

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO  
TRÓPICO ÚMIDO

USO DE MILHETO, SORGO E BRAQUIÁRIA COMO FORRAGEM NO  
PERÍODO SECO DO ANO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA E PECUÁRIA  
NA REGIÃO AMAZÔNICA

EVANDRO KONRAD HOFFMANN

Manaus – AM  
Fevereiro - 2016

EVANDRO KONRAD HOFFMANN

USO DE MILHETO, SORGO E BRAQUIÁRIA COMO FORRAGEM  
NO PERÍODO SECO DO ANO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA E  
PECUÁRIA NA REGIÃO AMAZÔNICA

EVERTON RABELO CORDEIRO

FELIPE TONATO

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus – AM  
Fevereiro – 2016

## FOLHA DE APROVAÇÃO

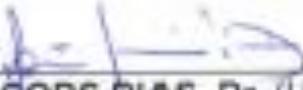
A Banca Julgadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**TÍTULO:** "USO DE MILHETO, SORGO E BRANQUIÁRIA COMO  
FORRAGEM NO PERÍODO SECO DO ANO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA E  
PECUÁRIA NA REGIÃO AMAZÔNICA"

**AUTOR:**

EVANDRO KONRAD HOFFMAN

**BANCA JULGADORA:**

  
FÁBIO JACOBS DIAS, Dr. (UFAM)  
(Membro)

  
ROGÉRIO PERIN, Dr. (EMBRAPA)  
(Membro)

  
RAIMUNDO NONATO CARVALHO DA ROCHA, Dr.  
(EMBRAPA)  
(Membro)

Manaus, 15 de fevereiro de 2016.

H699u Hoffmann, Evandro Konrad

Uso de milheto, sorgo e branquiária como forragem no período seco do ano em integração lavoura e pecuária na região amazônica / Evandro Konrad Hoffmann. --- Manaus: [s.n.], 2016.

54 f. : il., color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2016.

Orientador: Everton Rabelo Cordeiro.

Coorientador: Felipe Tonato.

Área de concentração : Agricultura de Trópico Úmido.

1.Milheto - forragem. 2. Sorgo – forragem. 3.Branquiária – forragem. I.Título

CDD 631

**Sinopse:**

Avaliar a produtividade das forrageiras milheto, sorgo e braquiária na entressafra, após cultivo do milho, manejadas em sistemas de plantio direto e preparo convencional.

**Palavras-chave:** Forrageiras anuais, sistema integrado, entressafra, terra firme.

*A minha esposa Bruna Nogueira L. Konrad, por toda dedicação e apoio.*

*Aos meus pais Eraldo e Valéria Konrad, por todo incentivo.*

*A todos os produtores e pecuaristas do Amazonas*

*Com muita satisfação.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço acima de tudo e por tudo, a Deus, pela misericórdia e força de todos os dias.

A minha esposa Bruna pela compreensão e auxílio nas análises.

Ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia pela oportunidade e suporte ao meu crescimento profissional.

A FAPEAM pela bolsa concedida.

Ao meu orientador Dr. Everton Rabelo Cordeiro, minha gratidão por aceitar orientar e auxiliar neste trabalho, compartilhando assim seus conhecimentos e experiências acadêmicas.

Ao meu co-orientador, Dr. Felipe Tonato, por compartilhar seus conhecimentos, pela paciência e apoio em todas as etapas deste trabalho, mostrando-se sempre disposto a auxiliar em meu crescimento profissional.

Aos funcionários da Embrapa Amazônia Ocidental, onde se realizou este trabalho.

Aos alunos de iniciação científica Daniel Cid Vieira Prestes e Braitner Costa de Oliveira por toda a ajuda nos trabalhos de campo.

A equipe do LCPD/ UFAM, pela ajuda oferecida.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho os meus sinceros agradecimentos. Que o Senhor Deus abençoe-os.

MUITO OBRIGADO.

## **Uso de milho, sorgo e braquiária como forragem no período seco do ano em integração lavoura e pecuária na região amazônica.**

**RESUMO** - A pecuária de corte é considerada uma das principais causas do desmatamento do bioma amazônico, pois para a formação das pastagens ainda adota métodos que levam a degradação e novos desmatamentos. Sistemas integrados entre agricultura e pecuária têm sido propostos como forma de estabelecer um sistema de produção mais sustentável, viabilizando a manutenção da pecuária nas áreas já consolidadas e diminuindo o desmatamento. O objetivo foi avaliar a produtividade de culturas forrageiras (milho, sorgo e braquiária), em sistemas agropastoris em terra firme nas condições amazônicas. Foram avaliadas parcelas de 25m<sup>2</sup> (5 x 5) de dois cultivares de milho (ADR 300 e ADR 500), duas de sorgo (BRS 810 e BRS 802) e uma de braquiária (Marandu), semeadas em plantio direto e convencional, arrançadas em delineamento de blocos com quatro repetições, foram implantadas em sistema de integração lavoura pecuária, após a colheita da safra de milho. O período experimental se estendeu de abril a outubro de 2015. Parâmetros químicos e físicos ligados ao solo foram avaliados. Entre as forrageiras a Marandu apresentou maior produção de massa seca que os demais tratamentos. A participação dos constituintes morfológicos das forrageiras na massa total foi semelhantes nos dois sistemas de cultivo. O acúmulo de prolina ao longo dos três períodos de corte não apresentou diferença nos sistemas, no entanto entre espécies a Marandu teve maior acúmulo. Conclui-se portanto que a forrageira *Brachiaria brizantha* cv Marandu é uma alternativa de cultivo em sistemas de integração lavoura pecuária em períodos de seca.

**Palavras-chave** - Forrageiras anuais, sistema integrado, entressafra, terra firme.

**ABSTRACT** - The beef cattle production is considered one of the major deforestation causes in the Amazon biome, since in the grasslands implantation still adopts traditional methods that lead to degradation and further deforestation. Integrated systems of agriculture and livestock have been proposed as a way to establish a more sustainable production system, enabling the maintenance of livestock in areas already consolidated and reducing deforestation. The project objective was to evaluate the productivity of forage crops (millet, sorghum and Brachiaria) in agropastoral systems on Amazonian dry land conditions. Evaluations were made in plots of 25m<sup>2</sup> (5 x 5) of two cultivars of millet (ADR 300 and ADR 500), two sorghum (BRS 810 and BRS 802) and a braquiária (Marandu), seeded in no-tillage and conventional tillage, arranged in randomized block design with four replications, were implanted in agriculture livestock system integration, after the harvest of the corn crop. The experimental period lasted from April to October 2015. Chemical and physical parameters related to the soil were evaluated. Among the forages Marandu showed higher dry matter yield. The participation of forage morphological constituents in the total mass was similar in both systems. The proline accumulation over the three periods of cutting did not differ into the systems, however among species Marandu had higher accumulation. It therefore concludes that the forage Marandu is a cropping alternative in agriculture livestock integration systems in drought times.

**Key words – Annual forages, integrated system, off season, dry lands.**

## SUMÁRIO

I	LISTA DE TABELAS.....	10
II	LISTA DE FIGURAS.....	11
1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	Pecuária no estado do Amazonas.....	13
2.1.1	Pecuária de várzea.....	13
2.1.2	Pecuária de terra firme.....	14
2.2	Integração lavoura e pecuária.....	15
2.2.1	Milho.....	17
2.2.2	Milheto.....	18
2.2.3	Sorgo.....	19
2.2.4	Braquiária.....	20
2.3	Formas de preparo do solo.....	20
2.3.1	Plantio direto.....	21
2.3.2	Preparo convencional.....	22
3.	OBJETIVOS.....	23
3.1	Geral.....	23
3.2	Específicos.....	23
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1	Caracterização da área de estudo.....	23
4.2	Demarcação da área e divisão dos tratamentos experimentais.....	26
4.3	Tratos culturais.....	26
4.4	Análises químicas do solo.....	28
4.5	Análises físicas do solo.....	29
4.6	Avaliação da decomposição da biomassa.....	30
4.7	Avaliações da produtividade e características morfológicas das forrageiras.....	31
4.8	Quantificação do acúmulo de prolina.....	33
4.9	Análises estatísticas.....	34
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
6.	CONCLUSÕES.....	44
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

## I LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Histórico do uso da área do experimento localizada no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, AM-010, km 29, Manaus-AM, 2014.....	25
Tabela 2. Semeadura das cultivares de sorgo, milho e braquiária com seus respectivos valores culturais (Vc). Manaus-AM, 2016. ....	27
Tabela 3. Resultado da análise de solo dos tratamentos experimentais no sistema de plantio direto e preparo convencional. Manaus-AM, 2016.....	29
Tabela 4. Altura de corte (C) e altura de resíduo (R) em metros das forrageiras em sistema (SIST) de plantio direto (PD) e convencional (PC) e os respectivos intervalos de corte (1°, 2° e 3° CORTE) . Manaus-AM, 2016. ....	33
Tabela 5. Avaliação da decomposição da palhada do milho em sistema de integração lavoura e pecuária com as forrageiras milho, sorgo e braquiária ao final de três períodos de corte. Manaus-AM, 2016. ....	36
Tabela 6. Estimativas dos nutrientes reciclados, provenientes da palhada do milho depositada nas parcelas, após o período de avaliação das forrageiras. Manaus-AM, 2016.....	37
Tabela 7. Umidade do solo no plantio direto (PD) e convencional (PC) ao longo do período de avaliação das forrageiras com a média das respectivas precipitações pluviométricas (PP) em sistema de integração lavoura e pecuária. Manaus-AM, 2016.....	38
Tabela 8. Produtividade acumulada de massa seca das forrageiras milho, sorgo e braquiária ao final de três períodos de corte em sistema de integração lavoura e pecuária. Manaus-AM, 2016.....	40
Tabela 9. Constituintes morfológicos das forrageiras, material morto (M.MORTO), lâminas foliares (FOLHA), colmo com bainha (COLMO), inflorescência (INFLO) e relação folha colmo (F/C) em sistema de plantio direto (PD) e preparo convencional (PC). Manaus-AM, 2016.....	42
Tabela 10. Produção acumulada de prolina das forrageiras milho, sorgo e braquiária ao final de três períodos de corte em sistema de integração lavoura e pecuária. Manaus-AM, 2016. ....	43

