

Viabilidade Agrônômico-Econômico-Ambiental de Fontes e Doses de Fósforo para a Produção Integrada de Sistema Agropecuário nos Campos Gerais do Paraná: Estudo da Nutrição das Plantas

RELATÓRIO DO ANO DE 2009

**PROJETO DE PESQUISA – PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA ENTRE AS
SEGUINTE INSTITUIÇÕES:**

- **Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)**
- **Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária (Fundação ABC)**
- **Fertilizantes Mitsui S.A.**
- **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**

ADRIEL FERREIRA DA FONSECA
(Coordenador)

Professor Adjunto
Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Dezembro – 2009

1. RESUMO

O objetivo principal do presente projeto consiste em avaliar os efeitos de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) e fontes (solúvel e insolúvel em água) de fertilizantes fosfatados sobre a qualidade do solo, a nutrição mineral, o rendimento de forragem, grãos e carne na produção integrada de sistema agropecuário. Avaliações no sistema solo-planta serão realizadas visando ao alcance dos seguintes objetivos específicos: (i) quantificar o impacto de doses e fontes de P [superfosfato triplo (SFT), termofosfato magnesiano (TFM) e fosfato natural reativo (FNR) Arad] sobre os principais atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo; (ii) testar quatro extratores (Mehlich-1, Mehlich-3, Morgan modificado e resina de troca iônica) de fósforo (P) e verificar qual o melhor procedimento para avaliar a biodisponibilidade deste nutriente para a produção integrada de sistema agropecuário, nos Campos Gerais do Paraná; (iii) estimar os estoques de carbono total e nitrogênio total; cálcio, magnésio e potássio trocáveis; P e enxofre disponíveis devido à aplicação de doses e fontes de fertilizantes fosfatados; (iv) monitorar o estado nutricional, o acúmulo de macronutrientes na parte aérea e o rendimento de grãos das culturas de milho e soja, considerando as doses e fontes de P aplicadas no outono-inverno e a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (dose mais empregada deste nutriente pelos agricultores na região) nas formas de SFT, FNR e TFM, por ocasião da semeadura da safra de verão; (v) avaliar o rendimento de massa seca da pastagem de aveia preta e azevém anual e ainda, estimar o ganho de peso dos animais (bovinos de corte) e os macronutrientes exportados e reciclados na integração lavoura-pecuária (ILP); (vi) estabelecer correlações entre a quantidade de carbono sequestrado e os estoques de nutrientes minerais, atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo; (vii) selecionar, mediante análise de componentes principais, os atributos “chave” que controlam a qualidade do solo, estabelecendo relações com a nutrição e o rendimento das culturas e o retorno financeiro (produção de grãos + carne) da cada tratamento; (viii) mediante uso de programação linear, verificar a(s) melhor(es) fonte(s) e dose(s) de P para a ILP no sistema plantio direto (SPD).

2. ABSTRACT

The main purpose of the present project is measurement the effects of phosphorus (P) doses (0, 60, 120 e 180 kg total P₂O₅ ha⁻¹) and sources (water-soluble and water-insoluble P) on soil quality, mineral nutrition, forage, grains and meat yields in a crop-livestock integration system under no-tillage. Evaluation in the soil-plant system will be necessary to aim the following specific objectives: (i) to quantify the impact of P doses and sources [triple superphosphate (TSP), magnesium termophosphate (MTP) and Arad reactive rock phosphate (RP)] on most important soil chemical, physical and microbiological attributes; (ii) to test four extractants (Mehlich-1, Mehlich-3, modified Morgan and ion-exchange resin) and identify the most sustainable procedure to predict the soil P bioavailability for crop-livestock integration system in Campos Gerais region, Paraná State; (iii) to estimate the stocks of total carbon and total nitrogen; exchangeable calcium, magnesium and potassium; available P and sulfur after application of P fertilizer doses and sources; (iv) to assay the effects of anticipated (in autumn-fall) P fertilizer doses and sources compared to farmer conventional fertilization (application of 90 kg total P₂O₅ ha⁻¹ as TSP or MTP or RP in spring-summer) on plant nutrition status, accumulated macronutrients in aerial part of the plants, and maize and soybean grain yields; (v) to measure dry matter yield of black oak and annual ryegrass pastures; to estimate weight gain of cattle, and exported and recycled macronutrients in a crop-livestock integration system; (vi) to found correlations between carbon sequestration and mineral nutrients stocks, chemical, physical and microbiological soil attributes; (vii) to select after principal component analysis the key attributes that control soil quality, establishing

relationships with nutrition and yield plant and financial return (grains + meat production) for each treatment; (viii) to verify after linear programming the best source and dose of P for crop-livestock integration under no-tillage in Campos Gerais region.

3. INTRODUÇÃO

Neste primeiro relatório são apresentadas as atividades desenvolvidas pela nossa equipe de trabalho junto ao projeto intitulado “Viabilidade Agrônomo-Econômico-Ambiental de Fontes e Doses de Fósforo para a Produção Integrada de Sistema Agropecuário nos Campos Gerais do Paraná: Estudo da Nutrição das Plantas”, no período compreendido entre abril e novembro de 2009. Este período foi destinado ao cultivo de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) para pastejo animal (bovinocultura de corte) e produção de fitomassa para viabilizar a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em sistema plantio direto (SPD).

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PERÍODO

4.1. ATIVIDADES DE CAMPO

4.1.1. Descrição da área, delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado na Fazenda Capão do Cipó (latitude: 24°51'49"; longitude: 49°56'61"; altitude média: 1.020 m), no município de Castro (PR). De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático predominante no município de Castro é o Cfb – clima temperado, caracterizado por apresentar temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 2009a).

O solo da área experimental é um Cambissolo Háplico manejado no SPD há cinco anos. O histórico dessa área inclui os seguintes cultivos: aveia preta (2004)/milho (2004-05), azevém anual (2005)/soja (2005-06), trigo (2006)/soja (2006-07), aveia preta (2007)/milho (2007-08) e azevém anual (2008)/soja (2008-09). A instalação do experimento ocorreu em abril/2009, após a colheita da soja e antes da semeadura da pastagem de aveia preta.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso com quatro repetições e 13 tratamentos, a saber: *Tratamento 1* (T1) – sem aplicação de P (controle absoluto); *Tratamento 2* (T2) – aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de SFT, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 3* (T3) – aplicação de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de SFT, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 4* (T4) – aplicação de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de SFT, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 5* (T5) – aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de FNR, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 6* (T6) – aplicação de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de FNR, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 7* (T7) – aplicação de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de FNR, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 8* (T8) – aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de TFM, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 9* (T9) – aplicação de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de TFM, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 10* (T10) – aplicação de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de TFM, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; *Tratamento 11* (T11) – aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de SFT, por ocasião da semeadura da semeadura da cultura de primavera-verão (controle regional); *Tratamento 12* (T12) – aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de FNR, por ocasião da semeadura da semeadura da cultura de primavera-

verão; *Tratamento 13* (T13) – aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de TFM, por ocasião da semeadura da cultura de primavera-verão. Na Figura 1 podem ser vistos detalhes sobre a área experimento (3,17 ha) e a disposição aleatória dos tratamentos T1-T13 no campo, por ocasião da implantação do projeto.

