

Caracterização da Cadeia Produtiva do Capim-Elefante para Geração de Energia

Rodrigo Paniago, Augusto C. P. Ferraz Júnior, Fernando Y. D. de Almada, Luiz G. Nussio, Marco A. Saidel, Andrea B. José, Fábio J. Micerino, Antony H. M. Sewell, Tereza V. M. Reis e Sílvio O. Júnior

Resumo – Biomassa para produção de energia é uma alternativa sustentável. Os resíduos apesar de mais baratos não tem constância de fornecimento garantido, o que gera insegurança por parte das geradoras, levando-as a procura de fontes alternativas. Dentre estas, o Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), por ser uma planta de ciclo C₄ e possuir grande capacidade de fixação de CO₂ atmosférico, tem sido avaliada para utilização. É uma gramínea adaptada a maioria das áreas agrícolas, inclusive em áreas degradadas, garantindo assim a replicação do modelo de produção de energia para diversas localidades do Brasil. Contudo, por esta alternativa de biomassa ainda não ter sido totalmente desvendada como combustível para termelétricas, sua representatividade ainda é baixa na matriz energética brasileira, gerando a necessidade de validação desta cadeia produtiva. A partir deste pressuposto, este projeto visa avaliar o modelo de produção em sequeiro capaz de ser replicável para a maioria das áreas agrícolas do país.

Palavras-chave - *Pennisetum purpureum* Schum., biomassa, geração de energia, sistema de produção, Capim-Elefante.

I. INTRODUÇÃO

O Brasil vem se destacando a cada ano no mercado internacional, seja pelo aumento da sua importância como exportador, seja pelo seu potencial de consumo de produtos importados. A globalização é um fator facilitador para o aumento da interação comercial entre os países e o Brasil é um grande interessado nesta oportunidade.

Por outro lado, a globalização também trouxe maior competição econômica entre os países participantes do mercado internacional, fato que interfere diretamente na qualidade de vida dos seus cidadãos. Neste tema, o custo e a disponibilidade de consumo de energia é um dos fatores de referência.

Especialmente depois do advento da globalização, por conta da preocupação cada vez mais destacada em relação

ao meio ambiente, um dos quesitos que elevam a competitividade dos países é a forma como o mesmo produz e utiliza sua energia para a geração de seus produtos e serviços. Países que se utilizam de fontes energéticas de baixo custo e, principalmente, as de baixo impacto ambiental, têm vantagens competitivas sobre os países que possuem uma matriz energética com baixa participação de fontes renováveis para produção de energia.

Portanto, viabilizar uma matriz energética concentrada em fontes renováveis, não só auxiliará a melhor competitividade internacional do Brasil, como também garantirá a sustentabilidade do fornecimento de energia para a população brasileira, especialmente porque o país vem de um crescimento social e econômico consistente.

Cabe ao país estudar formas de organizar os seus investimentos em geração de energia e, no Brasil, há grandes oportunidades que podem ser exploradas, pois é possível tirar vantagem de suas riquezas naturais e da grande extensão territorial, que possibilita a ocorrência de diferentes biomas, para que vença o desafio do crescimento da demanda por energia e, assim, aproveite a oportunidade do mercado internacional.

Dentre as melhores oportunidades para a utilização de fontes renováveis para produção de energia está a biomassa vegetal, por conta da grande extensão de terras agricultáveis no Brasil. Esta alternativa também se destaca porque a geração de energia elétrica a partir de biomassa vegetal apresenta vantagens ambientais quando comparada à geração com combustíveis fósseis [1], sobretudo em termos de emissão de gases e a fixação do carbono no solo (sequestro de carbono), ocasionada pelo farto sistema radicular das plantas.

Contudo, o uso da biomassa vegetal no Brasil ainda está muito longe de seu potencial e uma das explicações para este fato está na insegurança quanto à garantia de continuidade do fornecimento de resíduos vegetais, percebida pelos investidores em termelétricas, já que o resíduo vegetal é a fonte de biomassa prioritária no momento por conta de seu menor custo de aquisição. A falta de garantia no fornecimento ocorre porque a comercialização do resíduo, como o próprio nome indica, não é a motivação econômica da empresa que o gerou, seja este oriundo de um processo industrial ou agrícola, motivo pelo qual existe o risco da descontinuidade de sua produção.

Outro fator que pode inviabilizar o empreendimento termelétrico, com base em resíduos vegetais, é a possibilidade de concorrência por esta biomassa advinda de outro setor industrial, capaz de oferecer um valor competitivo para garantir para si a aquisição do insumo em questão.

A alternativa sugerida para se evitar o problema com o desabastecimento ou descontrole sobre o custo de aquisição do combustível, seria a produção dedicada de biomassa ve-

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL), realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de agosto de 2011.

Rodrigo Paniago, Augusto C. P. Ferraz Júnior, Andrea B. José, Antony H. M. Sewell trabalham na Boviplan Consultoria Agropecuária Ltda. (e-mails: boviplan@boviplan.com.br).

Fernando Y. D. de Almada, Fábio J. Micerino trabalham na EDP (e-mail: yanosteac@edpbr.com.br).

Luiz G. Nussio, Marco A. Saidel, Sílvio O. Júnior trabalham na Universidade de São Paulo (e-mail: saidel@usp.br).

