	Solo Saturado	Solo em Equilíbrio	Solo Seco	Macroporos	Microporos	Macroporos médias	Microporos médias	Macroporos média geral	Microporos média geral	Porosidade Total por amostra		
		+ solo saturado	+ solo em equilí brio															
				gramas								m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>						
N1P1	0-0,25	216,11	204,54	183,9698	35,0524	36,3761	35,9189	179,7339	168,6211	148,9174	0,1307	0,2318	0,1572	0,2056		0,362	0,3792	
	0,25-0,50	216,34	207,25	185,5324	35,0555	36,6484	35,9322	179,6916	171,3178	150,4769	0,0985	0,2452	0,0927	0,2434		0,344	0,3287	
N1P2	0-0,25	212,55	202,16	183,2047	35,0500	36,7218	36,2184	175,8282	165,9416	148,1547	0,1163	0,2092				0,326		
	0,25-0,50	214,63	206,19	185,4770	35,0462	36,3497	35,7967	178,2803	170,3933	150,4308	0,0928	0,2348				0,328		
N1P3	0-0,25	204,46	184,85	169,2440	34,8031	35,9783	35,4659	168,4817	149,3841	134,4409	0,2246	0,1758				0,400		
	0,25-0,50	217,99	210,13	188,0891	35,3047	36,5718	36,0820	181,4182	174,0480	152,7844	0,0867	0,2501			0,1723	0,2070	0,337	
N2P1	0-0,25	206,42	190,72	171,2854	35,1864	36,3765	35,9174	170,0435	154,8026	136,0990	0,1793	0,2200	0,1874	0,2083	0,0674	0,2613	0,399	
	0,25-0,50	228,92	226,6	201,0400	35,4900	37,3000	36,6900	191,6200	189,9100	165,5500	0,0201	0,2865	0,0422	0,2792			0,307	
N2P2	0-0,25	204,65	185,66	168,6800	34,9157	36,0665	35,7745	168,5835	149,8855	133,7643	0,2199	0,1896					0,410	
	0,25-0,50	222,21	217,94	191,8000	35,8500	38,3500	37,7300	183,8600	180,2100	155,9500	0,0429	0,2854					0,328	
N2P3	0-0,25	211,10	196,73	177,3175	35,0242	36,6625	36,1352	174,4375	160,5948	142,2933	0,1628	0,2153					0,378	
	0,25-0,50	217,57	211,38	187,4700	35,3200	37,4300	36,6400	180,1400	174,7400	152,1500	0,0635	0,2657					0,329	
S1P1	0-0,25	210,65	193,62	175,8235	35,1009	36,3279	35,8730	174,3221	157,7470	140,7226	0,1950	0,2003	0,2102	0,1965			0,395	0,4028
	0,25-0,50	218,21	210,2	187,3290	35,3686	36,7800	36,2125	181,4300	173,9875	151,9604	0,0875	0,2591	0,1126	0,2442			0,347	0,3537
S1P2	0-0,25	206,59	187,11	169,7763	35,1170	36,7333	36,1504	169,8567	150,9596	134,6593	0,2223	0,1917					0,414	
	0,25-0,50	217,20	207,27	186,3905	35,0850	36,2408	35,7017	180,9592	171,5683	151,3055	0,1105	0,2384					0,349	
S1P3	0-0,25	206,81	188,21	170,6783	35,2679	36,4793	36,0040	170,3307	152,2060	135,4104	0,2132	0,1976					0,411	
	0,25-0,50	214,30	201,9	181,1570	35,2304	36,4943	35,9730	177,8057	165,9270	145,9266	0,1397	0,2353			0,2029	0,1999	0,375	
S2P1	0-0,25	200,69	180,76	164,4818	35,1174	36,1543	35,6694	164,5357	145,0906	129,3644	0,2287	0,1850	0,1956	0,2034	0,1101	0,2435	0,414	
	0,25-0,50	212,93	198,72	178,8323	35,1835	36,3435	35,9040	176,5865	162,8160	143,6488	0,1620	0,2255	0,1077	0,2428			0,387	
S2P2	0-0,25	212,75	201,42	180,7722	35,0885	36,2351	35,8275	176,5149	165,5925	145,6837	0,1285	0,2342					0,363	
	0,25-0,50	213,84	206,24	184,8404	34,9418	36,1589	35,7350	177,6811	170,5050	149,8986	0,0844	0,2424					0,327	
S2P3	0-0,25	208,65	188,87	171,7969	35,1160	36,2215	35,9600	172,4285	152,9100	136,6809	0,2296	0,1909					0,421	
	0,25-0,50	219,95	212,50	189,2200	35,6000	37,6600	36,7200	182,2900	175,7800	153,6200	0,0766	0,2607					0,337	