## II LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem de satélite da cidade de Manaus com destaque para a localização da Embrapa e INPA. Fonte: Adaptado de Google Earth (11/07/2011).....	24
Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal de 2014 e parte de 2015, comparada a série Histórica 1971-2009. Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental, no Km 29 da Rodovia Am-010. ....	25
Figura 3. Detalhes do cultivo do milho antes da implantação das forrageiras. Manaus-AM, 2016.....	26
Figura 4. Operação de semeadura nos sulcos das parcelas experimentais com a semeadeira Wolf. Manaus-AM, 2016. ....	28
Figura 5. Demonstração das ferramentas de medida da compactação e umidade do solo. Manaus-AM, 2016.....	30
Figura 6. Imagens das principais etapas da avaliação da decomposição da biomassa. Manaus-AM. 2016.....	31
Figura 7. Medições de altura antes e após o corte com régua graduada em centímetros, em cinco pontos aleatoriamente distribuídos na área útil (descontadas as bordaduras) em cada unidade amostral. Manaus-AM, 2016.	31
Figura 8. Imagens das etapas de avaliação das forrageiras. Manaus-AM, 2016. ....	32
Figura 9. Medição da compactação do solo (kPa) em sistema de plantio direto e convencional com auxílio do penetrômetro eletrônico da Sonda Terra. Umidade do solo de 33,3 e 31,2 % para plantio direto e convencional respectivamente. Manaus-AM, 2016.....	39

## 1. INTRODUÇÃO

A forma tradicional de execução da pecuária no Norte do país, com a derrubada e queima da floresta, exploração da fertilidade do solo até seu esgotamento e subsequente abandono para abertura de novas áreas (Denich *et al.*, 2004), tem deixado o legado de destruição da floresta e geração de grandes áreas degradadas no Bioma amazônico (Margulis, 2003; Fearnside, 2005). Estimativas apontam que algo em torno de 60% dos aproximadamente 70 milhões de hectares com pastagens na região amazônica estejam de alguma forma degradados (Dias-Filho e Andrade, 2006).

Uma das principais alternativas para interromper essa forma de exploração predatória, mantendo as áreas pastoris produtivas, e possibilitar a reincorporação de grandes áreas degradadas ao processo produtivo tem sido a integração lavoura e pecuária (Franke e Furtado, 2001; Dias-Filho, 2007).

Nesses sistemas integrados, a cultura do milho vem apresentando resultados convincentes (Fancelli e Dourado-Neto, 2000), devido principalmente as suas utilidades no meio agrícola e na indústria, assim como também em função do conhecimento adquirido no cultivo da espécie, e no melhoramento genético.

Um dos pontos de estrangulamento nos sistemas integrados de produção na Região Norte, é o final do período de safra e início da entressafra, marcado pelo fim do período regular de chuvas. Nesse período, as áreas destinadas à agricultura ficam ociosas ou ocupadas por culturas agrícolas com alto risco de insucesso por adversidades climáticas, e os rebanhos iniciam a fase de menor disponibilidade de alimento em decorrência da diminuição da capacidade produtiva das pastagens.

O cultivo de forrageiras anuais de ciclo curto, menor demanda hídrica e nutricional, como o milheto e o sorgo forrageiro (Medeiros, 1976), pode se configurar em estratégia viável para amenizar esses problemas, aumentando a oferta de alimentos, melhorando a dieta do rebanho (Boller e Gamero, 1997), proporcionando cobertura permanente do solo, rotação de culturas, diversificação de receitas e diluição dos riscos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Pecuária no estado do Amazonas

A pecuária bovina tem sido o principal destino das grandes áreas desmatadas para plantio de gramíneas no Amazonas, conseqüentemente são nessas áreas que se concentram a maior parte de pastagens degradadas do estado (Razera, 2005).

O rebanho bovino do Amazonas conta com aproximadamente 1.326.088 animais, distribuídos em 20.070 produtores que possuem aproximadamente 1.941.137 ha de pastagem, com taxa de lotação média de 0,7 animais ha<sup>-1</sup> (ADAF, 2013). Essa capacidade de suporte das áreas de pastagens das propriedades rurais do Amazonas inferior a 1 animal ha<sup>-1</sup>, deve-se em grande parte à forma tradicional extrativista de produção e aos processos de degradação das pastagens dela decorrentes (Hoffmann, 2012; Dias-Filho, 2007).

#### 2.1.1 Pecuária de várzea

Estima-se que a várzea do rio Amazonas e seus afluentes possuam uma área de aproximadamente 25 milhões de hectares (Silva, 1994). Nessas áreas, a pecuária é atividade comumente empregada pelas comunidades ribeirinhas do estado do Amazonas. Sendo importante componente no sistema de produção familiar. Tal sistema de produção, geralmente é composto também pela caça, cultivo, extração de madeira, extração vegetal, criação de outros animais, pesca, roça, sítio e hortaliça/sítio (Sales *et al.*, 2008). Portanto, de acordo com NODA *et al.* (2007) a pecuária de animais de grande porte, bovinos e bubalinos, é tida pelas famílias tradicionais como espécie de “poupança” para eventualidades inesperadas.

Os desafios enfrentados pela família durante o ano para manter seu rebanho são inúmeros, principalmente nos períodos de cheia dos rios. No município do Careiro da Várzea foi observado que esse período, geralmente, tem duração média de cinco meses, iniciando próximo ao mês de março e podendo se estender até o mês de julho (Castro *et al.*, 2009).

As inundações periódicas levaram as famílias a desenvolver algumas estratégias para sobrevivência do seu rebanho, como construções de marombas

(currais flutuantes/elevados) ou transporte do gado para pastos de terra firme, a venda e/ou consumo dos animais (Sales *et al.*, 2008).

As marombas são alternativas para as famílias por evitar os gastos com deslocamento de ida e volta do gado até pastagens de terra firme (Noda *et al.*, 2007). Porém, a falta de forragem nesse período pode comprometer a sua utilização necessitando, portanto de um excedente no período de diminuição no nível dos rios, a vazante, para suprir as necessidades dos animais (Townsend *et al.*, 2012). É nesse momento que a integração lavoura e pecuária pode contribuir de maneira significativa, não apenas para suprir a demanda de forragem na cheia dos rios como também atender outras finalidades das famílias, entre elas, a alimentação dos outros animais, e a geração de renda com a venda da produção de grãos (Kluthcouski *et al.*, 2012).

Uma das grandes vantagens da pecuária de várzea que facilita a integração lavoura pecuária é a deposição anual de nutrientes com o processo de subida e descida das águas sobre o solo de várzea. Esse processo acaba repondo em grande parte os nutrientes que foram exportados no ano anterior, sempre mantendo níveis de fertilidade adequados para produção de biomassa (Townsend *et al.*, 2012).

### **2.1.2 Pecuária de terra firme**

A pecuária de terra firme diferentemente da várzea, necessita em sua grande maioria da abertura de áreas de floresta para implantação da pastagem, por isso frequentemente é apontada como uma das grandes responsáveis pela degradação desse bioma (Margulis, 2003; Alencar *et al.*, 2004). Os solos após a derrubada e queima da floresta nativa, recebem deposição de cinzas em sua superfície que momentaneamente melhoram os seus atributos químicos e proporcionam melhora na produtividade inicial das forrageiras (Giardina *et al.*, 2000).

Em pouco tempo, a falta de reposição dos nutrientes, erosão do solo, deflúvio superficial (runoff), lixiviação, deposição concentrada dos dejetos pelos animais em locais específicos (saleiro, curral, bebedouro, etc) e a própria exportação dos nutrientes pelos animais, são as principais causas que levam a pastagem a entrar gradualmente no processo de degradação (Dias-Filho, 2007).

Nas propriedades na região amazônica é comum observarmos a degradação agrícola e biológica das pastagens (Dias-Filho, 2007). A degradação agrícola

consiste apenas em mudança na composição botânica da pastagem devido aos processos naturais de sucessão secundária, aliada ao manejo inadequado durante a implantação da pastagem (Araujo, 2011). A degradação biológica caracteriza-se por intensa diminuição da biomassa vegetal da área, proporcionada pela alteração nas características físicas, químicas e biológicas do solo (Wadt *et al.*, 2003).

A literatura aponta várias alternativas para recuperação ou renovação de pastagens degradadas, porém, a integração lavoura e pecuária, por aspectos técnicos e econômicos, tem sido apontada como promissora para a reincorporação dessas áreas ao processo produtivo (Franke e Furtado, 2001; Dias-Filho, 2007).