Cada parcela apresenta área total de 425 m² área (17 x 25 m). Desprezando-se 2,0 m de bordadura, cada unidade experimental possui área útil de 273 m².

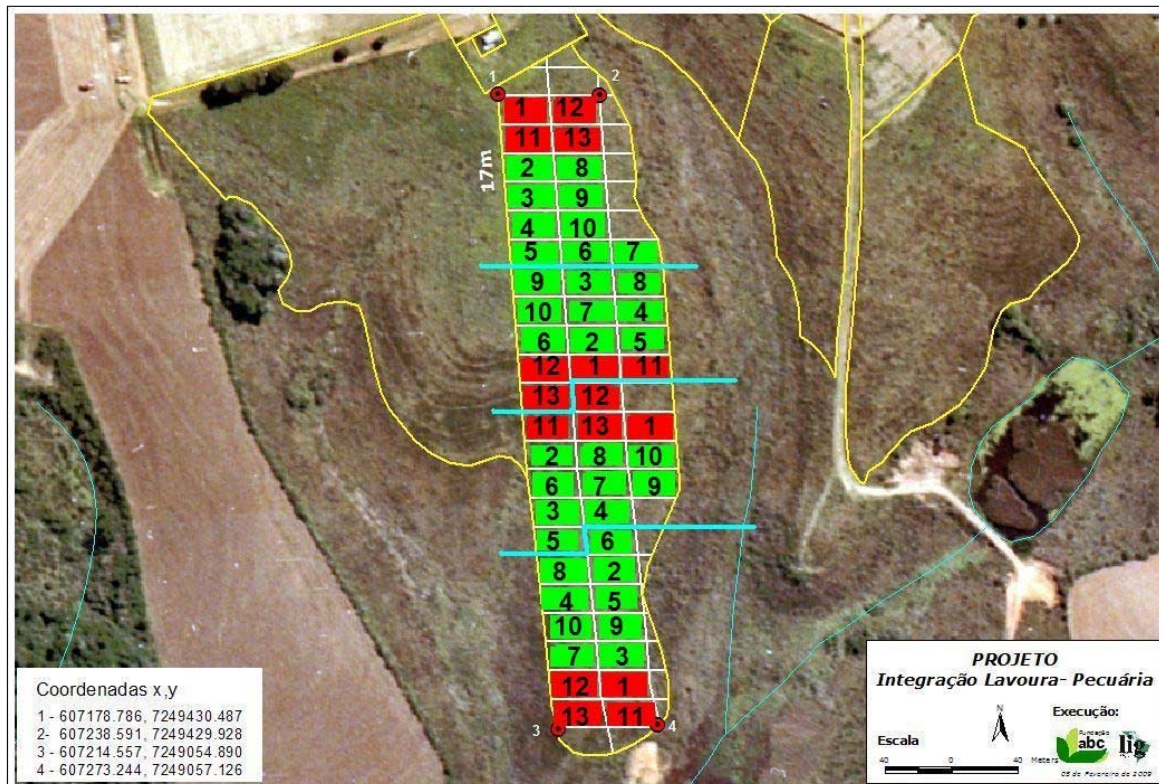


Figura 1. Área experimental localizada na Fazenda Capão do Cipó, município de Castro (PR), disposição aleatória dos tratamentos T1-T13 e complexidade do projeto que vem sendo conduzido em parceria com a Fundação ABC.

4.1.2. Cultivo da aveia preta

Após a colheita da soja (2008-09), procedeu-se a aplicação dos fertilizantes fosfatados em área total (tratamentos T2-T10) e a semeadura da aveia preta (cv. IAPAR 61 Ibiporã). Essa forrageira foi semeada no dia 28 de abril de 2009, utilizando-se espaçamento de 17 cm entre as linhas e densidade de 500-600 sementes (puras viáveis) m⁻². Por ocasião da semeadura da aveia preta foram aplicados 31,5 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e 31,5 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio (KCl).

A emergência das plântulas ocorreu aos sete dias após a semeadura. A adubação de cobertura foi realizada aos 21 dias após a emergência (DAE), empregando-se 45 kg ha⁻¹ de N [na forma de uréia – CO(NH₂)₂]. O controle de plantas daninhas foi realizado aos 28 DAE, mediante o uso de 3 g i.a. ha⁻¹ de metsulfurom metílico

O sistema de manejo de pastagem adotado foi o rotacionado, sendo que os animais iniciavam e terminavam o ciclo de pastejo quando a aveia preta apresentava 25-30 e 10-15 cm de altura, respectivamente. A área experimental foi dividida em quatro piquetes (Figura 1)

com cerca elétrica (Figura 2) e procedeu-se o pastejo animal aos 55 (29/junho/2009) e 85 (29/julho/2009) DAE da aveia preta. Em cada ciclo de pastejo, os animais permaneceram na área durante 3-4 dias. O tempo necessário para a realização do primeiro pastejo foi relativamente longo devido à ocorrência de déficit hídrico. Posteriormente, as chuvas ocorreram normalmente.

Depois do último pastejo, foi deixado um período de 21 dias para recuperação da forrageira e produção de fitomassa para manutenção do SPD. O manejo da fitomassa foi realizado no dia 19 de agosto de 2009, utilizando-se 980 g i.a. ha⁻¹ de glyfosate.

4.1.3. Cultivo do milho

A semeadura do milho híbrido simples Pioneer 30F53 foi realizada aos 37 dias após o manejo da aveia preta. Foi empregado espaçamento entrelinhas de 80 cm, densidade de 6,0 sementes m⁻¹ e adubação de base com 45 kg ha⁻¹ de N (na forma de uréia). Os tratamentos T2-T10 receberam fertilização fosfatada antecipada, mas os tratamentos T11, T12 e T13 receberam 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de SFT, FNR e TFM, respectivamente, por ocasião da semeadura do milho. Todos os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo, sobre a palhada da cultura anterior.