Tereza V. M. Reis trabalha no Centro Brasileiro de Energia e Mudanças Climáticas CDEM (e-mail: terezareis@terra.com.br).

getal, garantindo assim a sustentabilidade para o empreendimento termelétrico.

Sistemas de geração de energia, a partir de termelétricas que têm como combustível a biomassa vegetal produzida especificamente para este fim, assim como os empreendimentos agrícolas, obrigatoriamente terão como fator preponderante para a sua economicidade a produtividade da biomassa, que no caso é expressa em matéria seca por área de produção.

As plantas de ciclo C_4 , como é o caso do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), atendem a demanda por alta produtividade de matéria seca por área, pois possuem maior capacidade de fixação de CO_2 atmosférico, através do seu alto potencial fotossintético. O Capim-Elefante, além de ser uma planta há muito tempo explorada de forma comercial no Brasil, também é reconhecido por sua alta produtividade [1], capaz de acumular mais que 60 Mg/ha de matéria seca por ano, sob condições ideais de crescimento [2], ainda tem outra característica vantajosa que o destaca, pois é uma gramínea adaptada a maioria das áreas agrícolas do país, inclusive em áreas de solo degradado, evitando a competição com a produção de alimentos, garantindo assim a replicação deste modelo de produção de energia renovável para diversas localidades do Brasil.

Contudo, esta alternativa de biomassa ainda não foi totalmente desvendada como combustível para termelétricas, por isto também a sua representatividade ainda é baixa na matriz energética brasileira. Em vista da sua potencialidade como combustível de fonte renovável e a falta de maiores informações sobre este tipo de modelo de produção, faz-se necessária a realização de um estudo mais aprofundado visando a validação deste modelo de sistema de produção. A partir deste pressuposto, o projeto de pesquisa e desenvolvimento, intitulado “Caracterização da Cadeia Produtiva de Capim-Elefante para Geração de Energia”, (PD-2331-0006/2010), visa avaliar o modelo de produção em sequeiro capaz de ser replicável para áreas com pluviosidade média anual acima de 1.000 mm de chuva, condição de produção similar a maioria das áreas que são ou foram exploradas pela agropecuária brasileira.

II. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A escolha das áreas foi pautada por áreas não limitantes ao cultivo do Capim-Elefante, para altos níveis de produtividade e, que façam parte de propriedades rurais que possuam áreas passíveis de implantação de um projeto de termelétrica com base nesta biomassa, sem que isto envolva a competição com a produção de alimentos.

As propriedades escolhidas para a implantação dos experimentos estão localizadas nos municípios de Paraíso das Águas, estado do Mato Grosso do Sul ($19^{\circ} 16' 19,02''$ S e $52^{\circ} 50' 59,88''$ O) e Novo Mundo, no estado do Mato Grosso ($9^{\circ} 38' 12,61''$ S e $55^{\circ} 13' 24,82''$ O).

Nos experimentos que serão implantados ao longo do período deste trabalho, o plantio do Capim-Elefante será realizado de forma manual, assim como o controle de plantas invasoras e as adubações de cobertura.

A necessidade do controle químico de pragas será avaliada de acordo com o tipo de praga e o nível de infestação das mesmas sobre lavoura de Capim-Elefante.

A. Caracterização agronômica da área

Apesar da altitude das áreas experimentais serem diferentes, tal diferença não é significativa do ponto de vista agrônomo, são elas: 496 m em Paraíso das Águas/MS e 313 m em Novo Mundo/MT.

A fim de ser promover a caracterização das áreas escolhidas para a realização dos experimentos, inicialmente foi realizado o levantamento das características edafoclimáticas de cada localidade, com destaque para a fertilidade química do solo e regime pluviométrico. A fertilidade inicial dos solos que serão utilizados nos experimentos é apresentada na tabela I.

Tabela I. Resultado da análise química do solo.

| | Local | |
|--|---------------|----------------------|
| | Novo Mundo MT | Paraíso das Águas MS |
| pH (CaCl ₂) | 4,7 | 3,5 |
| M.O g dm ⁻³ | 28 | 14 |
| P (residual) mg dm ⁻³ | 8 | 6 |
| K | 1,0 | 0,1 |
| Ca | 14 | 5 |
| Mg | 7 | 1 |
| H+Al mmol _c dm ⁻³ | 47 | 28 |
| Al | 2 | 4 |
| Soma base | 22 | 6 |
| CTC | 69 | 34 |
| Sat. Bases V% | 32 | 18 |
| Sat. Al m% | 8 | 40 |
| S (SO ₄) mg dm ⁻³ | 18 | 2 |

Conforme pode ser observado na tabela I, em ambos os casos os solos onde serão realizados os experimentos são de baixa fertilidade, pouco aptos para a produção de alimentos de forma intensiva.

Desta forma, antes da instalação do primeiro plantio do Capim-Elefante foi preciso empreender ações que corrigissem a fertilidade dos solos.

A partir das análises de fertilidade do solo obtidas, foram realizadas operações de correção e fertilização, entre elas a calagem e a gessagem.

A correção do solo na área experimental de Paraíso das Águas/MS foi promovida através de calagem com dose de 5 toneladas de calcário dolomítico por hectare e 1 tonelada de gesso agrícola por hectare. Já para a correção do solo na área experimental de Novo Mundo/MT a calagem realizada na dose de 3 toneladas de calcário dolomítico por hectare.