A sustentabilidade agropecuária, tendo como enfoque o produtor, proporcionada pelo sistema de integração lavoura e pecuária comparado ao sistema tradicional de exploração pecuária possibilita produção intensiva da área durante o ano todo com redução de custos e agregação de valores (Kluthcouski *et al.*, 2012). Em casos de renovação de pastagens degradadas a integração lavoura e pecuária proporciona principalmente a mitigação dos custos de correção de acidez, adubações periódicas, descompactação, controle de plantas daninhas, pela venda dos grãos produzidos na lavoura (Dias-Filho, 2007).

## **2.2 Integração lavoura e pecuária**

Sistema de produção que integra os cultivos de pastagens perenes ou anuais, destinadas preferencialmente a produção animal, e culturas agrícolas destinadas principalmente à produção de grãos (Balbinot Jr *et al.*, 2009). A integração lavoura e pecuária é um sistema que permite a ocupação intensa dos recursos disponíveis no agrossistema, explorando com eficiência os fatores bióticos e abióticos disponíveis para maximização da produção vegetal e animal (Entz *et al.*, 2002; Rao *et al.*, 2003).

Sob esse enfoque, a integração lavoura e pecuária passa a ser uma das principais alternativas factíveis ao produtor, devido à relação custo benefício, normalmente proporcionada pelo sistema (Franke e Furtado, 2001). Essa integração de espécies permite melhor aproveitamento dos nutrientes residuais de adubações anteriores, diminuindo perdas, proporcionando cobertura permanente do solo e disponibilizando gradualmente os nutrientes oriundos da palhada para a próxima cultura através do plantio direto (Resende *et al.*, 2009; Andrade-Junior *et al.*, 2002).

O sistema de exploração possui influência direta na dinâmica do carbono orgânico no solo e de acordo com Carvalho (2009), um sistema de integração lavoura e pecuária apresentou estoques de carbono no solo variando entre 0,82 e 2,58 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valores superiores aos encontrados para pastagens não degradadas 0,46 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

A recuperação de pastagens degradadas para implantação de sistemas de integração lavoura e pecuária tem se mostrado promissora no sequestro de carbono e mitigação dos gases do efeito estufa devido ao acúmulo de carbono orgânico no solo (Oliveira *et al.*, 2007).

A escolha das culturas devido ao seu padrão produtivo possui importância fundamental no momento da implantação de sistema integrado de lavoura e pecuária (Kluthcouski *et al.*, 2012). Espécies de ciclo curto, menores necessidades nutricionais, capacidade de fixação de nitrogênio através da simbiose e menores necessidades hídricas podem proporcionar grandes vantagens no ecossistema amazônico (Dias-Filho, 2007; Medeiros, 1976).

Espécies como milheto e sorgo ou a própria braquiária cultivada em consórcio ou sucessão a cultura do milho são exemplos de aumento do acúmulo de carbono orgânico no solo, melhor exploração dos recursos naturais e conseqüentemente maior tolerância ao estresse hídrico (Kluthcouski *et al.*, 2012).

Metodologias capazes de avaliar a tolerância de diferentes espécies ao estresse hídrico tornam-se um grande desafio para selecionar forrageiras em sistema de integração lavoura e pecuária capazes de solucionar a baixa oferta de forragens no período seco. No entanto sabe-se que as plantas expostas a condições de estresse acumulam uma série de metabolitos, em especial aminoácidos (Hayat *et al.*, 2012).

Os aminoácidos são tradicionalmente considerados como precursores e componentes de proteínas, exercendo um papel importante na planta. Dentre uma série de aminoácidos, um grande conjunto de dados permite a correlação positiva entre o acúmulo de prolina e estresse da planta (Hayat *et al.*, 2012).

A síntese de prolina em plantas está estreitamente relacionada com o potencial hídrico dos tecidos. Plantas que se encontram em condições de estresse hídrico ou salino costumam apresentar elevados teores de prolina em comparação a plantas em condições normais. Isto se dá devido a função osmoprotetora que a

prolina possui, pois ajuda a baixar o potencial hídrico dos tecidos e, assim, reter a água (Kerbauy, 2004).

A acumulação da prolina nos tecidos das plantas submetidas ao estresse hídrico pode estar associada também com a capacidade de adaptação das plantas à seca (Pinho e Ansel, 1995).

### 2.2.1 Milho

As inúmeras finalidades que o milho (*Zea mays*) possui em uma propriedade agrícola e na indústria o tornam umas das culturas agrônomicas mais utilizadas no sistema de integração lavoura e pecuária (Fancelli e Dourado-Neto, 2000). Esse sucesso levou a sua disseminação por praticamente todo o país, com grande volume de conhecimento gerado, em um vasto número de pesquisas.

De acordo com Alvarenga *et al.* (2006), o milho é uma espécie exigente em fertilidade do solo e o seu período crítico de interferência por plantas daninhas situa-se entre 20 e 40 dias após a sua emergência.

A produtividade média nacional de milho está em torno de 4.972 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que a produtividade média no estado do Amazonas está em torno de 2.390 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013). Porém, já foram obtidas produtividades bastante expressivas no estado do Amazonas, 6.664 kg ha<sup>-1</sup> e 4.943,1 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente com híbridos simples e variedades (Oliveira *et al.*, 2013).

No estudo de Wisniewski e Holtz (1997) na decomposição das palhadas de milho e aveia preta em Carambeí-PR, por um período de 370 dias, verificaram que a palhada do milho manteve-se por mais tempo no solo, devido à alta relação C/N e ao alto teor de lignina, mostrando uma perda de 49% de massa em 149 dias.

Calonego *et al.* (2012) avaliando persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe verificaram ao final dos 135 dias de avaliação, redução de 55%, 41% e 42% da massa seca de palha de labe-labe, milho e braquiária, respectivamente.

Portanto, além do milho apresentar efeito direto em amortizar os custos da implantação ou renovação de uma pastagem, possui efeito indireto na proteção do solo através da deposição da palhada após a colheita dos grãos em sistema de plantio direto (Calonego *et al.*, 2012; Wisniewski e Holtz, 1997; Kluthcouski *et al.*, 2012).

### 2.2.2 Milheto

O milheto *Pennisetum glaucum* (L) é uma gramínea anual de verão, cespitosa, de crescimento ereto, que apresenta excelente produção de perfilhos e vigorosa rebrota após corte ou pastejo. A estatura do colmo pode superar 3 m, podendo atingir 1,5 m entre 50 e 55 dias após a emergência, nesse período também ocorrem às primeiras emissões da inflorescência. Apresenta folhas com lâminas largas e inflorescência na forma de panícula longa e contraída. Necessita uma disponibilidade hídrica em torno de 30 mm para germinar e uma precipitação para crescimento vegetativo em torno de 300 mm anuais. A temperatura ótima para o desenvolvimento do milheto está entre 30 e 34 °C (Pereira-Filho *et al.*, 2010).

Os solos amazônicos devidos aos intensos processos de intemperização possuem elevados índices de saturação por alumínio nas camadas em superfície e sub-superfície, gerando fator de impedimento químico para as raízes (Dias-Filho, 2007; Wadt *et al.*, 2003). O milheto é uma espécie que apresenta elevada tolerância à toxidez por alumínio (Ahlrichs e Kretschmar, apud Buerkert *et al.*, 1995), podendo o sistema radicular alcançar profundidades próximas a 3,6 m, o que propicia a absorção de nutrientes e água em camadas profundas de sub-superfície onde geralmente os solos são mais úmidos (Skerman e Riveros, apud Machado *et al.*, 2003).

Aliados, a tolerância à toxidez por alumínio e a morfologia radicular da planta a maior conversão água/biomassa do milheto propiciam ótimos resultados produtivos em regiões ou épocas de menor disponibilidade hídrica, sendo considerado como umas das plantas mais resistentes ao déficit hídrico (Lira *et al.*, 1983).

Leão (2011), avaliando a composição bromatológica, frações proteicas e digestibilidade de cultivares de milheto submetidos a três alturas de corte observou que a produtividade de massa seca da cultivar ADR-500 é maior no primeiro corte (12,337 kg ha<sup>-1</sup>) e tende a diminuir gradualmente a partir do terceiro corte (8690 kg ha<sup>-1</sup>).

Pires *et al.* (2007) estudaram as cultivares ADR500, ADR300 e BN2 colhidas em vários estádios de desenvolvimento. No estádio de pré-florescimento, aos 45

dias após a semeadura, obteve produções de 6,31; 5,01 e 4,21 toneladas ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Sob esse enfoque, de acordo com as características descritas, a utilização do milho em sistemas de integração lavoura e pecuária como alternativa alimentar no período seco do ano parece ser promissora. Já que a cultura possui elevada produtividade e qualidade nutricional, obtidos num período reduzido de tempo, melhorando consideravelmente a dieta do rebanho (Moojen *et al.*, 1999).

### **2.2.3 Sorgo**

O sorgo (*Sorghum Bicolor*) forrageiro é uma planta herbácea, da família das gramíneas, que possui espículas hermafroditas, misturadas com masculinas e uma panícula terminal. O número total de folhas numa planta varia de 7 a 30, sendo geralmente de 7 a 14 para genótipos adaptados de sorgo granífero. O comprimento da folha pode chegar a mais de 1 metro, enquanto que a largura de 0,5 a 15 cm.. As plantas podem variar de 40 cm a 4 m de altura e apresentam intenso perfilhamento, possuindo da semeadura à colheita um ciclo de 100 a 160 dias (híbridos precoces) (Fornazieri-Jr *et al.*, 1999).