Figura 2. Manejo animal em área de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto, Fazenda Capão do Cipó, município de Castro (PR). A: detalhe mostrando a cultura da aveia preta (cv. IAPAR 61 Ibiporã) antes e após o pastejo animal, separado apenas por cerca elétrica de um fio. B: bovinos de corte das raças Canchim, Canchim X Angus e Simental X Brangus realizando o pastejo aos 55 dias após a emergência da aveia preta.

O tratamento de sementes de milho foi realizado com os inseticidas imidacloprido e tiodicarbe nas doses de 45 e 135 g i.a. para 60000 sementes, respectivamente. Imediatamente após a semeadura do milho, procedeu-se a aplicação dos herbicidas paraquat e diuron nas doses de 300 e 150 g i.a. ha⁻¹, respectivamente.

A emergência das plântulas de milho ocorreu no dia 02 de outubro de 2009, sete dias após a semeadura. Aos 15 DAE foi realizada a medição do stand e a fertilização de cobertura. Foi observada uma população de 66745 plantas ha⁻¹ e aplicados 75 kg ha⁻¹ de N (na forma de uréia) e 75 kg ha⁻¹ de K₂O (na forma de KCl). O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado aos 12 e 26 DAE, utilizando-se tembotriona (50,4 g i.a. ha⁻¹) e atrazina (800 g i.a. ha⁻¹). O controle de insetos foi realizado mediante aplicações de teflubenzuron (22,5 g i.a. ha⁻¹), aos 12 e 26 DAE e espinosade (38.4 g i.a. ha⁻¹), aos 44 DAE. O controle de doenças fúngicas foi realizado aos 44 DAE, mediante o uso de azoxistrobina (70 g i.a. ha⁻¹) e ciproconazol (28 g i.a. ha⁻¹).

As condições climáticas desde a emergência do milho foram (e estão sendo) consideradas propícias para o adequado crescimento e desenvolvimento da cultura. Uma vista geral do experimento e dos tratamentos T1-T13 podem ser observados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. Espera-se que o florescimento da cultura ocorra na última semana de dezembro/2009 ou primeira semana de janeiro/2010 e a colheita, no final de fevereiro/2010 ou início de março/2010.



Figura 3. Vista geral do experimento aos 60 dias após a emergência do milho híbrido simples Pioneer 30F53, Fazenda Capão do Cipó, município de Castro (PR).



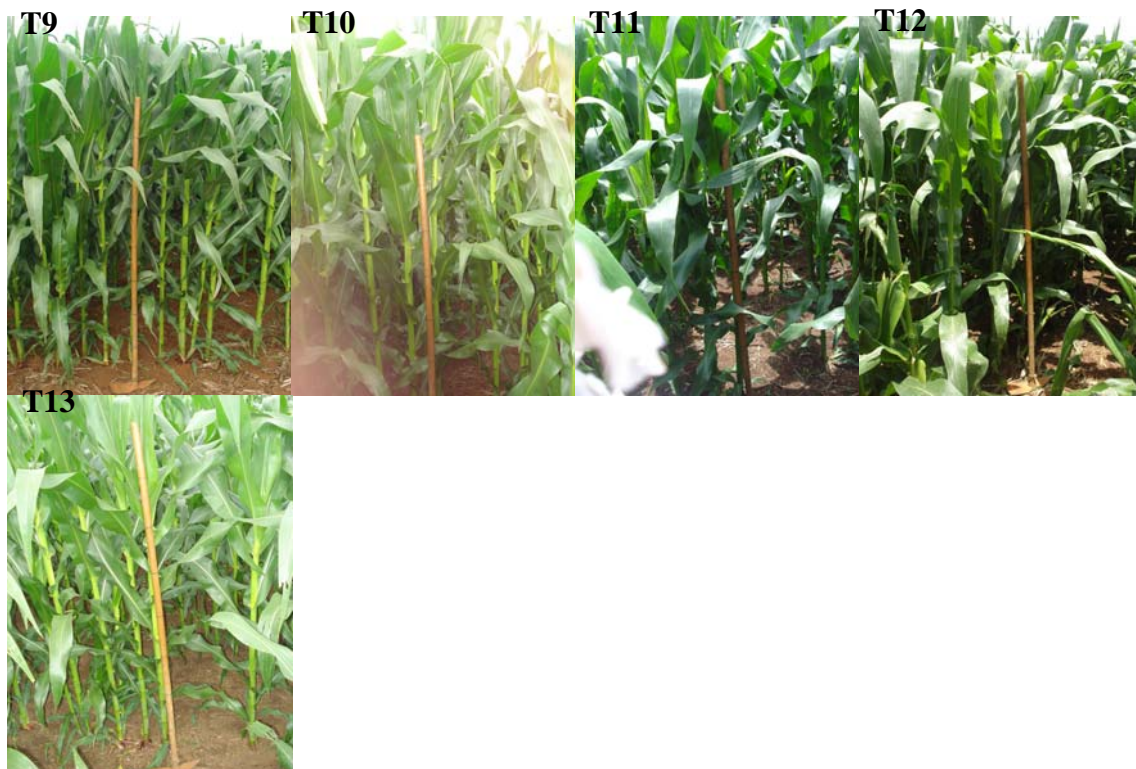


Figura 4. Fotos de plantas dos tratamentos T1-T13 aos 60 dias após a emergência do milho híbrido simples Pioneer 30F53, Fazenda Capão do Cipó, município de Castro (PR).

4.1.4. Coleta e preparo das amostras de solo

Por ocasião da instalação do experimento (abril/2009), foram coletadas amostras compostas de solo das camadas 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm, mediante uso de trado calador, retirando-se 12 amostras simples para formar uma amostra composta. Depois de secas em estufa com circulação forçada de ar a 40°C, as amostras de solo foram destorroadas, moídas e peneiradas em peneira de malha de 2,0 mm, sendo então chamadas de terra fina seca em estufa (TFSE).

Nessa ocasião também foram retiradas, mediante o uso de trado de caneco, 10 subamostras por parcela para compor uma amostra composta, visando à determinação dos atributos microbiológicos do solo. Essas amostras foram mantidas em refrigeração a 4,0°C e encaminhadas para a realização das determinações analíticas no laboratório.

Amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas (seis repetições) em anéis cilíndricos de aço inox com volume de 100 cm³ no centro das camadas de 0-10 e 10-20 cm. Devido à baixa umidade existente no solo no mês de abril/2009, esse procedimento de amostragem foi realizado no mês de maio/2009, em condições de umidade adequada à amostragem, antes do primeiro pastejo animal. Depois de coletadas, as amostras foram acondicionadas em filme plástico e mantidas a temperatura de aproximadamente 5°C até serem processadas.