Para a caracterização do índice pluviométrico médio mensal, de cada área experimental, foram levantados dados em propriedades vizinhas, como é o caso da fazenda em Paraíso das Águas/MS ou foi utilizado o histórico próprio da propriedade, como é o caso da fazenda de Novo Mundo/MT. O resultado desta coleta de informações é apresentado nas figuras 1 e 2.

A sequência de operações para o plantio na área experimental de Paraíso das Águas/MS segue a recomendação listada abaixo:

1. metade da dose do calcário;
2. gradagem aradora;
3. aração;
4. metade da dose de calcário;
5. gradagem aradora;
6. gessagem;
7. gradagem niveladora;
8. sulcação mais adubação fosfatada;
9. plantio de mudas;
10. cobertura de sulcos.

A sequência de operações para o plantio na área experimental de Novo Mundo/MT segue a recomendação descrita abaixo:

1. gradagem aradora
2. aplicação da dose cheia de calcário;
3. duas gradagens aradoras;
4. gradagem niveladora;
5. sulcação mais adubação fosfatada;
6. plantio de mudas;
7. cobertura de sulcos.

As diferenças entre as sequências de operações recomendadas citadas acima se dá por conta de diferentes questões agrônômicas, tais como: estrutura física do solo, tipo de vegetação original, disponibilidade de máquinas e umidade do solo no momento das operações mecanizadas.

Após o primeiro período de chuvas e por conta do monitoramento da fertilidade do solo, foram realizadas ainda novas calagem e gessagem, além de uma operação de fosfatação na área experimental de Paraíso das Águas/MS, todas estas sem incorporação dos insumos no solo, com incorporação apenas nas áreas onde os experimentos ainda não foram instalados.

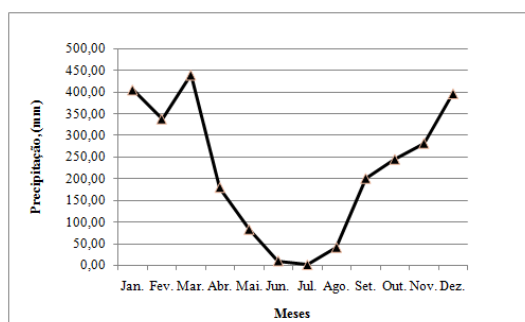


Figura 1. Pluviosidade média mensal, da cidade de Novo Mundo/MT, dos anos de 1999 a 2009.

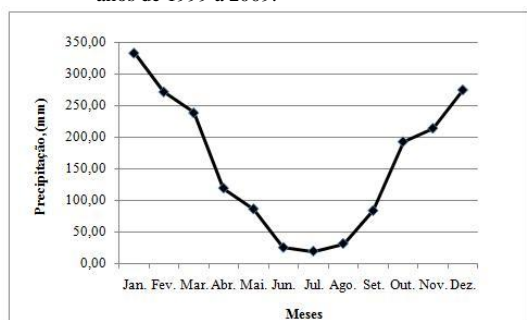


Figura 2. Pluviosidade média mensal, da cidade de Paraíso das Águas/MS, dos anos de 1985 a 2008.

Durante a execução dos experimentos os dados climato-

lógicos serão monitorados por estação meteorológica própria de coleta de dados (Campbell® Scientific ET107), entre eles:

1. dados pluviométricos;
2. temperatura do ar;
3. umidade relativa do ar;
4. velocidade do vento;
5. direção do vento;
6. radiação solar;
7. evapotranspiração;
8. quantidade de graus dia;
9. ponto de orvalho;
10. sensação térmica.

Os dados serão coletados com periodicidade de 30 dias e armazenados em computadores, para análise climatológica ao final do experimento.

B. Experimentos pretendidos

Para a realização dos experimentos foi escolhida a variedade de Capim-Elefante denominada de Cameroon, por conta de seu alto potencial de produção e disponibilidade de mudas puras, que será previamente validado, conforme descrito na subseção "C".

Os experimentos que farão parte deste projeto são:

1. Ensaio de competição entre espécies: para verificar se a variedade de Capim-Elefante, Cameroon, apresenta-se realmente como uma opção dentre as espécies de gramíneas mais produtivas para o local do experimento;

2. Avaliação do espaçamento de plantio: para avaliar as diferenças de produtividade entre o espaçamento tradicional utilizado no Brasil [3] *versus* os espaçamentos utilizados, atualmente, para o uso de máquinas de maior rendimento operacional (grande porte);

3. Plantio tardio: para verificar a viabilidade do plantio do Capim-Elefante fora da época tradicional, a fim de viabilizar um maior período para implantação da lavoura, melhorando a economicidade do empreendimento;

4. Curva de produção de biomassa *versus* níveis de adubação nitrogenada: avaliar a dose de adubação nitrogenada que poderá propiciar o melhor custo benefício em relação a produção de matéria seca por hectare, além de determinar o melhor momento que garanta a máxima eficiência na colheita mecanizada do material produzido pelas plantas;

5. Uso de fonte alternativa de nitrogênio: avaliar alternativa que garanta redução no custo de adubação nitrogenada, a partir de ganhos na eficiência no uso deste nutriente pela planta, reduzindo ainda o número de operações mecanizadas para a adubação de cobertura;