## APÊNDICE 6

### Análise de Variância:

Arquivo analisado:

E:\Mestrado\Porosid x Conduct.hid\_totalDIC\_2.dbf

Variável analisada: **POROSIDADE**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	1	0.003524	0.003524	5.700	<b>0.0381</b>
erro 1	10	0.006182	0.000618		
PROFUNDIDA	1	0.014890	0.014890	33.203	<b>0.0002</b>
SUBSOLAGEM*PROFUNDID	1	0.000003	0.000003	0.006	0.9401
erro 2	10	0.004485	0.000448		
Total corrigido	23	0.029083			
CV 1 (%) =	6.79				
CV 2 (%) =	<b>5.78</b>				
Média geral:	0.3660917	Número de observações:	24		

Obs. Codificações usadas para as FV do quadro de ANAVA

- 1: SUBSOLAGEM
- 2: erro=REP(SUBSOLAGEM)
- 3: PROFUNDIDA
- 4: SUBSOLAGEM\*PROFUNDIDA
- 5: Fim

Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 0,0226170303735015 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0,00717758180417023

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	0.353975	a1
2	0.378208	a2

Teste Tukey para a FV PROFUNDIDA

DMS: 0,0192632567304802 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0,0061132517715388

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	0.341183	a1
1	0.391000	a2

Arquivo analisado:

E:\Mestrado\Macroporos x Condut.hid\_totalDIC.dbf

Variável analisada: **MACROPOROS**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	1	80.630004	80.630004	5.858	<b>0.0360</b>
erro 1	10	137.641342	13.764134		
PROFUNDIDA	1	585.785204	585.785204	40.672	<b>0.0001</b>
SUBSOLAGEM*PROFUNDID	1	2.190104	2.190104	0.152	0.7047
erro 2	10	144.025042	14.402504		
Total corrigido	23	950.271696			
CV 1 (%) =	26.85				
CV 2 (%) =	27.47				
Média geral:	13.8170833	Número de observações:	24		

Obs. Codificações usadas para as FV do quadro de ANAVA

1: SUBSOLAGEM  
 2: erro=REP(SUBSOLAGEM)  
 3: PROFUNDIDA  
 4: SUBSOLAGEM\*PROFUNDIDA  
 5: Fim

Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 3,37474727981864 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 1,07098607860026

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	11.984167	a1
2	<b>15.650000</b>	<b>a2</b>

Teste Tukey para a FV PROFUNDIDA

DMS: 3,45211942897545 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 1,09554036007605

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	8.876667	a1
1	<b>18.757500</b>	<b>a2</b>

## APÊNDICE 7

Porosidade em função do preparo do solo e da profundidade\*

Tratamento	Porosidade					
	Macroporos ( $m^3 m^{-3}$ )		Significância para Subsolagem	total ( $m^3 m^{-3}$ )		Significância para Subsolagem
	0 - 0,25 m	0,25 - 0,50 m		0 - 0,25 m	0,25 - 0,50 m	
Sem Subsolagem	0,172 bA	0,067 bB	0,119 b	0,379 bA	0,328 bB	0,354 b
Com Subsolagem	0,203 aA	0,109 aB	0,156 a	0,403 aA	0,353 aB	0,378 a
Significância para Profundidade	0,187 A	0,088 B		0,391 A	0,341 B	

Médias acompanhadas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

### APÊNDICE 8

Determinação da Condutividade Hidráulica de solo Saturado.