O sorgo, para produzir grãos, requer cerca de 25 mm de chuva após o plantio, 250 mm durante o crescimento e 25 a 50 mm durante a maturidade (Fornazieri-Jr *et al.*, 1999). As exigências de elevadas temperaturas, maiores taxas fotossintéticas e a menor demanda hídrica tornam o sorgo uma excelente alternativa para suprir a perda de produtividade das gramíneas comumente utilizadas na região norte, no período da seca (Boller e Gamero, 1997).

A maior resistência do sorgo em comparação a outras culturas anuais nos períodos secos do ano deve-se em grande parte pela forma de exploração do solo pelo seu sistema radicular. Suas raízes podem atingir 1,5 m de profundidade, e além de extensas são fibrosas e com maior número de pelos absorventes (Magalhães *et al.*, 2003).

Desenvolvimento e crescimento rápido, aliado à boa capacidade de perfilhamento após corte manual ou pastejo pelos animais, contribuem para torná-lo alternativa viável na recuperação de pastagens degradadas em sistema de integração lavoura e pecuária (Medeiros, 1976; Boller e Gamero, 1997; Magalhães *et al.*, 2003).

#### **2.2.4 Braquiária**

As gramíneas que integram o gênero *Brachiaria* tem ampla utilização em pastagens na América Tropical (Souza, 2007). No Brasil cerca de 70 milhões de hectares de pasto são compostos de *Brachiaria*, isto se dá principalmente pois estas plantas tem boa adaptabilidade a solos ácidos e pobres, resistência a seca e pragas e bom valor nutricional (Lacerda, 2007). Entre as espécies, destaca-se a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que está no mercado há 30 anos. É originária de uma região vulcânica da África, com precipitação pluviométrica anual ao redor de 700 mm e cerca de 8 meses de seca no inverno. É uma planta cespitosa, muito robusta, de 1,5 a 2,5 m de altura, com colmos iniciais prostrados, e perfilhos predominantemente eretos (Souza *et al.*, 2007).

A cultivar marandu possui adaptação às diferentes condições de solo e clima predominantes na Região Amazônica, tem facilidade para compor pastagens consorciadas com diferentes leguminosas forrageiras e possui características desejáveis para formação de sistemas agrossilvipastoris. A produção de forragem de qualidade, possibilita ganhos de peso da ordem de 500 a 600 g/animal e produção de leite de 8,0 kg por dia (Camarão e Filho, 2005).

### **2.3 Formas de preparo do solo**

Em pastagens degradadas de terra firme nos ecossistemas de floresta amazônica a recuperação da fertilidade do solo, de forma a tornar essas áreas novamente produtivas, é fundamental para evitar o avanço do desmatamento sem diminuir a renda das áreas rurais (Margulis, 2003; Dias-Filho, 2007). No entanto, a recuperação da fertilidade do solo a fim de produzir forragem suficiente para lotações elevadas, normalmente necessita da intervenção mecânica no solo, com auxílio de implementos agrícolas, principalmente para descompactação das camadas superficiais, e incorporação de corretivos e fertilizantes no perfil do solo (Kluthcouski *et al.*, 2012).

No entanto Vieira e Muzilli (1984) concluíram que o sistema de plantio direto com relação a outros sistemas de preparo, proporcionam uma camada protegida por cobertura morta não revolvida, estrutura rígida, maior resistência à deformação na

camada superficial e o solo, após uma chuva, permanece com graus mais elevados de umidade por maior período de tempo.

Zanette *et al.*, (2007) estudando a umidade do solo cultivado com soja sob sistema de plantio direto e preparo convencional verificou maior umidade média do solo na profundidade de 0 a 30 cm.

O estudo de forrageiras em diferentes formas de preparo do solo torna-se imprescindível para que sua resposta não seja comprometida pelo sistema adotado na implantação. Podemos observar na literatura, não existe uma superioridade de um sistema de plantio em relação ao outro mas sim melhor adaptação para se atingir um determinado resultado. Essa finalidade pode estar relacionada com descompactação do solo, proteção ou melhor estruturação do solo ao longo dos anos (Vieira e Muzilli, 1984). Portanto, mesmo que um sistema de plantio seja superior em determinados aspectos como; umidade do solo; porosidade do solo, pode ser inferior ou inviável em situações de baixa tecnologia na propriedade ou necessidade de incorporação de insumos.

### **2.3.1 Plantio direto**

No estado do Amazonas o plantio direto ainda é tido como tecnologia fora da realidade local, no entanto, a necessidade de intensificação das áreas exploradas para diminuir o desmatamento (Alencar *et al.*, 2004), o desenvolvimento de equipamentos adaptados à tração animal (Almeida e Silva, 1999), a facilidade de acesso ao crédito nos últimos anos (SEPROR, 2013) e os benefícios proporcionados ao solo podem contribuir para disseminação da técnica no estado.

A formação da palhada através do sistema plantio direto favorece a ciclagem dos nutrientes disponibilizando-os para as culturas subsequentes (Reicosky e Forcella, 1998), além de melhorar os atributos físicos do solo na camada de exploração radicular (Carvalho *et al.*, 1990). Esses benefícios proporcionam consequentemente aumento de produtividade ao longo dos anos, aumentando a margem de lucro e tornando o produtor ou pecuarista mais competitivo no mercado agropecuário.

A velocidade de decomposição da palhada está intimamente associada com a relação C/N, teor de lignina e polifenóis na biomassa (Aerts, 1997). Portanto, num processo de formação da palhada a finalidade do material morto sobre o solo vai

determinar a escolha das espécies. Assim, quando o objetivo é aumentar o tempo de decomposição da palhada e não a disponibilização rápida dos nutrientes, deve-se preferir espécies com maior relação C/N, teor de lignina e polifenóis (Floss, 2000; Ceretta *et al.*, 2002).

O solo desestruturado e sem proteção em condições amazônicas com precipitações pluviométricas de alta intensidade e curta duração pode proporcionar erosões irreversíveis. O escoamento superficial do solo não só acarreta perdas econômicas; sementes e fertilizantes, como ambientais; assoreamento de rios, contaminação da água, etc. (Dias-Filho, 2007). Portanto, a palhada de espécies que permaneçam por um período maior de tempo sobre o solo tornam-se mais apropriadas em situações erosão.

### **2.3.2 Preparo convencional**

Consiste no revolvimento do solo na camada superficial com auxílio de equipamentos tratorizados ou não, com o objetivo de oferecer melhores condições agrônômicas para implantação de uma cultura. Esse favorecimento concentra-se principalmente na descompactação do solo, incorporação de insumos agrícolas, controle de plantas daninhas e pragas. As operações de preparo do solo, geralmente são realizadas com uma ou duas arações, seguidas de duas gradagens (Braunak e Dexter, 1989).

A importância do sistema convencional deve-se principalmente no momento da implantação de um sistema de integração lavoura e pecuária em áreas com impedimentos físicos e químicos no perfil do solo (Kluthcouski *et al.*, 2012). Boa parte das pastagens da região norte do país foram implantadas sem o revolvimento do solo e incorporação de corretivos e fertilizantes (Dias-Filho, 2007; Araujo, 2011). Nesse aspecto, o sistema convencional passa a ser imprescindível para elevação da produtividade por área, através dos benefícios diretos aos atributos físicos do solo compactado e indiretos com a incorporação de restos culturais, corretivos e fertilizantes (Gadanha-Jr *et al.*, 1991).

Os problemas apresentados pelo uso contínuo do sistema convencional estão relacionados principalmente ao impedimento da formação de macroagregados, solo frequentemente exposto e mais suscetível à erosão, e decomposição acelerada dos restos culturais (Kluthcouski *et al.*, 2012).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade das forrageiras milheto, sorgo e braquiária na entressafra manejadas em sistemas integrados de agricultura e pecuária.

#### **3.2 Específicos**

- Avaliar a produtividade de forragem de milheto e sorgo e braquiária na entressafra.
- Avaliar o acúmulo de prolina nas forrageiras milheto, sorgo e braquiária na entressafra.
- Avaliar as características morfológicas e estruturais das plantas forrageiras.
- Avaliar as forrageiras em dois sistemas de cultivo.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1 Caracterização da área de estudo**

O experimento foi conduzido em área do campo experimental da Sede da Embrapa Amazônia Ocidental, localizado na AM-010, km 29, município de Manaus-AM, num Latossolo Amarelo distrófico, muito argiloso, em ambiente de terra firme, nas coordenadas georreferenciadas de latitude 2°53'S, longitude 59°58'W e altitude de 100 metros acima do nível do mar (Fig. 1). O clima é classificado segundo Köppen (1948) como Amw (caracterizado por ser chuvoso, úmido e quente, com maior incidência de chuvas no período de dezembro a maio).



Figura 1. Imagem de satélite da cidade de Manaus com destaque para a localização da Embrapa e INPA. Fonte: Adaptado de Google Earth (11/07/2011).