6. Colheita mecanizada: verificar a viabilidade da colheita mecanizada do Capim-Elefante para produção de biomassa, por máquinas de alto rendimento operacional (escala comercial), além de avaliar o tamanho de partícula, a fim de atingir a melhor eficiência operacional da colheita, transporte, enfardamento, estocagem e queima em caldeira (qualidade da biomassa);

7. Monitoramento do estoque de carbono no solo: levantar dados que subsidiem o cálculo do balanço de carbono no sistema de produção de energia através do Capim-Elefante;

8. Secagem: verificar a viabilidade da secagem do Capim-Elefante para uso como combustível, a fim de melhorar a qualidade do mesmo para ganhos em eficiência na termelétrica;

9. Estocagem da biomassa: avaliar a possibilidade da estocagem da biomassa a fim de evitar a colheita no período chuvoso do ano, garantindo a sustentabilidade da lavoura, além de avaliar através de propriedades físicas da biomassa o nível de influência da estocagem sobre a qualidade energética do material estocado [4].

Todos experimentos citados neste item não serão necessariamente realizados nas duas áreas experimentais disponíveis para este projeto.

C. Ensaio de competição entre espécies

Para validar a escolha da variedade de Capim-Elefante, Cameroon, será montado um ensaio de competição entre espécies.

O ensaio será montado com parcela única de 5 x 5 m, utilizando as seguintes espécies: *Pennisetum purpureum* var. Cameroon, *Pennisetum purpureum* var. Roxo, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, *Panicum maximum* cv. Tobiatã e *Tripsacum laxum*.

No último mês, do primeiro período de seca, será realizada uma colheita manual com podão com corte na altura do solo. O material colhido será pesado e amostras serão retiradas para avaliação do teor de matéria seca e poder calorífico de cada espécie presente no ensaio.

D. Avaliação do espaçamento de plantio

Para a avaliação do espaçamento de plantio serão escolhidos três espaçamentos entre linhas de plantio: 1,0; 1,3 e 1,5 metros. Outra variável que será estudada neste experimento será o uso de mudas com colmos picados *versus* colmos inteiros, resultando num delineamento experimental de fatorial 3 x 2, com 3 repetições para cada tratamento. Cada parcela será 10 x 10 metros de área e a quantidade de mudas que será utilizada, respeitará uma densidade igualitária entre as diferentes parcelas do experimento. Foram realizadas adubações de plantio e cobertura, com 360 kg/ha da fórmula 00-32-00 e 500 kg/ha da fórmula 20-00-20, respectivamente.

E. Plantio tardio

Para a avaliação do plantio tardio serão realizados plantios fora de época, no mês de maio em Paraíso das Águas/MS e junho em Novo Mundo/MT. Cada parcela possui 12 m de largura por 15 m de comprimento. As mudas serão plantadas com espaçamento de 1,5 m entre linhas. O produto testado neste experimento será o Basf® Soilfix®, polímero retentor de umidade solúvel em água. Os tratamentos utilizados serão:

0. controle (sem água e sem polímero);
1. só água;
2. água mais uma dose de polímero e
3. água mais duas doses de polímero.

A aplicação do produto se dará através de irrigação localizada na forma de rega manual equivalente a lâmina de 6,6 mm, após fechamento dos sulcos, cada dose do gel equivale a 6,67 kg/ha. Foram realizadas adubações de plantio com 360 kg/ha da formulação 00-32-00.

F. Curva de produção de biomassa versus níveis de adubação nitrogenada

O experimento será montado sobre uma área de soqueira de primeiro ano, as parcelas foram esquematizadas com 6 linhas [5] de 15 metros de comprimento cada e 1,5 m de espaçamento entre linhas. Foram estipuladas 4 repetições

para os seguintes tratamentos:

1. 300 kg N₂/ha;
2. 400 kg N₂/ha;
3. 500 kg N₂/ha;
4. 600 kg N₂/ha;
5. 700 kg N₂/ha;
6. 800 kg N₂/ha.

A aplicação da adubação será parcelada em duas etapas, uma logo após o corte mecanizado e outra com 30 dias pós corte.

Para as amostragens será utilizada coleta através do método destrutivo a cada 30 dias, até completar o ciclo de 11 meses de crescimento. As duas linhas centrais de cada parcela serão destinadas às colheitas mensais da planta para estimativa de produção e análise da composição morfológica por meio de método destrutivo. A cada data de coleta os perfilhos, presentes em 1 metro linear de cada uma das linhas centrais, serão contados e cortados na base com o uso de podão. O volume coletado será pesado e, em seguida serão escolhidos 10 perfilhos ao acaso para separação das folhas, colmos e folhas em senescência, que serão pesadas separadamente, de acordo com a metodologia descrita em [5].

Serão realizadas três medições de diâmetro, com paquímetro nos internódios inferior, superior e mediano de cada perfilho, além da medição do comprimento de cada colmo. Será coletada uma amostra das diferentes partes da planta de cada tratamento para análise do teor de matéria seca e poder calorífico.

G. Uso de fontes alternativas de nitrogênio

O experimento será montado sobre uma área de novo plantio de Capim-Elefante, as parcelas serão montadas com 6 linhas de 15 metros de comprimento cada e 1,5 m de espaçamento entre linhas.