Carga (cm): **2**

Intervalo de leitura(min): **30** Altura do cilindro (cm): **4,9**

Data: **10/09/2006** Área do cilindro (cm<sup>2</sup>): **17,35**

**$\Delta\Psi/L: 1,408163$**

Amostra	Profundidade	Leitura (ml)							médias ml = cm <sup>3</sup>	média Tratam.	média Blocos	q cm/min	k <sub>0</sub> cm/hora	
		30 minutos	60	90	120	150	180	210						
N1C1	0 a 0,25	140	155	150	160	190	190	190	237,22		<b>0,36505</b>	<b>15,555</b>	22,444875	
	0,25 a 0,50	100	90	75	70	65	55	63,33	66,67		<b>0,12168</b>	<b>5,185</b>	5,2075748	
N1C2	0 - 30	310	340	330	345	325	270	255	283,33		<b>0,54438</b>	<b>23,195</b>		
	30 - 60	120	125	115	110	110	105	108,33			<b>0,20815</b>	<b>8,869</b>		
N1C3	0 a 0,25	305	310	350	295	250	235	230	238,33		<b>0,45792</b>	<b>19,511</b>		
	0,25 a 0,50	25	30	30	25	30	30	28,33		274,1667	<b>0,05444</b>	<b>2,320</b>		
N2C1	0 a 0,25	405	425	390	400	400	390	390	393,33	311,11	63,61111	<b>0,75573</b>	<b>32,201</b>	
	0,25 a 0,50	15	15	20	20	20	20	20	20	60,56		<b>0,03843</b>	<b>1,637</b>	
N2C2	0 a 0,25	355	355	320	330	305	260	235	266,67		<b>0,51236</b>	<b>21,831</b>		
	0,25 a 0,50	85	90	95	95	95	95	95	95		<b>0,18253</b>	<b>7,777</b>		
N2C3	0 a 0,25	295	325	300	285	265	270		273,33		<b>0,52517</b>	<b>22,377</b>		
	0,25 a 0,50	55	60	60	65	65	70		66,67		<b>0,12809</b>	<b>5,458</b>		
S1C1	0 a 0,25	460	510	480	615	670	615	565	616,67	382,22		<b>1,18483</b>	<b>50,484</b>	25,423881
	0,25 a 0,50	725	690	775	570	630	570		590	245,56		<b>1,13359</b>	<b>48,301</b>	16,32768
S1C2	0 a 0,25	345	350	315	345	340	320	290	316,67		<b>0,60842</b>	<b>25,924</b>		
	0,25 a 0,50	70	65	70	55	55	50		53,33		<b>0,10247</b>	<b>4,366</b>		
S1C3	0 a 0,25	230	230	225	225	225	210	205	213,33		<b>0,40989</b>	<b>17,465</b>		
	0,25 a 0,50	100	100	120	90	90	100		93,33	310,5556	<b>0,17933</b>	<b>7,641</b>		
S2C1	0 a 0,25	205	220	205	200	190	185		191,67	238,89	199,4444	<b>0,36826</b>	<b>15,691</b>	
	0,25 a 0,50	100	100	100	90	100	100		96,67	153,33		<b>0,18573</b>	<b>7,914</b>	
S2C2	0 a 0,25	300	305	255	270	245	220	205	223,33		<b>0,42910</b>	<b>18,283</b>		
	0,25 a 0,50	135	120	125	100	100	100		100		<b>0,19213</b>	<b>8,187</b>		
S2C3	0 a 0,25	305	315	300	345	265	295		301,67		<b>0,57960</b>	<b>24,696</b>		
	0,25 a 0,50	315	280	315	255	280	255		263,33		<b>0,50595</b>	<b>21,558</b>		

## APÊNDICE 9

### Análise de Variância:

Variável analisada: **CONDUT.HID**

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

-----  
TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA  
-----

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	1	298.172702	298.172702	1.359	0.2707
erro 1	10	2193.801266	219.380127		
PROFUNDIDA	1	1040.166667	1040.166667	42.864	0.0001
<b>SUBSOLAGEM*PROFUNDID</b>	1	99.421963	99.421963	4.097	<b>0.0705</b>
erro 2	10	242.665895	24.266589		
-----					
Total corrigido	23	3874.228492			
-----					
CV 1 (%) =	85.36				
CV 2 (%) =	28.39				
Média geral:	17.3510833	Número de observações:	24		

-----  
Teste Tukey para a **FV SUBSOLAGEM**  
-----

DMS: 13,4730353334201 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
Erro padrão: 4,27570780332853

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	13.826333	a1
2	<b>20.875833</b>	<b>a1</b>

-----  
Teste Tukey para a FV PROFUNDIDA  
-----

DMS: 4,48096115213528 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
Erro padrão: 1,42204633851675

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	10.767750	a1
1	<b>23.934417</b>	<b>a2</b>

Análise do desdobramento de SUBSOLAGEM dentro de cada nível de:

PROFUNDIDA

-----  
TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA  
-----

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	/1 1	26.620344	26.620344	1.097	0.3196
<b>SUBSOLAGEM</b>	<b>/2 1</b>	370.974320	370.974320	15.287	<b>0.0029</b>
Resíduo	10	242.665895	24.266589		

Codificação usada para o desdobramento

cod. PROFUNDIDA

1 = **1 0 a 25 cm**

2 = **2 25 a 50 cm**

Teste de Tukey para o

desdobramento de SUBSOLAGEM dentro da codificação:

1

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

-----  
Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM  
-----

DMS: 6,33703603381668 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 2,01107721825339

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1 Não sub	22.445000	a1
2 Subsól	25.423833	a1

Teste de Tukey para o  
 desdobramento de SUBSOLAGEM dentro da codificação:

**2 25 a 50 cm**

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 6,33703603381668 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 2,01107721825339