Com o auxílio de uma pá também foram coletados (na camada 0-15 cm de cada parcela) dois blocos indeformados de solo (15 x 20 x 15 cm) para a determinação visual da qualidade da estrutura do solo. O solo restante dos blocos foi embalado em sacos plásticos, identificado e encaminhado para o laboratório, visando proceder ao destorroamento manual de seus agregados naturais e, posteriormente, a secagem ao ar e em estufa por 48 horas a

40°C. Agregados com diâmetro médio de 15,75 mm serão selecionados com o auxílio de duas peneiras de malha quadrada de 12,5 e 19 mm.

Foram realizadas (ao acaso), em cada parcela, dez leituras de resistência do solo à penetração de raízes, mediante o uso de medidor eletrônico de compactação do solo (penetroLOG). Também foram determinadas as umidades volumétricas nos pontos onde foram realizadas as leituras da resistência do solo, mediante o emprego de reflectometria no domínio do tempo (TDR) com sonda de duas hastes (comprimento de haste de 20 cm).

4.1.5. Coleta e preparo das amostras de plantas

Foram avaliadas as quantidades de fitomassa e nutrientes acumulados na parte aérea das plantas de aveia preta nas ocasiões de entrada e saída dos animais. Essas avaliações foram realizadas mediante amostragem aleatória de 1,0 m² por parcela, quantificação da massa verde e coleta de uma subamostra para proceder às determinações de umidade, massa seca e concentração de nutrientes.

Depois de retiradas, as subamostras foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório para procedimentos de lavagem, secagem, moagem e determinações analíticas. As amostras foram lavadas em água deionizada, secas em estufa a 65°C com circulação forçada de ar até atingir massa constante, moídas em moinho tipo “Wiley” equipado com malha de 0,85 mm e armazenadas em recipientes plásticos tampados até a realização das análises químicas.

4.2. ATIVIDADES LABORATORIAIS

4.2.1. Análises mineralógicas das amostras de solo

Para fins de melhor caracterização da área experimental, estão sendo feitas investigações mineralógicas do solo a partir de amostras TFSE (amostras totais em pó e orientadas da fração argila separada), mediante o emprego de difratometria de raios-X (DRX). Após as análises das amostras em pó, visando caracterizar os minerais das diferentes frações granulométricas (areia, silte e argila), as amostras de TFSE serão submetidas a diferentes procedimentos: (i) remoção da matéria orgânica (com H₂O₂ 30% em placa aquecida a 70°C); (ii) remoção dos óxidos de Fe (por ditionito-bicarbonato-citrato) e (iii) separações das frações areia, silte e argila. Amostras separadas da fração argila natural (sem tratamento) e saturada (com K e com Mg) serão submetidas à DRX. Adicionalmente, as amostras saturadas com K e com Mg receberão tratamentos térmicos (110°, 350° e 550°C) e etilenoglicol, respectivamente. As amostras das frações areia e silte serão posteriormente analisadas por DRX. A partir do espaçamento interplanar dos minerais, fornecido pelos difratogramas, será determinada a composição mineralógica das amostras (Embrapa, 1997).

Maiores informações sobre a mineralogia e classificação desse solo estão sendo levantadas e serão apresentadas no próximo relatório. Ainda, todos os atributos mineralógicos do solo estão sendo (e serão) determinados no Laboratório Multiusuário da UEPG.

4.2.2. Análises químicas das amostras de solo

Amostras de TFSE foram analisadas visando determinar os seguintes atributos: (i) acidez ativa (pH) por potenciometria em solução de cloreto de cálcio (CaCl₂) 0,01 mol L⁻¹; (ii) acidez potencial (H + Al) por potenciometria em solução tampão SMP; (iii) acidez trocável (Al trocável), Ca e Mg trocáveis em extratos de terra obtidos com solução de KCl 1,0 mol L⁻¹, sendo as concentrações de Al trocável determinadas por titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) 0,025 mol L⁻¹ e as concentrações de Ca e Mg por

espectrofotometria de absorção atômica com atomização em chama (EAA-chama); (iv) K e P em extratos de terra obtidos com solução de Mehlich-1 [ácido clorídrico (HCl) 0,05 mol L⁻¹ + ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,0125 mol L⁻¹] e leitura por espectrofotometria de emissão em chama (EEC) para K e por espectrofotometria de absorção molecular (EAM) para P; (v) S-SO₄²⁻ extraído com solução de acetato de amônio 0,5 mol L⁻¹ em ácido acético 0,25 mol L⁻¹ e leitura por turbidimetria; (vi) determinação de carbono total (CT), pelo método Walkley-Black, e de nitrogênio total (NT), mediante digestão sulfúrica e quantificação pelo método semi-micro-Kjeldahl. Com exceção das determinações de CT, NT e S-SO₄²⁻, todas as demais estão sendo (e serão) realizadas conforme os procedimentos sugeridos por Pavan et al. (1992). As determinações de CT e NT serão realizadas conforme Cantarella et al. (2001) e Cantarella & Trivelin (2001), respectivamente. As determinações de S-SO₄²⁻ serão realizadas conforme Vitti & Suzuki (1978).

Todas as determinações dos atributos químicos do solo estão sendo (e serão) realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UEPG.

4.2.3. Análises físicas das amostras de solo

A partir da TFSA procedeu-se à análise granulométrica, mediante o emprego do método da pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de baixa rotação por 16 horas, conforme Embrapa (1997).

As amostras indeformadas, após a toaleta, foram lentamente umedecidas por elevação gradual de uma lâmina de água até a completa saturação das mesmas e procedeu-se a determinação do volume total de poros, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo. O volume total de poros foi determinado pela expressão preconizada por Danielson & Sutherland (1986). A distribuição de poros por tamanho (macro e microporosidade) foi determinada nas amostras com estrutura indeformada, utilizando-se tensão de 5,88 kPa, conforme (Grohmann, 1960). Na seqüência, as amostras indeformadas foram secas a 105°C durante 24 horas e procedeu-se a determinação da densidade do solo, conforme Blake & Hartge (1986).

Nos agregados (60 por bloco) selecionados estão sendo realizadas as medidas de resistência tênsil (RT). Cada agregado está sendo pesado individualmente, para a determinação da umidade gravimétrica e, em seguida, submetido a um teste de tensão indireta, para a determinação da RT. Para medir a tensão dos agregados, será utilizado um dinamômetro digital eletrônico de precisão, composto por célula de carga de pressão máxima de 0,20 kPa e conectado a um microcomputador para a aquisição e armazenamento dos dados. A resistência tênsil será medida utilizando-se o procedimento descrito por Imhoff et al. (2002) e testado por Giarola et al. (2003).