O produto para teste será o Masterfix® L gramíneas que é um inoculante bacteriano com cepas de *Azospirillum brasilense*. Foram estipuladas 4 repetições para os seguintes tratamentos:

1. testemunha;
2. 200 mL/ha de inoculante no plantio, 0 na 1ª parcela de adubação de cobertura e 0 na 2ª parcela de cobertura;
3. 200 mL/ha de inoculante no plantio, 175 kg N₂/ha na 1ª parcela de cobertura e 0 na 2ª parcela de cobertura;
4. 0 no plantio, 175 kg N₂/ha na 1ª parcela de cobertura e 175 kg N₂/ha na segunda parcela de cobertura.

A aplicação da adubação será parcelada em duas etapas, sendo que a primeira deverá ocorrer aos 30 dias pós plantio e a segunda aos 60 dias pós plantio.

Para as amostragens será utilizada coleta através do método destrutivo a cada 30 dias, até o momento anterior ao da colheita, que será definido pelo último mês antes do início das chuvas.

As duas linhas centrais de cada parcela serão destinadas às colheitas das plantas para estimativa de produção.

A coleta será realizada em quatro datas distintas, uma aos 60 dias pós plantio, a segunda aos 90 dias pós plantio, a terceira aos 150 dias pós plantio e a quarta aos 200 dias pós plantio. A cada data de coleta, os perfilhos presentes em 1 metro linear de cada uma das linhas centrais, serão contados e cortados na base com o uso de podão. O volume coletado será pesado e amostras de cada tratamento serão coletadas

para a avaliação do teor de matéria seca.

H. Colheita mecanizada

Para a realização do experimento de colheita mecanizada foram escolhidos dois tipos de máquinas colhedoras de forragem, John Deere modelo 7300 e New Holland modelo FR7030.

As avaliações realizadas serão tamanho de partícula produzida e rendimento operacional.

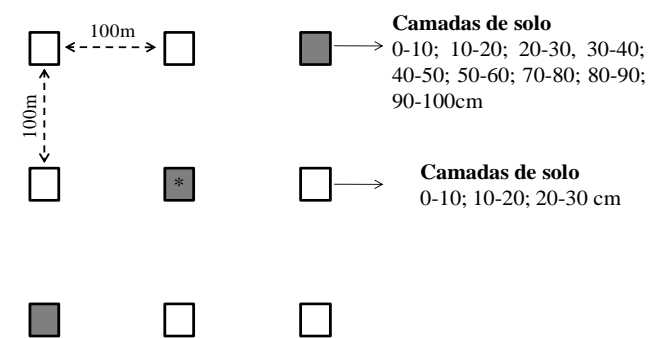
O tamanho de partícula será medido através método de peneiras “Penn State Particle Size Separator” [6].

O rendimento operacional será calculado através da média de três tomadas de tempo.

I. Monitoramento do estoque de carbono no solo

O estoque de carbono no solo será monitorado ao longo do tempo, tanto na área original como na área convertida em Capim-Elefante. Segundo [7], o estudo do estoque de carbono do solo será em um delineamento inteiramente casualizado, para cada uma das áreas que será avaliada.

A amostragem dos solos será realizada, coletando-se amostras de solos em nove trincheiras em cada uma das áreas experimentais. Em três trincheiras, serão coletadas amostras de solo até 1 metro de profundidade, enquanto que nas outras seis mini-trincheiras até 30 cm de profundidade. Uma trincheira central será georeferenciada em cada uma das



áreas que serão avaliadas. O esquema de distribuição das trincheiras é apresentado na figura 3.

Figura 3. Esquema de amostragem de solos na área sob pastagem e Capim-Elefante.

*Representa a trincheira central e um ponto de georeferenciamento.

Após a colheita do Capim-Elefante, serão coletadas amostras de solo, para determinação da densidade específica. A metodologia desta coleta será de amostras indeformadas de solo, através do uso um cilindro de aço inox próprio para este tipo de coleta. Posteriormente, as amostras serão secas em estufa à 30° C e passadas em peneiras de 2 mm. Concomitantemente, parte dessa amostra de solo será moída e passada em peneira de 60 mesh (0,150 mm) para determinação do teor de carbono e nitrogênio total. A determinação do teor de carbono e nitrogênio total do solo será realizada por combustão a seco usando equipamento próprio para este tipo de análise, Carbon Analyzer - LECO® CN-2000.

Para cada camada de solo amostrada calcular-se-ão os estoques (em Mg/ha), multiplicando a concentração de carbono (em %) pela densidade do solo (g/cm^3) e pela espessura da camada (cm). Como as amostras serão coletadas no campo sempre em camadas fixas, para não se incorrer em erros na interpretação dos estoques de carbono e nitrogênio, em

razão de variação nos valores de densidade do solo devido à mudança de uso da terra, os estoques serão corrigidos para cada área avaliada usando-se como referência o solo sob pastagem degradada (referência) de acordo com a seqüência de cálculos que corrige a equivalência de massa total de solo.

J. Secagem

Este experimento contemplará dois tipos de secagem, uma ao sol e outra circulação de ar forçada.