Os dados agrometeorológicos da Série Histórica (1971-2009) fornecida pela Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazonia Ocidental, no km 29 da rodovia AM 010, apresentam precipitação pluviométrica média anual de 2.619,7 mm, média mensal de 218,3 mm com maior e menor precipitação mensal nos meses de março e agosto com 329,7 e 112,1 mm respectivamente (Fig. 2). Temperatura média é de 26 °C (Max: 31,6 °C; Min: 22,3 °C), sendo que os meses de janeiro, fevereiro e março apresentam média com menor temperatura, 25,8 °C (Max: 30,7 °C; Min: 22,6 °C), e outubro apresentou média com maior temperatura, 26,8 °C (Max: 33,1 °C; Min: 22,4 °C). A umidade relativa do ar apresenta média mensal de 86,2 %, com os meses de abril e maio com maior umidade relativa do ar, 88,7%, e o mês de setembro com menor umidade relativa, 82,8%.

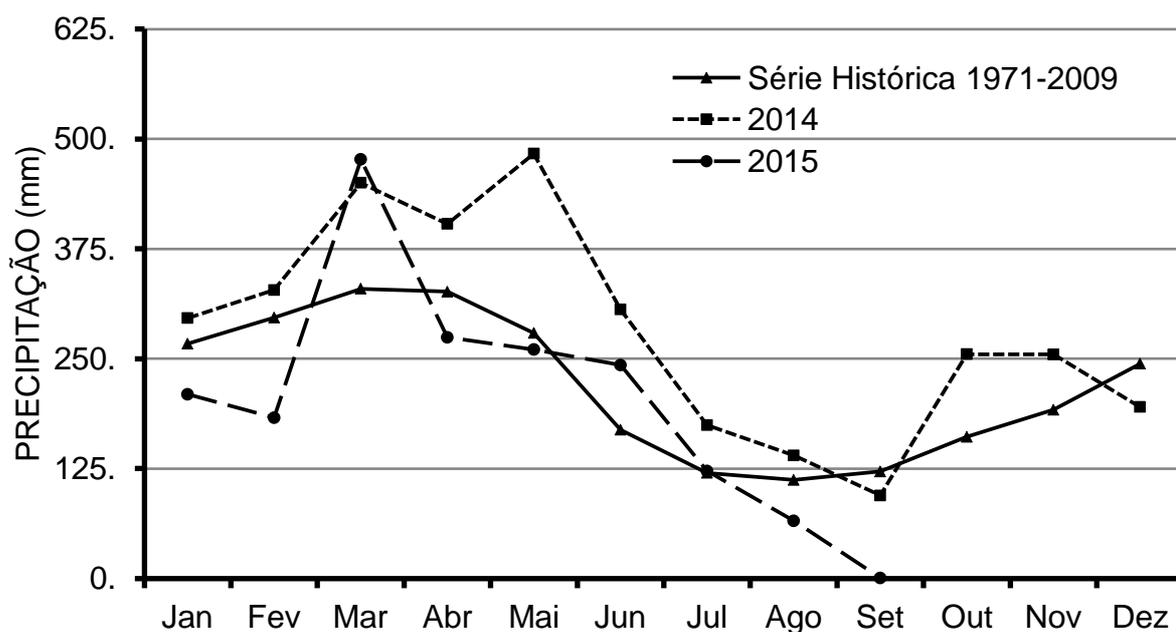


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal de 2014 e parte de 2015, comparada a série Histórica 1971-2009. Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental, no Km 29 da Rodovia Am-010.

A área começou a ser utilizada com cultivos anuais em 2012 após preparo convencional do solo com aração e gradagem e aplicação de calcário. Os cultivos de feijão caupí e milho foram realizados conforme detalhado na tabela 1.

Tabela 1. Histórico do uso da área do experimento localizada no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, AM-010, km 29, Manaus-AM, 2014.

ANO	CULTURA	IDENT.	ADUBAÇÃO DE PLANTIO	ADUB. DE COBERTURA	INSETICIDA	HERBICIDA
Abr-2012	Feijão-caupí	BRS EMBRAPA	150 kg ha <sup>-1</sup> (NPK 05:30:15)	-	-	Bazagran (1.5 L ha <sup>-1</sup> ) + Fusilade (600 mL ha <sup>-1</sup> )
Nov-2012	Milho	BM 709	300 kg ha <sup>-1</sup> (NPK 05:30:15)	100 kg ha <sup>-1</sup>	DECIS 1 mL L <sup>-1</sup>	Sanson 1L ha <sup>-1</sup>
Abr-2013	Feijão-caupí	BRS EMBRAPA	150 kg ha <sup>-1</sup> (NPK 05:30:15)	-	-	Bazagran (1.5 L ha <sup>-1</sup> ) + Fusilade (600 mL ha <sup>-1</sup> )
Nov-2013	Milho	BRS Caatingueiro	300 kg ha <sup>-1</sup> (NPK 05:30:15)	100 kg ha <sup>-1</sup>	DECIS 1 mL/L	Sanson 1L ha <sup>-1</sup>
Nov-2014	Milho	G1051	300 kg ha <sup>-1</sup> (NPK 15:15:15)	100 kg ha <sup>-1</sup>	DECIS 1 mL L <sup>-1</sup>	Sanson 1L ha <sup>-1</sup>

## 4.2 Demarcação da área e divisão dos tratamentos experimentais

Uma área de aproximadamente 1.200 m<sup>2</sup> foi demarcada para condução do experimento. No período de novembro a abril a cultura do milho foi conduzida para obtenção da maior produtividade de grãos secos na área total, já seguindo as formas de preparar do solo, plantio direto ou convencional, mas sem nenhum tipo de tratamento experimental. Foi utilizado o híbrido AG 1051 no espaçamento de 0,9 m entre fileiras e 5 plantas por metro, densidade de 56 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Após a colheita do milho, 24 parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m), separadas por corredores de 2 m de largura, foram demarcadas em cada sistema de plantio.

As unidades experimentais foram estabelecidas em arranjo fatorial, seguindo um delineamento de blocos casualizado, com os tratamentos correspondendo aos dois sistemas de plantio, dois cultivares de milho (ADR 300 e ADR 500) dois cultivares de sorgo (BRS 802 e 810) e a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas experimentais.

## 4.3 Tratos culturais

A semeadura do milho foi realizada no dia 26 de novembro de 2014, com concomitante adubação com dose equivalente 300 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante (5:30:15), na linha de plantio. Após período de 23 dias foi realizada uma aplicação do inseticida Decis® 25 EC (Deltametrina 25 g L<sup>-1</sup>, na dose equivalente a 200 ml ha<sup>-1</sup>) e em seguida operações de adubação de cobertura (100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia) e aplicação do herbicida Sanson® 40 SC (Nicosulfurom 4,0% na dose equivalente a 1 L ha<sup>-1</sup>). Após essas operações a cultura do milho foi acompanhada até o momento da colheita no dia 8 de abril de 2015, 133 dias após a semeadura (Fig. 3).



Figura 3. Detalhes do cultivo do milho antes da implantação das forrageiras. Manaus-AM, 2016.

Posteriormente à colheita, foi realizado coleta da palhada do milho com quadro amostrador de 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>) para estimativas da decomposição da biomassa. Após a coleta da da palha foram realizadas operações de dessecação (Glifosato dose equivalente à 3 L ha<sup>-1</sup> de p.c.) da área total do experimento e duas operações de revolvimento do solo com grade aradora e uma operação com grade niveladora na faixa destinada ao preparo convencional.

A semeadura do sorgo e milho foi realizada em 19/05/2015, 35 dias após a colheita da safra de milho. Uma semeadeira ajustada para 0,35 m de espaçamento entre linha foi utilizada para abertura dos sulcos. A semeadura foi realizada com auxílio de uma ferramenta manual, Semeadeira Wolf (Fig. 4), com três peneiras que permitiram o ajuste da quantidades de sementes demonstradas na tabela 2. A profundidade de semeadura variou entre 2 e 5 cm.

Tabela 2. Semeadura das cultivares de sorgo, milho e braquiária com seus respectivos valores culturais (Vc). Manaus-AM, 2016.

Cultivares	Número de sementes m	Quantidade kg ha <sup>-1</sup>	Vc %
MILHETO ADR 300	101.0	24.2	91
MILHETO ADR 500	101.0	23.4	91
SORGO BRS 802	28.0	20.0	92
SORGO BRS 810	28.0	20.0	92
BRAQUIÁRIA	94.0	18.5	48



Figura 4. Operação de semeadura nos sulcos das parcelas experimentais com a semeadeira Wolf. Manaus-AM, 2016.

#### 4.4 Análises químicas do solo

Análises químicas do solo foram realizadas após a colheita do milho através da coleta de amostras em cada unidade experimental na profundidades de 0-20 cm. Foi determinado o pH em água, fósforo disponível (P) e potássio trocável ( $K^+$ ), extraídos pelo método de Mehlich I, cálcio trocável ( $Ca^{+2}$ ), magnésio trocável ( $Mg^{+2}$ ), sódio trocável ( $Na^+$ ) e alumínio trocável ( $Al^{+3}$ ), extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, acidez potencial ( $H^+ + Al^{+3}$ ) determinada pela solução de acetato de cálcio. O nitrogênio total (N) foi determinado pelo método de Kjeldahl (Bremner, 1965). A partir dos dados obtidos foi calculada a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions - CTC potencial (T) e CTC efetiva (t) e a saturação por bases (V%) e alumínio (m%) (Tab. 3).

Os teores de carbono e (COT) foram determinados seguindo as metodologias descritas por Nelson; Sommers (1996) e Tedesco *et al.* (1995).