Todas as determinações laboratoriais dos atributos físicos do solo foram (e estão sendo) realizadas no Laboratório de Física do Solo da UEPG.

4.2.4. Análises microbiológicas das amostras de solo

Para a análise da respirometria, foram incubados 100 g de cada amostra em frascos hermeticamente fechados contendo 20 mL de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ em bquer para capturar o dióxido de carbono (CO₂) liberado. As amostras tiveram suas respectivas concentrações de água ajustadas para 60% da máxima capacidade de retenção de água (CRA). A quantificação do CO₂ foi feita por titulometria da solução de NaOH remanescente com solução de HCl 0,5 mol L⁻¹, em períodos estabelecidos durante oito dias (Alef, 1995).

A biomassa microbiana de carbono (BMC) foi estimada pelo método da fumigação-extração (Vance et al., 1987). Duas alíquotas de 25 g de solo foram pesadas e uma delas

fumigada por 24 horas a 25°C com clorofórmio livre de etanol, após correção da umidade das amostras para 60% da máxima CRA. Após 24 horas de fumigação, foi realizada a extração com solução de sulfato de potássio 0,5 mol L⁻¹ e filtração. O carbono orgânico no extrato das duas alíquotas de solo foi quantificado pela oxidação com solução de dicromato de potássio e titulação do remanescente com sulfato ferroso amoniacal (Anderson & Ingram, 1993). A BMC foi calculada com base na diferença entre o C da amostra fumigada e o da amostra não fumigada, utilizando-se um fator KC = 0,33. O coeficiente metabólico (qCO_2) (Anderson & Domsch, 1993) será calculado pela razão entre a quantidade de CO₂ desprendida em 24 horas e a biomassa microbiana.

As atividades das fosfatases ácida e alcalina estão sendo avaliadas com base na hidrólise da solução *p*-nitrofenil fosfato 0,05 mol L⁻¹ como substrato (Tabatabai e Bremner, 1969), sendo as amostras de solo incubadas no respectivo tampão (pH 6,5 e 11) a 37°C por uma hora. Após a paralisação da reação com CaCl₂ e NaOH, a mistura será filtrada e o *p*-nitrofenol quantificado por EAM. A atividade da desidrogenase também será avaliada nas amostras de solo, conforme Casida (1977).

Todas as análises microbiológicas (e bioquímicas) do solo foram (estão sendo e serão) realizadas no Laboratório de Ecologia Microbiana da UEL, mediante parceria desta instituição com a UEPG.

4.2.5. Análises dos nutrientes nas plantas

As concentrações de N estão sendo determinadas mediante digestão sulfúrica e leitura pelo método semi-micro-Kjeldahl. As determinações das concentrações de P, K, Ca, Mg e S serão realizadas por meio de digestão nítrico-perclórica e leitura por EAM para P; EEC para K; EAA-chama para Ca e Mg; e turbidimetria para S. Todas as análises químicas de plantas estão sendo realizadas mediante o emprego dos métodos sugeridos por Malavolta et al. (1997).

As determinações de nutrientes nas plantas estão sendo realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas (em fase de implantação) e Laboratório Multiusuário da UEPG.

4.2.6. Análises estatísticas

Os rendimentos acumulados de massa seca de aveia preta foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos completos casualizados com parcela subdividida, considerando-se os tratamentos T1-T10. No caso de F significativo ($P < 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Médias e desvios padrão foram calculados para os atributos físicos e microbiológicos obtidos até o mês de novembro/2009. Salienta-se que os resultados dos atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo apresentados nesse relatório não foram submetidos às análises estatísticas univariadas ou multivariadas, pois apenas expressam as informações de cada parcela por ocasião da instalação do experimento. Esses atributos serão monitorados ao longo do tempo e então, analisados conjuntamente, empregando-se os procedimentos estatísticos multivariados como análise de componentes principais (PCA) e curvas de respostas principais (PRC).

Todas as análises estatísticas foram (e serão) realizadas mediante o emprego do programa de computador SAS Versão 9.1 (SAS, 2004).

4.3. RESULTADOS PARCIAIS

4.3.1. Atributos microbiológicos e físicos do solo por ocasião da instalação do experimento

Na Tabela 1 são apresentados os valores de taxa diária de liberação de CO₂ (respirometria) e biomassa microbiana de carbono (BMC) por ocasião da instalação do experimento (tempo zero). Valores similares de respirometria e BMC têm sido comumente observados em outros experimentos sob SPD estabilizado, como relatado em Giacomini et al. (2008) e Silva et al. (2007), respectivamente.

Tabela 1. Taxa diária de liberação de dióxido de carbono (CO₂) e biomassa microbiana de carbono (BCM) na camada 0-10 cm do solo por ocasião da instalação do experimento (abril/2009).

Tratamento ⁽¹⁾	Taxa diária de liberação de CO ₂ do solo ($\mu\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$)			BMC ($\mu\text{g g}^{-1}$)		
	Média	Desvio	CV ⁽²⁾	Média	Desvio	CV
T1	51	10,4	20,6	654	239	36,5
T2	57	2,1	3,7	706	51	7,2
T3	51	10,2	20,3	537	84	15,6
T4	48	11,0	22,6	622	96	15,5
T5	60	10,7	18,0	575	104	18,0
T6	61	10,9	18,0	622	73	11,7
T7	43	4,7	11,1	681	93	13,6
T8	58	8,4	14,5	604	93	15,3
T9	58	6,2	10,7	609	88	14,4
T10	54	15,2	28,0	579	292	50,4
T11	44	9,6	21,8	562	167	29,7
T12	52	4,3	8,3	713	138	19,4
T13	51	9,1	17,7	518	119	22,9

⁽¹⁾ Essa amostragem foi realizada no tempo zero, ou seja, os tratamentos ainda não haviam sido empregados.

⁽²⁾ Coeficiente de variação, expresso em porcentagem (%).

Com relação aos atributos físicos, o solo da área experimental apresenta textura argilosa a muito argilosa (Tabela 2), baixa densidade e alta porosidade total (Tabela 3). Essa baixa densidade se deve à textura argilosa-muito argilosa e, principalmente, devido ao fato de ser um solo sob SPD estabilizado, apresentando elevadas concentrações de matéria orgânica, sobretudo, na camada superficial (dados não apresentados). De acordo com Libardi (2000), solos com alta concentração de argila, nas condições normais de manejo, geralmente apresentam densidade inferior a 1200 kg m⁻³ e têm alta porosidade total. Ainda, o incremento de matéria orgânica no solo (por exemplo, devido ao SPD) resulta em diversas melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos, inclusive, diminuição e aumento da densidade e porosidade total, respectivamente (Lal, 2004).