Para avaliar a viabilidade da secagem ao sol, será preparada uma área de terra nua anexa ao local de plantio, onde serão montadas leiras com o material picado oriundo das colhedoras autopropelidas com dimensões de 2 m de largura, 50 m de comprimento e 10 centímetros de espessura.

O material enleirado será coletado em três datas diferentes, a fim de se avaliar o teor de matéria seca do capim picado, a primeira com 7 dias de deposição, a segunda com 15 dias e última com 30 dias.

Para a secagem industrial, será realizada uma amostragem no momento da colheita mecanizada e o material coletado será encaminhado para um laboratório especializado no serviço de secagem industrial, a fim de avaliar o gasto energético de tal operação.

K. Estocagem

A orientação para se reduzir as perdas na estocagem do material segue a descrita por [8].

A partir do material picado, produzido pelas colhedoras autopropelidas e após secagem ao sol, será recolhido através de enfardadoras de arrasto traçadas por tratores, enfardadoras essas da marca Vicon, modelo 1290, que produzirão fardos retangulares, 2,20 x 1,20 x 0,90 m. Os fardos produzidos serão pesados e estocados de duas formas, uma sem cobertura e outra com cobertura somente sobre a face superior da pilha de fardos, com lona plástica de espessura maior ou igual a 200 micras. Serão coletadas amostras do material enfardado a cada 30 dias, a fim de se verificar a curva do teor de matéria seca e de poder calorífico do material estocado.

No momento anterior a próxima colheita do capim, os fardos serão novamente pesados com o objetivo de se verificar as possíveis perdas em matéria seca durante o período de estocagem.

L. Análise estatística

Todos os resultados dos experimentos serão analisados utilizando-se o pacote estatístico SAS/STAT® software [9].

As comparações das médias serão realizadas utilizando-se do Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

M. Croqui das áreas experimentais

Para uma melhor visualização das áreas experimentais são apresentadas nas figuras 3 e 4, abaixo, a disposição dos experimentos listados anteriormente em cada localidade.

A representação dos experimentos, através dos croquis apresentados, são apenas ilustrativas, não estando em escala.

O croqui representado na figura 3 mostra a alocação dos experimentos que serão implantados na área experimental de Paraíso das Águas/MS.

O formato retangular da área do experimento indicado pela figura 3 foi orientado para que possibilitasse melhores

tomadas de tempo para avaliação do rendimento operacional das colhedoras autopropelidas.

As discriminações de cada sigla apresentada no croqui, assim como suas respectivas áreas, são descritas na tabela II abaixo.

Assim como na área experimental de Paraíso das Águas/MS, o croqui representa a alocação dos experimentos que serão implantados na área experimental de Novo Mundo/MT (Figura 4).

O formato da área experimental indicado na figura 4, bem como a disposição dos experimentos na área, foi projetado prioritariamente para dispor os experimentos na melhor condição de solo, de tal forma que o histórico da área não viesse interferir nos resultados de produção de matéria seca por hectare.

As discriminações de cada sigla apresentada no croqui, assim como suas respectivas áreas, seguem na tabela III.

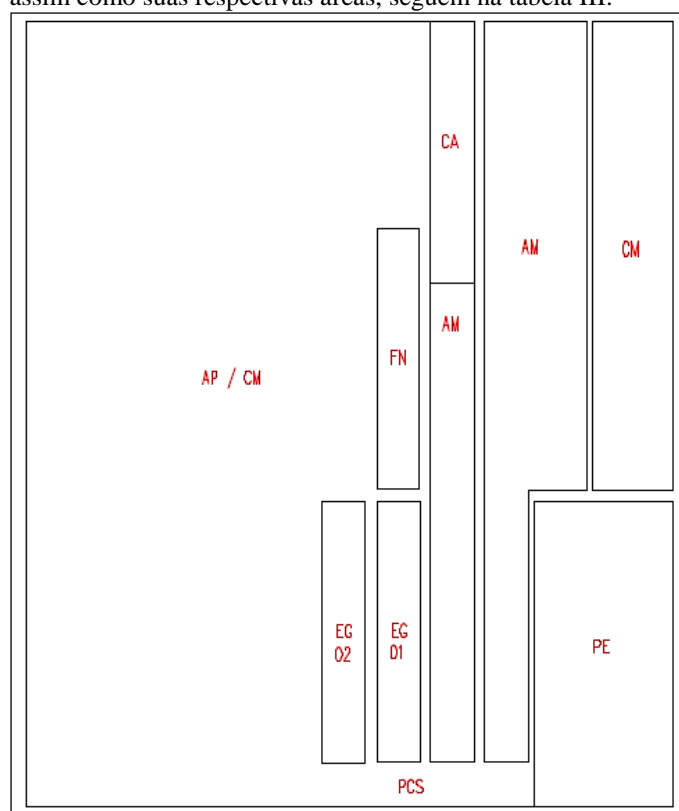


Figura 3. Croqui da área experimental de Paraíso das Águas/MS.