Tabela 3. Resultado da análise de solo dos tratamentos experimentais no sistema de plantio direto e preparo convencional. Manaus-AM, 2016.

CULTIVARES	SISTEMA	pH H <sub>2</sub> O	M.O.	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	Ca mg dm <sup>-3</sup>	Mg mg dm <sup>-3</sup>	Al mg dm <sup>-3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	t	T	V %	m
MILHETO ADR 300	PD	5.8	30.3	6.1	29.8	1.6	1.0	0.0	1.7	2.7	2.7	4.4	62.3	0.3
MILHETO ADR 500	PD	6.2	29.0	4.2	22.3	1.8	1.2	0.0	1.5	3.1	3.1	4.6	67.1	0.0
SORGO BRS 802	PD	6.0	28.7	4.4	24.8	1.7	1.2	0.0	1.8	3.0	3.0	4.8	62.6	0.0
SORGO BRS 810	PD	5.9	30.2	5.2	32.5	1.6	1.4	0.0	1.6	3.0	3.0	4.6	66.1	0.5
BRAQUIÁRIA	PD	6.0	30.4	4.3	28.0	1.8	1.1	0.0	1.8	3.0	3.0	4.7	62.5	0.0
MILHETO ADR 300	PC	5.4	31.0	3.4	35.8	1.2	0.8	0.1	2.9	2.1	2.2	5.0	41.3	4.8
MILHETO ADR 500	PC	5.5	29.2	3.3	33.5	1.3	1.0	0.1	2.2	2.4	2.4	4.6	53.5	2.7
SORGO BRS 802	PC	5.4	29.3	3.3	41.0	1.4	1.1	0.1	2.1	2.6	2.7	4.7	56.0	2.4
SORGO BRS 810	PC	5.5	31.9	3.2	34.5	1.4	1.0	0.0	2.7	2.5	2.6	5.2	48.8	1.4
BRAQUIÁRIA	PC	5.8	30.1	3.4	40.0	1.5	1.2	0.0	1.8	2.9	2.9	4.6	61.8	0.0
Média	PC	5.7	30.0	4.1	32.2	1.5	1.1	0.0	2.0	2.7	2.8	4.7	58.2	1.2

#### 4.5 Análises físicas do solo

A resistência mecânica do solo à penetração foi determinada em três pontos de cada unidade experimental até a profundidade de 60 cm, com auxílio de um penetrógrafo FALKER PenetroLOG – PLG 1020, utilizado o cone tipo 1 (diâmetro de 20,27 mm). Os dados foram coletados uma única vez entre a colheita do milho e semeadura das forrageiras (Fig. 5).

A umidade do solo foi medida na profundidade de 0-20 cm com auxílio de sondas de leitura eletrônica da FALKER. Foram distribuídas 4 sondas em cada sistema de plantio, sendo essas sondas colocadas ao centro de uma parcela de cada cultivar. Foram realizadas três leituras de umidade do solo em intervalos aproximados de 15 dias ao longo de cada período de rebrotação.



Figura 5. Demonstração das ferramentas de medida da compactação e umidade do solo. Manaus-AM, 2016.

#### 4.6 Avaliação da decomposição da biomassa

A taxa de decomposição da palhada foi estimada pelo método das bolsas de decomposição (Schunke, 1998). As bolsas de decomposição (Litter bags) tinham dimensões de 0,04 m<sup>2</sup> (20 x 20 cm) e malha com 2 mm de abertura. Em cada litter bag foram colocados aproximadamente 20 g da palhada de milho seca em estufa (65 °C por 72 h). Uma parcela de cada cultivar em cada sistema de cultivo recebeu 4 litter bags (Fig. 6).

No plantio direto os litter bags foram distribuídos na superfície das parcelas, já no preparo convencional as bolsas de decomposição foram alocadas 15 cm abaixo da superfície do solo.

Após os três períodos de rebrotação as amostras foram secas em estufa (65 °C até peso constante) e pesadas. A comparação entre o peso seco inicial e o peso obtido ao final do experimento foi usada para descrever a perda de massa via decomposição ao longo do período de avaliação.



Figura 6. Imagens das principais etapas da avaliação da decomposição da biomassa. Manaus-AM. 2016.

#### 4.7 Avaliações da produtividade e características morfológicas das forrageiras

As medições de altura antes e após o corte foram realizadas com régua graduada em centímetros, em cinco pontos aleatoriamente distribuídos na área útil (descontadas as bordaduras) em cada unidade amostral (Fig. 7).



Figura 7. Medições de altura antes e após o corte com régua graduada em centímetros, em cinco pontos aleatoriamente distribuídos na área útil (descontadas as bordaduras) em cada unidade amostral. Manaus-AM, 2016.

A massa de forragem foi determinada com o corte na altura de resíduo (Tab. 4), de uma faixa de 0,9m de largura (largura da barra de corte da motosegadeira) representativa da altura média do dossel. Descontando-se 0,45 m de bordadura

(metade da lâmina de corte) em cada extremidade, totalizando uma área de 3,69 m<sup>2</sup>/parcela (Fig. 8).



Figura 8. Imagens das etapas de avaliação das forrageiras. Manaus-AM, 2016.

Após o corte as amostras foram colocadas em sacos de fibra, pesadas frescas, identificadas e levadas ao laboratório. No laboratório as amostras foram divididas em duas subamostras. As duas amostras foram pesadas e levadas à estufa com circulação forçada de ar á temperatura de 65°C por um período de aproximadamente 72 h. Em seguida a primeira amostra foi finamente moída e identificada para análise de prolina

Tabela 4. Altura de corte (C) e altura de resíduo (R) em metros das forrageiras em sistema (SIST) de plantio direto (PD) e convencional (PC) e os respectivos intervalos de corte (1°, 2° e 3° CORTE) . Manaus-AM, 2016.

Cultivares	SIST	1° CORTE		2° CORTE		3° CORTE	
		C	R	C	R	C	R
ADR 300	PD	1.68	0.28	1.23	0.26	0.51	0.27
	PC	1.59	0.28	1.27	0.26	0.59	0.27
ADR 500	PD	1.75	0.27	1.25	0.26	0.61	0.27
	PC	1.62	0.27	1.28	0.26	0.56	0.27
BRS 802	PD	1.60	0.28	1.48	0.26	0.93	0.27
	PC	1.76	0.28	1.34	0.26	0.76	0.27
BRS 810	PD	1.41	0.28	1.35	0.27	0.86	0.27
	PC	1.64	0.28	1.28	0.27	0.75	0.27
BRA	PD	0.43	0.15	0.39	0.15	0.36	0.16
	PC	0.44	0.15	0.43	0.15	0.37	0.16
INTERVALO DE CORTE		51 DIAS		47 DIAS		64 DIAS	
DATAS DOS CORTES		09/07/2015		25/08/2015		28/10/2015	

A segunda subamostra foi separada em seus constituintes morfológicos (material morto, lâminas foliares, colmo com bainha e inflorescência) e pesada, gerando valores de relação folha colmo, inflorescência e material morto.

#### 4.8 Quantificação do acúmulo de prolina

A prolina livre das folhas foi quantificada de acordo com Bates *et al.* (1973) com adaptações, o procedimento consistiu na homogeneização manual de 0,5g de massa seca, com 10 mL de ácido sulfosalicílico a 3% e centrifugação a 3000 rpm por 10 min. No primeiro momento, foi preparada a solução de ácido ninidrina, sendo necessária a diluição sob aquecimento de 1,25g de ninhidrina em 30 mL de ácido acético glacial e 20 mL de ácido fosfórico 6M. Em tubo de ensaio foram colocados 1 mL do sobrenadante resultante da homogeneização que reagiram com 2 mL de ácido ninidrina e 2 mL de ácido acético glacial por 60 minutos em banho-maria à temperatura de 100°C. Com intuito de interromper a reação, os tubos foram submetidos a banho de gelo. A estes foram adicionados 4 mL de tolueno sendo esta

solução homogeneizada, com auxílio de agitador de tubos, por 15 a 20 segundos. A leitura de absorvância das amostras foi medida no comprimento de onda 520 nm, utilizando-se espectrofotômetro.

Os resultados obtidos são expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de material seco. A análise foi realizada no Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas.

#### 4.9 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância para variável prolina (Quadro 1) e produtividade de massa seca (Quadro 2) com suas respectivas siglas e abreviações; fonte de variação (FV), graus de liberdade (GL), soma de quadrado (SQ), quadrado médio (QM), estatística do teste F (F).

Quadro 1. Análise de variância (ANOVA). Variável: acúmulo de prolina. Experimento Fatorial. Manaus-AM, 2016.

QUADRO DE ANÁLISES				
FV	GL	SQ	QM	F
Sistema de cultivo (F1)	1	14.23	14.22	1.4 ns
Cultivares (F2)	4	2932.16	733.04	72.7 **
Int. F1 x F2	4	175.24	43.8	4.3 *
Tratamentos	9	3121.6	346.8	34.4 **
Blocos	2	34.8	17.4	1.7 ns
Resíduo	18	181.4	10.07	
Total	29	3337.9		

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ )

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ )

ns - Não significativo ( $p \geq 0.05$ )

Quadro 2. Análise de variância (ANOVA). Variável: produtividade acumulada de massa seca. Experimento Fatorial. Manaus-AM, 2016.