Tabela 2. Resultados de análises granulométricas das parcelas (17 x 25 m) do experimento em um Cambissolo Háplico, localizado na Fazenda Capão do Cipó, município de Castro (PR).

Tratamento	Areia (g kg ⁻¹)			Silte (g kg ⁻¹)			Argila (g kg ⁻¹)		
	Média	Desvio	CV ⁽¹⁾	Média	Desvio	CV	Média	Desvio	CV
<i>Camada 0-10 cm</i>									
T1	217	45	20.7	183	34	18.5	600	16	2.7
T2	271	50	18.6	194	70	36.0	535	100	18.7
T3	276	73	26.5	184	34	18.5	540	85	15.7
T4	281	74	26.2	169	36	21.2	550	81	14.7
T5	284	90	31.8	181	27	15.2	535	85	16.0
T6	308	94	30.6	167	28	17.0	525	75	14.4
T7	272	71	26.1	148	21	13.9	580	59	10.2
T8	289	64	22.1	151	16	10.4	560	49	8.7
T9	248	36	14.5	167	32	19.4	585	41	7.0
T10	248	39	16.0	167	41	24.6	585	38	6.5
T11	235	25	10.8	175	35	19.7	590	26	4.4
T12	233	30	12.8	187	19	10.3	580	16	2.8
T13	232	31	13.4	178	37	20.6	590	35	5.9
<i>Camada 10-20 cm</i>									
T1	198	50	25.3	167	58	34.9	635	47	7.4
T2	264	37	14.0	112	50	44.9	625	66	10.6
T3	263	90	34.1	177	25	14.2	560	71	12.7
T4	255	82	32.2	126	24	19.1	620	63	10.2
T5	261	92	35.2	164	41	25.2	575	84	14.6
T6	267	95	35.5	128	27	20.9	605	100	16.5
T7	249	75	30.2	132	14	10.4	620	65	10.5
T8	271	70	25.9	129	28	21.4	600	43	7.2
T9	232	57	24.4	143	33	22.9	625	30	4.8
T10	212	50	23.6	158	13	8.1	630	38	6.1
T11	221	42	18.8	139	18	12.7	640	43	6.8
T12	210	34	16.2	141	25	18.0	650	53	8.1
T13	223	34	15.3	152	53	35.1	625	44	7.1

⁽¹⁾ Coeficiente de variação, expresso em porcentagem (%).

Tabela 3. Densidade do solo e porosidade total nas camadas 0-10 e 10-20 cm da área aos 40 dias após a instalação do experimento, antes do primeiro pastejo animal.

Tratamento	Densidade (kg m ⁻³)			Porosidade total (%)		
	Média	Desvio	CV ⁽¹⁾	Média	Desvio	CV
<i>Camada 0-10 cm</i>						
T1	992	75	7,5	64,6	1,8	2,8
T2	978	71	7,3	63,3	4,0	6,3
T3	1015	104	10,3	63,2	4,6	7,3
T4	1012	72	7,1	63,7	2,8	4,5
T5	1001	108	10,8	62,8	4,6	7,4
T6	1011	100	9,8	62,0	2,2	3,6
T7	1040	83	7,9	64,4	3,6	5,6
T8	1045	47	4,5	63,4	2,3	3,6
T9	969	51	5,3	64,6	3,9	6,0
T10	980	57	5,8	65,1	1,4	2,1
T11	978	16	1,6	62,6	3,7	6,0
T12	999	36	3,6	64,4	2,1	3,2
T13	1004	61	6,1	64,6	2,9	4,6
<i>Camada 10-20 cm</i>						
T1	1084	20	1,8	61,8	2,5	4,0
T2	1089	82	7,5	59,4	0,8	1,4
T3	1073	72	6,7	59,0	2,4	4,1
T4	1116	75	6,7	61,1	3,4	5,5
T5	1139	50	4,4	59,2	3,5	5,9
T6	1143	56	4,9	60,9	1,8	3,0
T7	1112	71	6,4	60,4	1,6	2,7
T8	1092	77	7,0	60,5	2,8	4,7
T9	1085	73	6,8	60,2	1,7	2,8
T10	1092	41	3,7	61,0	2,0	3,2
T11	1036	32	3,1	63,4	2,8	4,5
T12	1111	73	6,6	62,3	0,4	0,7
T13	1111	13	1,2	63,3	2,5	4,0

⁽¹⁾ Coeficiente de variação, expresso em porcentagem (%).

De modo geral, os atributos físicos estudados indicam que, até o momento, o solo apresenta boas características agrônômicas e não há fator limitante ao desenvolvimento radicular das plantas. Ainda, devido ao alto teor de matéria orgânica (dados não apresentados) e à textura argilosa-muito argilosa, a quantidade de microporos é bem superior à dos macroporos (Tabela 4), indicando que o solo possui boas condições para armazenamento de água (Libardi, 2000). Salientamos que no próximo relatório haverá mais informações sobre a caracterização física desse solo, permitindo monitorar adequadamente, ao longo do tempo, o efeito do pastejo animal sobre a qualidade física do solo.

Tabela 4. Macro e microporosidade do solo nas camadas 0-10 e 10-20 cm da área aos 40 dias após a instalação do experimento, antes do primeiro pastejo animal.

Tratamento	Macroporosidade (%)			Microporosidade (%)		
	Média	Desvio	CV ⁽¹⁾	Média	Desvio	CV
<i>Camada 0-10 cm</i>						
T1	24,9	4,4	17,6	39,7	4,5	11,3
T2	24,8	4,5	18,0	38,5	1,2	3,2
T3	25,1	5,4	21,7	38,2	3,1	8,2
T4	26,1	2,7	10,3	37,6	2,4	6,4
T5	23,7	5,0	20,9	39,1	2,9	7,5
T6	22,5	4,3	19,2	39,5	2,3	5,8
T7	25,2	2,8	10,9	39,2	2,9	7,3
T8	24,3	3,3	13,5	39,0	2,4	6,1
T9	26,9	5,5	20,3	37,7	2,2	5,9
T10	25,0	3,4	13,7	40,1	3,5	8,6
T11	24,8	3,5	14,0	37,8	1,5	4,0
T12	23,5	2,4	10,2	40,8	3,6	8,9
T13	24,0	3,1	12,8	40,5	3,6	8,9
<i>Camada 10-20 cm</i>						
T1	19,9	1,9	9,5	41,9	4,2	9,9
T2	19,3	1,4	7,4	40,1	1,6	4,0
T3	22,9	4,0	17,4	36,1	4,2	11,7
T4	20,3	1,4	7,0	40,8	3,6	8,8
T5	17,9	1,6	9,0	41,4	4,1	10,0
T6	19,9	3,8	19,0	41,0	2,1	5,1
T7	20,6	2,6	12,4	39,9	3,0	7,6
T8	21,7	3,3	15,1	38,8	2,0	5,2
T9	20,4	3,9	19,1	39,8	2,4	6,1
T10	20,3	1,2	6,0	40,7	1,1	2,7
T11	22,9	3,6	15,5	40,5	3,5	8,7
T12	21,0	6,1	28,8	41,3	6,1	14,7
T13	20,8	2,8	13,3	42,5	3,3	7,8

⁽¹⁾ Coeficiente de variação, expresso em percentagem (%).