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	5.207667	a1
2 Subsól	<b>16.327833</b>	<b>a2</b>

#### Condutividade hidráulica de solo saturado a duas profundidades\*

Tratamento	Condutividade hidráulica		Significância para Subsólagem
	cm hora <sup>-1</sup>		
	0 - 0,25 m	0,25 - 0,50 m	
Sem Subsólagem	22,44 bA	5,20 bB	13,826 b
Com Subsólagem	25,42 bA	16,33 aB	20,876 b
Significância para Profundidade	23,93 A	10,767 B	

Médias seguidas de a e b nas colunas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de Probabilidade

**Médias seguidas de A e B nas linhas são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de Probabilidade**

## APÊNDICE 10

Valores de  $\theta_s$ ,  $\theta_{cc}$  e  $\theta_{PMP}$ , armazenamento de água e água disponível (AD) das camadas avaliadas.

(m)		umidade ( $m^3m^{-3}$ )			Armazenamento(mm)			AD( $m^3m^{-3}$ )
		$\theta_s$	$\theta_{CC}$	$\theta_{PMP}$	A <sub>25CC</sub>	A <sub>25PMP</sub>	AD	
0 a 0,25	Nc1.1	0,397	0,2134	0,1628	53,35	40,70	12,65	0,051
	Nc1.2	0,364	0,1995	0,1725	49,88	43,13	6,75	0,027
	Nc1.3	0,364	0,201	0,1735	50,25	43,38	6,88	0,028
	Sc1.1	0,354	0,1622	0,1397	40,55	34,93	5,63	0,023
	Sc1.2	0,362	0,1717	0,1269	42,93	31,73	11,20	0,045
	Sc1.3	0,421	0,2145	0,1634	53,63	40,85	12,78	0,051
0,25 a 0,50	Nc2.1	0,412	0,2349	0,1967	58,73	49,18	9,55	0,038
	Nc2.2							
	Nc2.3	0,406	0,2529	0,1993	63,23	49,83	13,40	0,054
	Sc2.1	0,261	0,2306	0,1975	57,65	49,38	8,28	0,033
	Sc2.2	0,286	0,2386	0,2042	59,65	51,05	8,60	0,034
	Sc2.3	0,468	0,2313	0,1843	57,83	46,08	11,75	0,047

Valores de  $\theta_s$ ,  $\theta_{cc}$  e  $\theta_{PMP}$ , armazenamento de água e água disponível (AD) dos tratamentos de preparo de solo a duas profundidades.

Profundidade (m)		umidade ( $m^3m^{-3}$ )			Armazenamento(mm)		
		$\theta_s$	$\theta_{CC}$	$\theta_{PMP}$	A <sub>LCC</sub>	A <sub>LPMP</sub>	AD
0 a 0,25	Nsub média	0,375	0,2046	0,1696	51,16 a B	42,40 a B	8,76 a A
0,25 a 0,50	Nsub média	0,402	0,2439	0,198	60,98 a A	49,50 a A	11,48 a A
0 a 0,25	Sub média	0,379	0,1828	0,1433	45,70 a B	35,83 b B	9,87 a A
0,25 a 0,50	Sub média	0,338	0,2335	0,1953	70,05 a A	48,83 b A	9,54 a A

Médias seguidas de a, b na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5% para subsolagem

Médias seguidas de A, B na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5% para profundidade

## APENDICE 11

Valores da Equação de Van Genuchten para ajuste da curva de retenção.

Amostra	profundidade	Tratamento	$\alpha$	$m$	$n$	$\theta_r$	$\theta_s$	$R^2$
C1	0 a 0,25	Nsub	87,82104	0,0856	1,09358	0,0766	0,397	0,99945
	0,25 a 0,50	Nsub	1,61299	0,2349	1,30709	0,1880	0,412	0,99967
C2	0 a 0,25	Nsub	0,11797	0,4430	1,79520	0,1728	0,364	0,99990
	0,25 a 0,50	Nsub						
C3	0 a 0,25	Nsub	0,08761	0,4634	1,86367	0,1729	0,365	0,99983
	0,25 a 0,50	Nsub	0,12999	0,3125	1,45464	0,1895	0,406	0,99329
S1	0 a 0,25	Sub	0,53012	0,3492	1,53668	0,1374	0,354	0,99962
	0,25 a 0,50	Sub	0,20711	0,0517	1,05447	0,0800	0,261	0,98720
S2	0 a 0,25	Sub	71,32540	0,1093	1,12275	0,0757	0,362	0,99976
	0,25 a 0,50	Sub	1,04955	0,0788	1,08558	0,1422	0,286	0,99867
S3	0 a 0,25	Sub	0,94985	0,2403	1,31630	0,1510	0,421	0,99994
	0,25 a 0,50	Sub	3,45506	0,2105	1,26665	0,1687	0,468	0,99987

Valores da Eq. de Van Genuchten para ajuste das curvas de retenção de água das médias dos tratamentos.