QUADRO DE ANÁLISES				
FV	GL	SQ	QM	F
Sistema de cultivo (F1)	1	16887028.49	16887028	0.5 ns
Cultivares (F2)	4	818999053.1	204749763	6.5 **
Int. F1 x F2	4	170581678.7	42645420	1.4 ns
Tratamentos	9	1006467760	111829751	3.6 **
Blocos	3	105002515.8	35000839	1.1 ns
Resíduo	27	846698359.3	31359199	
Total	39	1958168635		

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ )

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0.05$ )

ns - Não significativo ( $p \geq 0.05$ )

Para a separação de médias foi utilizado o teste SNK (Student Newman Kels), usando um nível de significância de 5%.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O milho apresentou uma produtividade de 4,4 e 2,5 toneladas de grão (Umidade Relativa (UR) 10%) por hectare nas áreas de plantio direto e convencional respectivamente. A produtividade apresentada pelo sistema de plantio direto foi superior a média de 2,4 toneladas  $ha^{-1}$  do estado do Amazonas e próxima a média nacional de 4,9 toneladas  $ha^{-1}$  (CONAB, 2013). Os dados do milho não seguiram premissas estatísticas e portanto são apenas ilustrativos.

A decomposição da palhada do milho foi mais lenta no sistema de plantio direto ao final do período experimental (167 dias). Obtendo-se valores de decomposição de 51,6 e 42,5 % da massa seca contida nas bolsas de decomposição nas área de preparo convencional e direto respectivamente (Tab. 5). Diferindo pelo teste SNK ao nível de 5 % de probabilidade. Não houve efeito das forrageiras na decomposição da palhada do milho, mostrando portanto, neste caso, que o tipo de cobertura das forrageiras não altera os níveis de decomposição.

Wisniewski; Holtz (1997) atribuíram a durabilidade da palhada do milho sobre o solo, à alta relação C/N e ao alto teor de lignina do material. Durante a execução do seu trabalho, obtiveram uma perda de 49% de massa em 149 dias.

Num período inferior de avaliação Calonego *et al.*, (2012), verificaram ao final dos 135 dias, redução de 41 % da palhada do milho em sistema de plantio direto.

Neste contexto, podemos observar que a decomposição da palhada do milho no plantio direto foi inferior às taxas apresentadas pelos autores acima, mesmo com maior período de tempo (167 dias). Essa baixa mineralização pode estar relacionado ao forte período de estiagem após a colheita do milho, proporcionando um micro clima com baixa umidade para a decomposição da palhada pelos microorganismos. Esse processo foi verificado por Alves *et al.*, (2011) e Lourente *et al.*, (2010) que observaram maior biomassa microbiana em solos coletados no período chuvoso.

Tabela 5. Avaliação da decomposição da palhada do milho em sistema de integração lavoura e pecuária com as forrageiras milheto, sorgo e braquiária ao final de três períodos de corte. Manaus-AM, 2016.

ESPÉCIES	PLANTIO DIRETO	PREPARO CONVENCIONAL
	-----%-----	
MILHETO ADR 300	45,0 a A	52,5 a A
MILHETO ADR 500	42,6 a A	51,4 a A
SORGO BRS 802	45,9 a A	47,0 a A
SORGO BRS 810	42,5 a A	51,2 a A
BRAQUIÁRIA	39,2 a A	55,8 a A
MÉDIA	43,0 B	51,6 A

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de SNK. Período de avaliação 167 dias. CV 9,8 %.

A palhada do milho depositada sobre o solo foi em média, de 3 e 3,6 toneladas de MS ha<sup>-1</sup> nas área de preparo convencional e plantio direto respectivamente (Tab. 6). Apesar de no plantio direto haver uma maior deposição de palhada, a reciclagem de nutrientes (estimada) foi semelhante nos dois sistemas de plantio, fruto da decomposição mais acelerada da palhada no preparo convencional de solo, devido a incorporação dos resíduos vegetais do milho no perfil do solo.

Tabela 6. Estimativas dos nutrientes reciclados, provenientes da palhada do milho depositada nas parcelas, após o período de avaliação das forrageiras. Manaus-AM, 2016.

DECOMPOSIÇÃO MILHO	PLANTIO DIRETO	PREPARO CONVENCIONAL
MASSA SECA (toneladas ha <sup>-1</sup> )	3.6	3.0
Decomposição (%)	43	51
N (kg ha <sup>-1</sup> )	33.72	28.09
P (kg ha <sup>-1</sup> )	3.99	3.32
K (kg ha <sup>-1</sup> )	21.39	17.82

\* Reciclagem dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), estimados de acordo com BROCH, 1999.

A umidade do solo apresentou média nos dois sistemas de plantio de 31% no período compreendido entre maio e julho. Nos períodos posteriores houve decréscimo na água do solo, influenciado principalmente pela redução da precipitação pluviométrica na área (208, 188 e 22 mm de chuva para primeiro, segundo e terceiro período de rebrotação respectivamente), ficando em média na faixa de 23,5 e 17,3 % de umidade do solo no segundo e terceiro períodos de rebrotação (Tab. 7).

A diferença de água disponível no perfil do solo, entre 0 e 20 cm de profundidade, entre os sistemas de plantio, no período anterior ao primeiro corte, foi de 2,6 % no período de maior volume de chuvas. A medida em que ocorria a redução das precipitações pluviométricas a diferença entre a capacidade de armazenamento de água nos solos aumentou para 5,5 e 5,7 % de umidade no segundo e terceiro períodos de rebrotação no sistema de plantio direto em relação ao preparo convencional. No entanto, essa diferença de umidade não foi suficiente para causar diferença na produção de forragem nos dois sistemas (Tab 8).

A maior retenção de umidade do solo em sistema de plantio direto também foi verificada por Vieira e Muzilli (1984) que atribuíram essas características a sua estrutura física ao longo do perfil do solo. Zanette *et al.*, (2007) estudando a análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo obteve amplitudes mínimas e máximas entre 28,41 e 31,34 % para plantio direto e 27,56 a 31,34 % para plantio convencional na profundidade de 15 cm. Portanto o sistema de preparo do solo tem influenciado a umidade no perfil de desenvolvimento radicular

não apenas no presente trabalho como também em outras publicações, sendo o sistema de plantio direto com uma maior capacidade de retenção de água no perfil do solo.

Tabela 7. Umidade do solo no plantio direto (PD) e convencional (PC) ao longo do período de avaliação das forrageiras com a média das respectivas precipitações pluviométricas (PP) em sistema de integração lavoura e pecuária. Manaus-AM, 2016.

Período	CORTES	PD (%)			PC (%)			MÉDIA	PP
		MÉDIA	MAX	MIN	MÉDIA	MAX	MIN	%	mm
MAI-JUL	1 <sup>o</sup>	32.7	41.8	24.7	30.1	38.1	23	32.3	208.5
JUL-AGO	2 <sup>o</sup>	26.3	32.8	22.2	20.8	28.7	15	25.5	187.9
AGO-OUT	3 <sup>o</sup>	20.1	27.2	11.4	14.4	20.4	10	18.3	22.26
MÉDIA		26.4	33.9	19.4	21.8	29.1	15.8	25.4	139.6

Os dados da compactação do solo coletados no intervalo entre a colheita do milho e o plantio das forrageiras demonstraram níveis diferentes para o sistema de plantio direto e convencional (Fig. 9). No plantio direto os níveis de compactação variaram entre 43 e 2203 kPa, nas profundidades de 1 cm e 34 cm respectivamente, sem ultrapassar os níveis toleráveis (abaixo de 2500 kPa) no perfil do solo de 0 a 56 cm. No entanto o preparo convencional, a partir dos 35 cm de profundidade, apresentou níveis de compactação acima de 2500 kPa, considerado como limitação intermediária para sistema radicular em solos argilosos (FALKER, 2007).

A camada compactada no plantio convencional localiza-se abaixo do limite alcançado pela grade aradora. Porém essa compactação intermediária não foi suficiente para interferir na produção de biomassa pelas forrageiras nos dois sistemas de preparo do solo no presente experimento.