4.3.2. Rendimento de forragem de aveia preta (2009)

Na Tabela 5 são apresentados os valores totais de massa seca consumida pelos animais (somatório dos dois pastejos), quantidade de fitomassa existente por ocasião do manejo da fitomassa com herbicida e total de fitomassa produzida durante o período de outono-inverno (de 05 de maio a 19 de agosto). Os resultados encontram-se dentro do esperado para o cultivar IAPAR 61 Ibiporã, pois este pode produzir (durante um ciclo de 134 dias) até 4728 e 8358 kg ha⁻¹ de massa seca nas condições de cinco corte e cultivo para cobertura do solo, respectivamente (IAPAR, 2009b).

Tabela 5. Efeito de fontes e doses de fósforo na quantidade de massa seca consumida (MSC) pelos animais (somatório de dois pastejos), fitomassa por ocasião do manejo (FM) com herbicida e fitomassa total (FT) produzida pela aveia preta durante o período de outono-inverno (de 05 de maio a 19 de agosto de 2009).

Tratamento	MSC	FM	FT
		kg ha ⁻¹	
T1 – Controle	706 d	1173 bc	1879 c
T2 – 60 kg P ₂ O ₅ total na forma de superfosfato triplo	1253 b	959 c	2212 bc
T3 – 120 kg P ₂ O ₅ total na forma de superfosfato triplo	1865 a	1679 ab	3544 a
T4 – 180 kg P ₂ O ₅ total na forma de superfosfato triplo	1184 bc	1571 ab	2755 b
T5 – 60 kg P ₂ O ₅ total na forma de fosfato natural reativo	766 cd	1489 abc	2255 bc
T6 – 120 kg P ₂ O ₅ total na forma de fosfato natural reativo	1251 b	1338 abc	2589 b
T7 – 180 kg P ₂ O ₅ total na forma de fosfato natural reativo	1005 bcd	1435 abc	2440 bc
T8 – 60 kg P ₂ O ₅ total na forma de termofosfato magnésiano	879 bcd	1732 a	2611 b
T9 – 120 kg P ₂ O ₅ total na forma de termofosfato magnésiano	941 bcd	1725 a	2666 b
T10 – 180 kg P ₂ O ₅ total na forma de termofosfato magnésiano	928 bcd	1513 ab	2441 bc
Coefficiente de variação (%)	17,2	15,1	10,6

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Menores rendimentos de massa seca consumida pelos animais e fitomassa por ocasião do manejo com herbicida foram observados no tratamento controle e/ou àqueles que receberam menores doses de P₂O₅ (Tabela 5). Com relação ao total de fitomassa produzida durante o outono-inverno (massa seca consumida pelos animais + fitomassa para a manutenção do SPD), o tratamento T3 (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de SFT) apresentou maior rendimento que aos demais e o menos produtivo foi o controle – fato já esperado. De modo geral, as diferenças foram pequenas entre os tratamentos devido aos seguintes fatores: (i) a aveia preta, devido ao fato de ser uma planta rústica, apresenta baixo nível crítico de P (quando comparado às culturas produtoras de grãos) e ainda, é uma boa planta recicladora de nutrientes (Borkert et al., 2003); (ii) no início do ciclo da aveia preta, o déficit hídrico atrasou o crescimento da cultura, mas posteriormente, as chuvas ocorreram em condições adequadas e certamente, proporcionou adequada mineralização do P oriundo da matéria orgânica do solo; (iii) a ILP é uma prática que tem aumentado a ciclagem dos nutrientes e a eficiência dos mesmos no sistema solo-planta (Assmann et al., 2003). Finalmente, esses resultados ainda são preliminares, o gradiente de P no solo está sendo criado e há necessidade de, ao longo de seis anos de experimentação, repetir três cultivos de aveia preta para se ter segurança nos dados experimentais para esta cultura.

Independentemente do tratamento estudado, a quantidade de fitomassa para a manutenção do SPD foi relativamente baixa (menor que 4000 kg ha⁻¹) (Tabela 5). Isso evidencia que, na ILP, a forrageira de outono-inverno pode não ser capaz de manter ou aumentar os estoques de carbono no solo. Santos et al. (2000) observou que, em um sistema integrado de produção agropecuário similar ao utilizado no presente estudo, a cultura do milho desempenhou importante papel não somente como planta produtora de grãos, mas como a principal cultura fornecedora de carbono (energia) para o sistema solo-planta. Daí a importância de incluir milho a cada dois anos nos sistemas de rotação/sucessão de culturas no Sul do Paraná e demais estados do Sul do Brasil (Santos et al., 2007).

Os animais (raças Canchim, Canchim X Angus e Simental X Brangus) foram pesados mensalmente e apresentaram ganho médio diário (GMD) de 710 g animal⁻¹ dia⁻¹. Esse valor

de GMD foi menor que o observado ($812 \text{ g animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) por Macari et al. (2006), provavelmente, devido ao déficit hídrico que houve no início do desenvolvimento da cultura, afetando o seu rendimento e qualidade para o pastejo animal. Todavia, o GMD observado no presente estudo está coerente com o potencial forrageiro da aveia preta (cv. IAPAR 61 Ibiporã). Grise et al. (2002) estudaram esse cultivar sob condições de distintas de altura de pastejo e observaram GMD de 497 a $1017 \text{ g animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, conforme o manejo adotado.

4.4. CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES SOBRE O PERÍODO DE EXPERIMENTAL DE ABRIL A NOVEMBRO DE 2009

Devido ao tamanho relativamente grande das parcelas (425 m^2) nos experimentos de integração lavoura-pecuária (ILP), torna-se fundamental uma boa amostragem e caracterização do solo no tempo zero (início do experimento), individualmente para cada parcela. Essa estratégia é importante para conhecer a variabilidade natural dos solos, a qual aumenta com o incremento do tamanho das parcelas e do experimento. Adequada avaliação dos atributos do solo no tempo zero é essencial para a aplicação de métodos estatísticos multivariados, permitindo uma boa modelagem dos efeitos dos tratamentos sobre os atributos de solo e plantas no decorrer do tempo.