Amostra	profundidade	Tratamento	$A$	$M$	$n$	$\theta_r$	$\theta_s$	$R^2$
C1	0 a 0,25	Nsub	0,42707	0,3071	1,44304	0,1658	0,375	0,99993
	0,25 a 0,50	Nsub	0,28319	0,2895	1,40736	0,19001	0,409	0,99813
S1	0 a 0,25	Sub	1,97663	0,2281	1,29556	0,1319	0,379	0,99984
	0,25 a 0,50	Sub	6,18436	0,1132	1,12763	0,1527	0,338	0,99959

## APÊNDICE 12

### Análise de Variância:

Arquivo analisado:

E:\Mestrado\Armaz x Agua DispANAVAdesbal0,25.dbf

Variável analisada: AL\_CC

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	1	19.393939	19.393939	1.023	0.3690
erro 1	4	75.833333	18.958333		
PROFUNDIDA	1	336.027273	336.027273	25.959	0.0146
SUBSOLAGEM*PROFUNDID	1	24.639394	24.639394	1.903	0.2615
erro 2	3	38.833333	12.944444		
Total corrigido	10	494.727273			
CV 1 (%) =	8.13				
CV 2 (%) =	6.72				
Média geral:	53.5454545	Número de observações:	11		

Obs. Codificações usadas para as FV do quadro de ANAVA

Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 7,32033992371769 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 5,45454545454545

Erro padrão: 1,86432144343309

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	52.333333	a1
1	55.000000	a1

Teste Tukey para a FV PROFUNDIDA

DMS: 6,93325802740235 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 5,45454545454545

Erro padrão: 1,54050256349938

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	48.500000	a1
2	59.600000	a2

Arquivo analisado:

E:\Mestrado\Armaz x Agua DispANAVAdesbal0,25.dbf

Variável analisada: AL\_PMP

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	1	22.412121	22.412121	7.096	0.0562
erro 1	4	12.633333	3.158333		
PROFUNDIDA	1	263.712121	263.712121	17.503	0.0249
SUBSOLAGEM*PROFUNDID	1	38.587879	38.587879	2.561	0.2078
erro 2	3	45.200000	15.066667		
Total corrigido	10	382.545455			
CV 1 (%) =	4.07				
CV 2 (%) =	8.90				
Média geral:	43.6363636	Número de observações:		11	

Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 2,79882111636757 NMS: 0,06

Média harmonica do número de repetições (r): 5,45454545454545  
 Erro padrão: 0,760938747717435

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	42.333333	a1
1	45.200000	a2

Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 2,79882111636757 NMS: 0,06

Média harmonica do número de repetições (r): 5,45454545454545  
 Erro padrão: 0,760938747717435

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	42.333333	a1
1	45.200000	a2

Teste Tukey para a FV PROFUNDIDA

DMS: 7,48004559681054 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 5,45454545454545  
 Erro padrão: 1,66199344830905

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	39.166667	a1
2	49.000000	a2

Variável analisada: AGUA\_DISP.

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOLAGEM	1	0.052947	0.052947	0.005	0.9463
erro 1	4	41.211353	10.302838		
PROFUNDIDA	1	2.732730	2.732730	0.335	0.6034
SUBSOLAGEM*PROFUNDID	1	6.272807	6.272807	0.769	0.4451
erro 2	3	24.476363	8.158788		
Total corrigido	10	74.746200			
CV 1 (%) =	32.85				
CV 2 (%) =	29.24				
Média geral:	9.7700000	Número de observações:		11	

Teste Tukey para a FV SUBSOLAGEM

DMS: 5,39646808943074 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 5,45454545454545

Erro padrão: 1,37435573795304

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	9.706667	a1
1	9.846000	a1

Teste Tukey para a FV PROFUNDIDA

DMS: 5,50438082794297 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 5,45454545454545