Tabela II. Área experimental de Paraíso das Águas/MS.

| Nome | Experimento | Área Ha |
|------|--|---------|
| PE | Avaliação de espaçamento de plantio | 0,9 |
| CM | Colheita mecanizada | 0,7 |
| AM | Área destinada a produção de mudas | 1,8 |
| CA | Curva de produção de biomassa <i>versus</i> níveis de adubação nitrogenada | 0,3 |

| | | |
|------------|--|------|
| EG 01 | Plantio tardio | 0,3 |
| EG 02 | Plantio tardio | 0,3 |
| FN | Uso de fonte alternativa de nitrogênio | 0,3 |
| PCS | Ensaio de competição entre espécies | 0,1 |
| AP / CM | Área destinada a produção de mudas e testes de colheita mecanizada | 5,3 |
| Área total | | 10,0 |

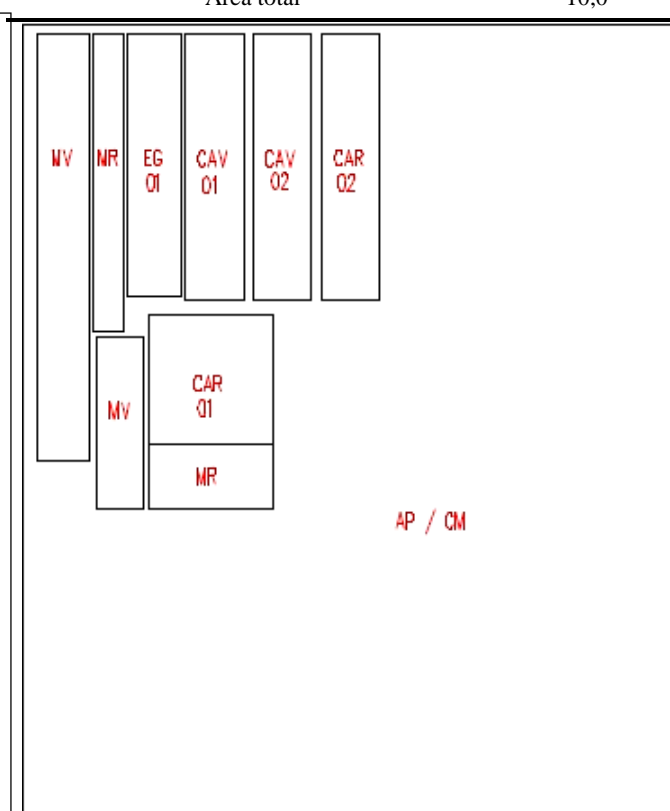


Figura 4. Croqui da área experimental de Novo Mundo/MT.

Tabela III. Área experimental de Novo Mundo/MT.

| Nome | Experimento | Área ha |
|--------|---|---------|
| MV | Área de mudas de Capim Elefante Cameroon | 0,7 |
| MR | Área de mudas de Capim Elefante Roxo | 0,4 |
| EG 01 | Plantio tardio | 0,3 |
| CAV 01 | Curva de produção de biomassa <i>versus</i> níveis de adubação nitrogenada (capim Cameroon) | 0,3 |
| CAR 01 | Curva de produção de biomassa | 0,3 |

| versus níveis de adubação nitrogenada (capim Roxo) | | |
|--|--|------|
| CAV 02 | Curva de produção de biomassa versus níveis de adubação nitrogenada (capim Cameroon) | 0,3 |
| CAR 02 | Curva de produção de biomassa versus níveis de adubação nitrogenada (capim Roxo) | 0,3 |
| AP / CM | Área destinada a produção de mudas e testes de colheita mecanizada | 7,4 |
| Área total | | 10,0 |

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento em questão está em andamento, em ambas as áreas experimentais indicadas neste documento e, portanto, os dados experimentais obtidos até o momento não podem gerar dados conclusivos, visto que os mesmos são parciais, motivo pelo qual as análises finais, bem como a análise estatística não fazem parte deste texto.

Os resultados finais que serão obtidos nos experimentos listados neste documento, bem como as conclusões dos mesmos serão publicados posteriormente.

Independente da produção dos dados finais, diversas considerações podem ser feitas neste momento, já que com o andamento do experimento algumas dificuldades foram detectadas.

Uma observação importante foi realizada na área experimental de Paraíso das Águas/MS logo na primeira seca, após o plantio inicial do Capim-Elefante, momento ideal para a realização do processo de colheita mecanizada, pois com a baixa umidade do solo o trânsito de máquinas produz reduzido efeito sobre compactação do solo, além de ser uma fase da planta onde já não há mais acúmulo de biomassa por falta de água e, por isto mesmo, as plantas também se apresentam com menor teor de umidade, qualidade esperada para uma biomassa que será queimada em caldeira. A observação em questão está diretamente relacionada com a umidade das plantas, surpreendentemente as plantas apresentavam menos do que 40% de umidade, quando o valor normalmente esperado seria de 50 a 70%. Este fato se deu por conta da seca severa ocorrida na região. Apesar do valor de umidade ser favorável, isto também incorreu em grande senescência das folhas, situação que ocasiona perdas no processo de colheita.

O excesso de folhas secas depositadas sobre o solo também pode causar riscos de incêndio, através do excesso de biomassa seca que adere às colhedoras autopropelidas durante o processo de colheita. O excesso de atrito das partes móveis da colhedora com a palhada seca, somado ao excesso de calor emanado pela operação da máquina, possibilita a combustão espontânea da biomassa.

Desta forma, análises para a determinação da curva de umidade e perdas de folhas por senescência foram incorporadas aos experimentos originais, de tal forma que possibilitem a determinação da melhor janela de corte para que se obtenha a máxima eficiência em produção, qualidade do

combustível e colheita.