A aveia preta, devido à sua rusticidade e ao sistema de manejo de solo adotado, respondeu relativamente pouco às doses e fontes de P que foram aplicadas. Todavia, o resultado mais esperado não seria a resposta da aveia preta, mas sim, à capacidade do milho em responder às fontes e doses de P aplicadas antecipadamente na ILP sob SPD. Até o momento, não foi observada deficiência visual de P e as plantas se encontram em franco crescimento, em campo. Mais informações sobre o estudo da fertilidade do solo e nutrição das plantas serão apresentadas nos relatórios futuros.

5. SITUAÇÃO ATUAL DO PROJETO EM COMPARAÇÃO AO PLANEJAMENTO INICIAL

Na Tabela 6 podem ser visualizadas as atividades programadas por ocasião da elaboração do projeto, as tarefas em execução e a serem realizadas no período de abril/2009 a março/2010. De modo geral, as atividades estão sendo realizadas muito próximas das datas esperadas. As atividades de campo (implantação e condução das culturas e amostragens) e o preparo das amostras foram realizados rigorosamente dentro dos períodos planejados inicialmente. As atividades laboratoriais estão um pouco atrasada devido aos transtornos no calendário escolar decorrentes da gripe pandêmica Influenza A H1N1 (Gripe Suína).

Essa pandemia resultou em um atraso de três semanas das atividades laboratoriais e acadêmicas dos três alunos envolvidos diretamente no projeto (dois alunos de iniciação científica e um aluno de mestrado). Como o número de funcionários é muito limitado na UEPG, os nossos trabalhos são conduzidos essencialmente com a ajuda dos nossos alunos orientados de Iniciação Científica e de Mestrado. Desse modo, alterações no calendário de aulas e demais atividades discentes afetam o nosso cronograma de atividades. No entanto, esse pequeno atraso não implicará negativamente no andamento geral do projeto, pois nos meses de dezembro/2009 a fevereiro/2010 o nosso grupo de pesquisa estará trabalhando efetivamente para atualizar todas as atividades, inclusive, às determinações laboratoriais.

Tabela 6. Atividades planejadas por ocasião da elaboração do projeto (●), etapas executadas (◐) e em execução (◑).

Etapa	2009									2010		
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Instalação do experimento	◑											
Amostragens de solo	◑											
<i>Cultura da aveia preta</i>												
Semeadura	◑											
Tratos culturais		◑										
Pastejo animal			◑	◑								
Manejo da fitomassa					◑							
Avaliação do rendimento de massa seca			◑	◑	◑							
Amostragens de plantas			◑	◑	◑							
<i>Cultura do milho</i>												
Semeadura						◑						
Tratos culturais							◑	◑				
Amostragem para a diagnose foliar									◑			
Amostragem de plantas para a quantificação do acúmulo de nutrientes na parte aérea										◑		
Avaliação do rendimento de grãos											◑	
<i>Atividades laboratoriais</i>												
Preparo das amostras de solo	◑	◑	◑									
Determinação dos mineralógicos do solo				◑								
Determinação dos atributos físicos do solo						◑	◑			◑		
Determinação dos atributos microbiológicos do solo					◑				◑			
Determinação dos atributos químicos do solo							◑	◑	◑			
Preparo das amostras de plantas (cultura da aveia preta)			◑	◑								
Análise química de tecidos vegetais (cultura da aveia preta)								◑	◑			
Preparo das amostras de plantas (cultura do milho)										◑	◑	
Análise química de tecidos vegetais (cultura do milho)										◑	◑	
Análises estatísticas									◑			◑

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p.214-219.
- ANDERSON, T.H., DOMSCH, K.H.. The metabolic quotient form CO₂ (*q*CO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.
- ANDERSON, J.M., INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. CAB international, Wallingford. 1993. 240p.
- ASSMANN, T.S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.675-683, 2003.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American society of agronomy, 1986. v.1, pp.363-375.
- BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.143-153, 2003.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Determinação de nitrogênio total em solo. In: VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.262-276.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; VAN RAIJ, B. Determinação da matéria orgânica. In: VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.173-180.
- CASIDA, L.E. Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 4, p.630-636, 1977.
- DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. v.1, pp.443-461.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- GIACOMINI, S.J., AITA, C.; MIOLA, E.C.C.; RECOUS, S. Mineralização do carbono da palha de aveia e dejetos de suínos aplicados na superfície ou incorporados ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2661-2668, 2008.
- GIAROLA, N.F.B.; DA SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; DEXTER, A.R. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma**, v.113, p.95-108, 2003.
- GRISE, M.M.; CECATO, U.; MORAES, A.; FACCIO, P.C.C.; CANTO, M.W.; JOBIM, C.C.; RODRIGUES, A.M. Avaliação do desempenho animal e do pasto na mistura aveia IAPAR 61 (*Avena strigosa* Schreb) e ervilha forrageira (*Pisus arvense* L.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1085-1091, 2002.
- GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.19, p.319-328, 1960.
- IMHOFF, S.; DA SILVA, A.P.; DEXTER, A.R. Factors contributing to the tensile strength and friability of Oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, v.66, p.1656-1661, 2002.

- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas do Paraná:** classificação climática – segundo Köppen, 2009a. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597> (04/12/2009)
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Aveia preta IAPAR 61 Ibiporã,** 2009b. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/niapar61.pdf (14/12/2009)
- LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v.304, p.1623-1627, 2004. (Supplemental On-Line Material)
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo.** 2.ed. Piracicaba: Paulo Leonel Libardi, 2000. 509p.
- MACARI, S.; ROCHA, M.G.; PILAU, J.R.A.; FREITAS, F.K.; NEVES, F.P. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, v.36, p.910-915, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade.** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76).
- SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.743-752, 2000.
- SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; SPERA, S.T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais na conversão e no balanço energéticos. **Bragantia**, v.66, p.299-306, 2007.
- SAS System. **SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc® 9.1.2.** Cary, NC: SAS Institute, 2004.
- SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1755-1761, 2007.
- TABATABAI, M. Soil Enzymes. In: Soil Science Society of America. **Methods of Soil Analysis**, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties, 1994. p.775-833. (Book series, 5)
- VANCE, E.D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S.. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.
- VITTI, G.C.; SUZUKI, J.A. **A determinação do enxofre – sulfato pelo método turbidimétrico.** Jaboticabal: Universidade Estadual de São Paulo, 1978. 13p.



Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca
 Eng. Agr. CREA-PR 47.842/D