Erro padrão: 1,22301993412179

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	9.315000	a1
2	10.316000	a1

## APÊNDICE 13

**Levantamento da Matéria Verde e Matéria Seca de *B.decumbens* x Subsolação - Corte de ajuste.**

		data base		29/8/2006		estufa de ventilação forçada, 65°C por 48 h						data base		29/8/2006		estufa de ventilação forçada, 65°C por 48 h					
Parcela	Tratamento	MV/m <sup>2</sup>	MV/ha.	MV	MS	MS	MS média	MS/ha.	Parcela	Tratamento	MV/m <sup>2</sup>	MV/ha.	MV	MS	MS	MS média	MS/ha.				
		gramas	kg	gramas	%			kg			gramas	kg	gramas	%			kg				
N sub 1	test.1	457,00	4.570	76,39	27,24	35,66	33,01	1.629,62	Sub 1	test.1	267,00	2.670	92,311	23,92	25,91	26,35	691,86				
	test.2	172,0	1.720	70,245	23,45	33,38		574,19		test.2	280,00	2.800	90,81	24,51	26,99		755,73				
	test.3	787,0	7.870	81,292	24,38	29,99		2.360,26		test.3	497,00	4.970	94,55	24,72	26,14		1.299,40				
	C 1	2.417,5	24.175	100,727	26,52	26,33	26,63	6.364,94		C 1	1.627,50	16.275	109,989	29,09	26,45	25,30	4.304,43				
	C 2	1.077,5	10.775	95,493	25,70	26,91		2.899,87		C 2	1.497,50	14.975	99,483	25,02	25,15		3.766,22				
	C 3	1.162,0	11.620	90,45	24,10	26,64		3.096,10		C 3	1.494,00	14.940	89,323	21,72	24,32		3.632,85				
	P 1	2.927,5	29.275	117,336	31,27	26,65	27,03	7.801,78		P 1	3.517,50	35.175	128,325	33,46	26,07	24,94	9.171,68				
	P 2	1.432,5	14.325	83,01	23,09	27,82		3.984,63		P 2	2.497,50	24.975	154,245	36,24	23,50		5.867,90				
	P 3	2.267,5	22.675	111,161	29,61	26,64		6.039,95		P 3	4.177,50	41.775	110,166	27,83	25,26		10.553,15				
	C + P 1	5.072,5	50.725	102,696	26,20	25,51	27,84	12.941,06		C + P 1	5.017,50	50.175	141,478	35,92	25,39	25,05	12.738,98				
C + P 2	2.717,5	27.175	106,266	32,80	30,87		8.387,82	C + P 2	3.182,50	31.825	128,78	30,57	23,74		7.554,67						
C + P 3	2.502,5	25.025	119,89	32,55	27,15		6.794,26	C + P 3	4.222,50	42.225	100,78	26,24	26,04		10.994,09						
N sub 2	test.1	1120	11.200	89,007	28,08	31,55	28,52	3.533,39	Sub 2	test.1	465	4.650	108,1	32,94	30,47	26,94	1.416,94				
	test.2	662,5	6.625	99,412	26,58	26,74		1.771,34		test.2	560,2	5.602	108,914	27,5	25,25		1.414,46				
	test.3	785	7.850	98,697	26,91	27,27		2.140,32		test.3	505,2	5.052	75,178	18,88	25,11		1.268,75				
	C 1	1567,5	15.675	133,77	38,57	28,83	28,50	4.519,58		C 1	1537,5	15.375	108,04	27,67	25,61	26,21	3.937,67				
	C 2	2060,7	20.607	97,955	27,23	27,80		5.728,43		C 2	1570,5	15.705	84,648	23,68	27,97		4.393,42				
	C 3	1387,5	13.875	111,997	32,34	28,88		4.006,51		C 3	1700	17.000	109,955	27,54	25,05		4.257,92				
	P 1	3522,5	35.225	116,052	28,54	24,59	25,96	8.662,68		P 1	3132,5	31.325	121,418	25,5	21,00	21,95	6.578,82				
	P 2	1857,5	18.575	119,618	32,73	27,36		5.082,51		P 2	2687,5	26.875	127,017	31,2	24,56		6.601,48				
	P 3	1932,5	19.325	99,37	25,75	25,91		5.007,74		P 3	3602,5	36.025	91,451	18,55	20,28		7.307,34				
	C + P 1	2604,5	26.045	98,346	30,19	30,70	26,24	7.995,23		C + P 1	3805,5	38.055	111,273	26,8	24,08	26,47	9.165,51				
C + P 2	1879,5	18.795	124,515	26,03	20,91		3.929,12	C + P 2	3142,5	31.425	119,279	38,96	32,66		10.264,32						
C + P 3	2105,5	21.055	101,847	27,63	27,13		5.712,00	C + P 3	3125,8	31.258	150,273	34,06	22,67		7.084,76						

## APÊNDICE 14

### Análises de Variância para Cortes (kg de Matéria Verde/ha):

Arquivo analisado:

C:\Análises\Ufba\enoque\2c.dbf **1ºCORTE**

Variável analisada: MV

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOL	1	425127552.083333	425127552.083333	17.518	<b>0.0019</b>
erro 1	10	242680104.166667	24268010.416667		
CORREC	3	73880156.250000	24626718.750000	5.929	<b>0.0026</b>
SUBSOL*CORREC	3	37871822.916667	12623940.972222	3.039	<b>0.0442</b>
erro 2	30	124611145.833333	4153704.861111		
Total corrigido	47	904170781.250000			
CV 1 (%) =		88.22			
<b>CV 2 (%) =</b>		<b>36.50</b>			
Média geral:	5584.3750000		Número de observações:	48	

#### Teste Tukey para a FV SUBSOL

DMS: 3168.61078313276 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 24  
 Erro padrão: 1005.5680487637

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2608.333333	a1
2	<b>8560.416667</b>	<b>a2</b>

#### Teste Tukey para a FV CORREC

DMS: 2263.29575167049 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 588.338399018166

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	3675.000000	a1
1	5504.166667	a1 a2
3	6066.666667	a2
2	7091.666667	a2

-----  
 Análise do desdobramento de CORREC dentro de cada nível de:

SUBSOL  
 -----

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CORREC	/1 3	3344166.666667	1114722.222222	0.268	0.8472
CORREC	/2 3	108407812.500000	36135937.500000	8.700	<b>0.0003</b>
Resíduo	30	124611145.833333	4153704.861111		

Codificação usada para o desdobramento

cod. SUBSOL

1 = 1

2 = 2

Teste de Tukey para o  
 desdobramento de CORREC dentro da codificação:

1

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

-----  
 Teste Tukey para a **FV CORREC**  
 -----

DMS: 3200.78354767382 NMS: 0.05  
 -----

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 832.036143156365  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	2066.666667	a1
3	2575.000000	a1
1	2675.000000	a1
2	3116.666667	a1

Teste de Tukey para o  
 desdobramento de CORREC dentro da codificação:

2

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

-----  
 Teste Tukey para a FV CORREC  
 -----

DMS: 3200.78354767382 NMS: 0.05  
 -----

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 832.036143156365  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	5283.333333	a1
1	8333.333333	a1 <b>a2</b>
3	<b>9558.333333</b>	<b>a2</b>
2	<b>11066.666667</b>	<b>a2</b>

Análise do desdobramento de SUBSOL dentro de cada nível de:

CORREC

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOL	/1	1	31040833.333333	31040833.333333	2.184 0.1616
SUBSOL	/2	1	96050208.333333	96050208.333333	6.759 0.0210
SUBSOL	/3	1	189607500.000000	189607500.000000	13.342 0.0026
SUBSOL	/4	1	146300833.333333	146300833.333333	10.295 0.0063
Resíduo		14	198952006.944444	14210857.638889	

Codificação usada para o desdobramento

cod. CORREC

1 = 0

2 = 1

3 = 2

4 = 3

Teste de Tukey para o

desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:

1

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a **FV SUBSOL**

DMS: 4668.03005363656 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 1538.98546879045

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2066.666667	a1
2	5283.333333	a1

Teste de Tukey para o

desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:

2

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a **FV SUBSOL**

DMS: 4668.03005363656 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 1538.98546879045

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2675.000000	a1
2	8333.333333	a2

Teste de Tukey para o

desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:

3

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a FV SUBSOL

DMS: 4668.03005363656 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 1538.98546879045

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	3116.666667	a1
2	11066.666667	a2

Teste de Tukey para o  
 desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:  
 4

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a FV SUBSOL

DMS: 4668.03005363656 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 1538.98546879045

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2575.000000	a1
2	9558.333333	a2

Arquivo analisado:

C:\Análises\Ufba\enoque\3c.dbf **2ºCORTE**

Variável analisada: MV

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOL	1	170818802.083333	170818802.083333	40.574	0.0001
erro 1	10	42101020.833333	4210102.083333		
CORREC	3	42440972.916667	14146990.972222	3.309	0.0333
SUBSOL*CORREC	3	8764072.916667	2921357.638889	0.683	<b>0.5692</b>
erro 2	30	128250929.166667	4275030.972222		
Total corrigido	47	392375797.916667			
CV 1 (%) =		39.57			
CV 2 (%) =		39.88			
Média geral:	5185.2083333		Número de observações:	48	

Teste Tukey para a FV SUBSOL

DMS: 1319.76960675776 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 24  
 Erro padrão: 418.832806903768

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	3298.750000	a1
2	<b>7071.666667</b>	<b>a2</b>

Teste Tukey para a **FV CORREC**

DMS: 2296.11229230772 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 596.868981451138

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	3850.833333	a1
1	4761.666667	a1 a2
2	5938.333333	a1 a2
3	6190.000000	a2

Análise do desdobramento de CORREC dentro de cada nível de:

SUBSOL

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CORREC	/1 3	9139779.166667	3046593.055556	0.713	0.5507
CORREC	/2 3	42065266.666667	14021755.555556	3.280	0.0339
Resíduo	30	128250929.166667	4275030.972222		

Codificação usada para o desdobramento

cod. SUBSOL

1 = 1

2 = 2

Teste de Tukey para o

desdobramento de CORREC dentro da codificação:

1

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a **FV CORREC**

DMS: 3247.19314451315 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 844.100208528014

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	2578.333333	a1
1	2933.333333	a1
2	3466.666667	a1
3	4216.666667	a1

Teste de Tukey para o

desdobramento de CORREC dentro da codificação:

2

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a **FV CORREC**

DMS: 3247.19314451315 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 844.100208528014

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	5123.333333	a1
1	6590.000000	a1 a2
3	8163.333333	a1 a2
2	8410.000000	a2

Análise do desdobramento de SUBSOL dentro de cada nível de:

CORREC

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SUBSOL	/1 1	19431075.000000	19431075.000000	4.580	<b>0.0406</b>
SUBSOL	/2 1	40113633.333333	40113633.333333	9.455	0.0045
SUBSOL	/3 1	73309633.333333	73309633.333333	17.280	0.0002
SUBSOL	/4 1	46728533.333333	46728533.333333	11.014	0.0024
Resíduo	30	127276995.833333	4242566.527778		

Codificação usada para o desdobramento

cod. CORREC

1 = 0

2 = 1

3 = 2

4 = 3

Teste de Tukey para o

desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:

1

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a **FV SUBSOL**

DMS: 2428.66371057603 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 840.889065986885

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2578.333333	a1
2	<b>5123.333333</b>	<b>a2</b>

Teste de Tukey para o

desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:

2

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a FV SUBSOL

DMS: 2428.66371057603 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 840.889065986885

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	2933.333333	a1
2	<b>6590.000000</b>	<b>a2</b>

Teste de Tukey para o

desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:

3

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a FV SUBSOL

DMS: 2428.66371057603 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 840.889065986885

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	3466.666667	a1
2	<b>8410.000000</b>	<b>a2</b>

Teste de Tukey para o  
 desdobramento de SUBSOL dentro da codificação:  
 4

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

Teste Tukey para a FV SUBSOL

DMS: 2428.66371057603 NMS: 0.05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 840.889065986885

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	4216.666667	a1
2	<b>8163.333333</b>	<b>a2</b>

## APÊNDICE 15



Figura 1-Conjunto de prancha de pregos



Figura 2 – Monólitos A e B, subparcelas C Sub e test Não sub respectivamente, depois de saturadas por 48 horas. Prancha de pregos C (test Não Sub) mostrando camada coesa.

## APÊNDICE 16

Distribuição massal de raízes de *Brachiaria decumbens* sob dois tipos de preparo de solo e quatro correções químicas

Tratamento	Profundidade	Raízes		Massa de Raízes m <sup>3</sup> de solo		Raízes em % por camada	
		Não Sub	Sub	Não Sub	Sub	Não Sub	Sub
		gramas		kg m <sup>3</sup>		%	
t	0 a 0,25 m	12,12	26,3	0,8080	1,7533	75,6	77,3
	0,25 a 0,50 m	3,15	4,56	0,2100	0,3040	19,6	13,4
	> 0,50 m	0,77	3,17	0,0489	0,2014	4,8	9,3
	Perfil total	16,04	34,03	<b>0,3398</b>	<b>0,7210</b>	100,0	100,0
C	0 a 0,25 m	21,09	21,06	1,4060	1,4040	69,6	73,5
	0,25 a 0,50 m	5,7	6,17	0,3800	0,4113	18,8	21,5
	> 0,50 m	3,53	1,43	0,2243	0,0909	11,6	5,0
	Perfil total	30,32	28,66	<b>0,6424</b>	<b>0,6072</b>	100,0	100,0
P	0 a 0,25 m	45,10	65,14	3,0067	4,3427	84,0	83,1
	0,25 a 0,50 m	6,21	11,54	0,4140	0,7693	11,6	14,7
	> 0,50 m	2,36	1,75	0,1499	0,1112	4,4	2,2
	Perfil total	53,67	78,43	<b>1,1371</b>	<b>1,6617</b>	100,0	100,0
C+P	0 a 0,25 m	20,43	35,26	1,3620	2,3507	64,3	76,9
	0,25 a 0,50 m	9,14	8,75	0,6093	0,5833	28,8	19,1
	> 0,50 m	2,21	1,82	0,1404	0,1156	7,0	4,0
	Perfil total	31,78	45,83	<b>0,6733</b>	<b>0,9710</b>	100,0	100,0