No início do segundo período chuvoso, houve um ataque severo de percevejo castanho (*Atarsocoris brachiariae*) no viveiro que gerou as mudas dos experimentos localizados em Paraíso das Águas/MS e, tanto no viveiro como nas demais áreas do experimento, ocorreu um ataque severo de cigarrinha das pastagens (*Zulia entrecoriana* e *Deois flavopicta*).

Tais ocorrências nos obrigarão a adotar um controle preventivo contra estas pragas. Para o percevejo castanho, que é uma praga polífaga e de hábito subterrâneo, faremos uma aplicação de uma fonte com alta concentração de enxofre ou passaremos a utilizar sulfato de amônia como fonte de adubação nitrogenada, pois o enxofre repele esta praga.

Para o controle preventivo das cigarrinhas das pastagens passaremos a utilizar o controle biológico, através do *Metarhizium anisopliae* [10]. Esta ação que permite o controle por um período maior de carência e, ainda, possui certo controle sobre o percevejo castanho quando este sai do solo para a revoada.

Por conta da alta infestação de plantas invasoras de folha estreita (gramíneas) no experimento de Novo Mundo/MT, passaremos a realizar o controle químico com herbicidas pós plantio do Capim-Elefante e pré-emergente das plantas invasoras, visto que o controle através de capina manual ocasionou nível de controle bastante reduzido e não chegou ao patamar desejado.

Durante os primeiros plantios, observou-se que é possível a realização de sulcos mais profundos, tal atitude possibilitará a cobertura dos mesmos de forma mecanizada, através do uso de grades niveladoras, ao invés da cobertura manual. Este manejo poderá aumentar de forma contundente o rendimento operacional do plantio, reduzindo inclusive o custo desta etapa.

As adubações de cobertura iniciais foram realizadas de forma manual, após o teste com o uso de carriola adubadora com diferentes regulagens de saída para o fertilizante, própria para pequenas áreas de cultivo, observou-se que é possível manter um elevado grau de controle da aplicação, garantindo maior rendimento operacional na condução de experimentos desta natureza.

IV. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos diversos colaboradores, em cada uma das localidades onde os experimentos são conduzidos, pelo apoio dedicado e fundamental para a realização dos diversos trabalhos de campo. Ao pessoal da Fazenda Marechal Rondon, Paraíso das Águas/MS, por intermédio do Senhor José Hilário e Senhora Irma Grisuk, ao pessoal da Fazenda São João, Água Clara /MS, por intermédio dos Senhores Pedro Lemos e José Domingos Lot, ao pessoal da Fazenda Nhandu, Novo Mundo/MT, por intermédio dos Senhores Rogério Gauer e Odivar Marcos Leal.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. M. Quesada, C. Frade, A. Resende, J. C. Polidodo, V. M. Reis, R. Boddey, B. J. R. Alves, S. Urquiaga and D. Xavier, "A fixação biológica de nitrogênio como suporte para a produção de energia renovável," in *Proceedings of the 3. Encontro de Energia no Meio Rural*, 2000, Campinas (SP, Brazil) [Online]. Disponível em

<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000002200000100031&lng=en&nrm=iso> .

- [2] R. F. de Moraes, B. J. de Souza, J. M. Leite, L. H. de B. Soares, B. J. R. Alves, R. M. Boddey and S. Urquiaga, "Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion," *Pesq. Agropec. Bras.*, vol. 44, pp. 133-140, Fev. 2009.
- [3] L. R. A. Rodrigues, F. A. Monteiro and T. J. D. Rodrigues, "Capim elefante", in *Anais. 2001. Simpósio sobre manejo da pastagem, 17*, Piracicaba, pp. 203-224.
- [4] M. A. Brand, "Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem," Tese de Doutorado, Dep. Ciências Florestais, Univ. Federal do Paraná, 2007.
- [5] R. F. de Moraes, L. H. de B. Soares, C. p. Jantalia, B. J. R. Alves, R. M. Boddey and S. Urquiaga "Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) para uso como fonte alternativa de energia," Embrapa Agrobiologia, Seropédica. *Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento*, 41, 2008.
- [6] A. J. Heinrichs and P.J. Kononoff, "Evaluating particle size of forages and TMRs using the new Penn State Forage Particle Separator," *Technical Bulletin*, College of Agriculture Science, Cooperative Extension. DAS 02-42, 2002.
- [7] J. L. N. Carvalho, "Dinâmica de carbono e fluxo de gases do efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado," Tese de Doutorado, Dep. Solos e Nutrição de Plantas, Univ. de São Paulo, Escola Superior de Agr. "Luiz de Queiroz", 2009.
- [8] D. M. Ball, D. H. Bade, G. D. Lacefield, N. P. Martin and B. W. Pinkerton, "Minimizing Losses in hay storage and feeding", *National Forage Information Circular*, 98-1. Graphic Center: Sacramento, Ca., 1998.
- [9] SAS Institute Inc., *SAS/STAT® User's Guide, Version 8*, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999.
- [10] M. F. A. Pereira, R. A. L. Benedetti and J. E. M. Almeida, "Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle de *Deois flavopicta* (Stal., 1854), em pastagem de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*)," *Arch. Inst. Biol.*, v.75, n.4, pp- 465-469, 2008.