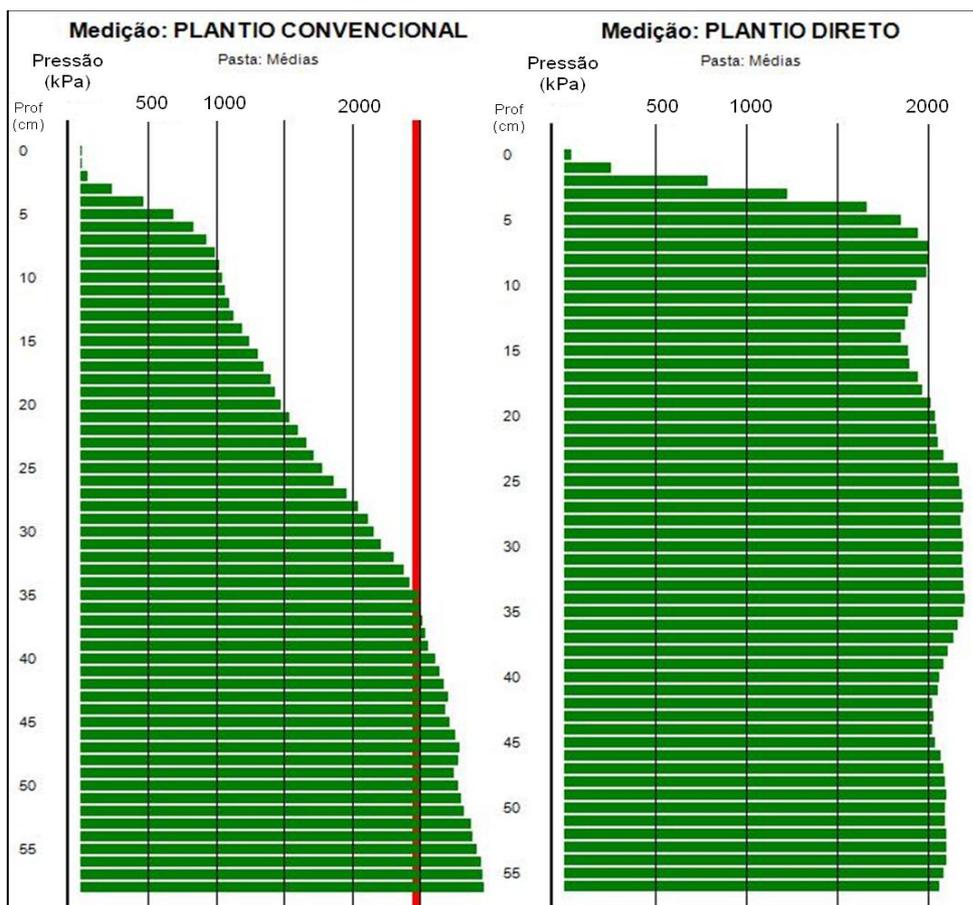


Figura 9. Medição da compactação do solo (kPa) em sistema de plantio direto e convencional com auxílio do penetrômetro eletrônico da Sonda Terra. Umidade do solo de 33,3 e 31,2 % para plantio direto e convencional respectivamente. Manaus-AM, 2016.

A produtividade de massa seca não foi afetada nos dois sistemas de cultivo pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ), 6.317,2 e 6.098,9 kg de MS  $ha^{-1}$  no preparo convencional e plantio direto respectivamente (Tabela 8). Entre as forrageiras a braquiária apresentou maior produção de massa seca que os demais tratamentos, 8.396,3 kg por hectare. Sendo 7,7 toneladas MS  $ha^{-1}$  no preparo convencional e 9 toneladas MS  $ha^{-1}$  no plantio direto.

Machado e Valle (2011) avaliando o desempenho agrônomo de 8 genótipos de capim-braquiária em sucessão à soja obteve produção de 4,7, 3,7 e 4,1 toneladas de MS  $ha^{-1}$  em três anos sucessivos de Marandú manejados na altura de 50 cm. Macedo *et al.*, (2004) em solo com o fósforo entre 5 a 10  $mg\ dm^{-3}$  (Mehlich<sup>-1</sup>) e a saturação por bases entre 50 e 60 % (semelhante ao presente experimento) obteve produção média de *Brachiaria brizantha* cv. marandú durante três períodos

de corte (considerados como representativos de estabelecimento da pastagem) de 4,9 toneladas de MS ha<sup>-1</sup>.

Machado e Assis (2010), em um trabalho de avaliação de produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja no período seco, observaram maior produção de palha e forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraes (6691,0 e 2540,0 Kg de MS ha<sup>-1</sup> de palha e forragem respectivamente) quanto comparada com as forrageiras anuais *Pennisetum glaucum* cv. BRS 1501 (2.270,0 e 153,0 MS ha<sup>-1</sup> de palha e forragem respectivamente); e *Sorghum bicolor* cv. Santa Elisa (3.267,0 e 1.492,0 Kg MS ha<sup>-1</sup> de palha e forragem respectivamente). No entanto para a braquiária cv. Marandú obteve produção de 3.344,0 e 852,0 MS ha<sup>-1</sup> de palhada e forragem respectivamente na estação seca, não diferido das cultivares de milho e sorgo.

Não houve diferença na produtividade média de massa seca acumulada entre as cultivares de milho e sorgo. Sendo que Sorgo BRS 810 no plantio convencional foi a cultivar que mais se aproximou da braquiária, 7,6 toneladas de MS ha<sup>-1</sup>, enquanto que a ADR 300 no plantio direto obteve a maior distância com relação a braquiária, 4,8 toneladas MS ha<sup>-1</sup>.

Tabela 8. Produtividade acumulada de massa seca das forrageiras milho, sorgo e braquiária ao final de três períodos de corte em sistema de integração lavoura e pecuária. Manaus-AM, 2016.

Cultivares / Sistema de Cultivo	Preparo convencional	Plantio Direto	Média Cultivares
----- kg ha <sup>-1</sup> -----			
ADR 300	5022.7	4670.1	4846.4 b
ADR 500	5314.3	5375.55	5344.9 b
BRA	7721.26	9071.4	8396.3 a
BRS 802	5877.2	5829.4	5853.3 b
BRS 810	7650.3	5548.32	6599.3 b
Média dos sistema de cultivo	6317.2 A	6098.9 A	

Médias com a mesma letra não diferem pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas. CV 24,18 %.

Pires *et al.*, (2007) avaliando as cultivares ADR 300 e 500 colhidas em início de florescimento (52 dias), obteve produção de 8,75 e 9,35 toneladas MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. Valor superior a massa total produzida no presente experimento, no entanto o solo recebeu adubação de base, já apresentava 15 anos de usos em sistema de plantio direto com soja e foi conduzido no período de primavera/verão, condições melhores de produção do milho na região de Goiás. No mesmo Estado, Leão *et al.* (2011), em condições de solo adubado, verificou produção média de 7,94, 8,97 e 11,74 toneladas de MS ha<sup>-1</sup> de milho ADR 500 manejado em três períodos de corte (10 dias entre cada corte aproximadamente) quanto atingidas as alturas de 60, 80 e 100 cm respectivamente.

Foi observada produção de aproximadamente 16,7 toneladas de MS ha<sup>-1</sup> de sorgo BRS 810 em trabalho conduzido por Cândido *et al.* (2015) no momento em que os grãos encontravam-se no estado leitoso: pastoso. Ferreira e Gonçalves (2012) obteve produções de sorgo BRS 802 e 810 de 3,81, e 2,56 toneladas de MS ha<sup>-1</sup> respectivamente cortado na idade de 52 dias após o plantio. Produtividade próxima da quantidade alcançada no presente trabalho no primeiro corte, sendo 2,2 e 2,3 toneladas ha<sup>-1</sup> para BRS 802 e 810 respectivamente.

A braquiária apresentou o menor percentual de diferenciação floral, já as cultivares de milho apresentaram índices de inflorescência superiores a 20 % nos dois sistemas de plantio (Tab. 9).

A relação folha/colmo apresentou valores abaixo de 1 para as cultivares de milho e sorgo nos dois sistemas de plantio, enquanto que a braquiária obteve relação de folha de 2,2 e 1,9 para plantio direto e convencional respectivamente.

Resultado semelhante foi encontrado por Machado e Valle (2011) que obteve relação folha/colmo 2,25 da braquiária cv. marandu no primeiro ano de avaliação, no entanto essa relação aumentou para 3,3 e 6 nos 2 anos seguintes. Macedo *et al.*, (2004) verificou resultados bastante inferiores ao presente trabalho com relação folha colmo de 0,3 no período seco do ano além de apresentar índice de 61 % de material morto.

Ferreira (2012) também obteve relação folha/colmo abaixo de 1 para quatro híbridos de sorgo estudados, sendo que para BRS 810 e 802 verificou relações de 0,57 e 0,55 respectivamente aos 52 dias de corte.

As baixas participações de folha na massa total apresentadas pelo sorgo e principalmente pelo milho podem estar relacionado aos altos índices de

inflorescência. Esse fato no qual a planta exporta a maioria dos assimilados para o desenvolvimento da inflorescência, ocorre redução do crescimento foliar e a reposição de tecido foliar não é suficiente para compensar o desaparecimento de lâminas foliares, o que reflete em diminuição da participação deste componente na massa de forragem (Gonçalves e Quadros, 2003).

Outro fator importante pelo baixo percentual de folhas apresentado por milho e sorgo seria os incrementos de colmo pelo porte alto ocasionado pelos períodos entre os cortes superiores a 45 dias. Estando de acordo com Neumann *et al.* (2002), que avaliou o comportamento agrônomico de híbridos de sorgo de caráter forrageiro e verificou valores correspondentes a 32,4%, 30,3%, 21,5% e 18,9% de folhas respectivamente para AGX-217, AGX-213, AG-2005E, AG-2002.

Tabela 9. Constituintes morfológicos das forrageiras, material morto (M.MORTO), lâminas foliares (FOLHA), colmo com bainha (COLMO), inflorescência (INFLO) e relação folha colmo (F/C) em sistema de plantio direto (PD) e preparo convencional (PC). Manaus-AM, 2016.

Cultivares	FOLHA		COLMO		INFLO		M.MORTO		RELAÇÃO <sup>F/C</sup>	
	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC
	-----%-----									
ADR 300	24.8	21.0	40.7	37.4	27.7	26.6	6.8	14.9	0.6	0.6
ADR 500	24.2	22.5	40.5	39.2	25.4	24.4	9.9	13.8	0.6	0.6
BRS 802	31.3	38.7	51.6	47.1	12.6	5.8	4.6	8.4	0.7	0.9
BRS 810	34.8	36.3	50.3	48.4	9.6	4.3	5.3	11.0	0.8	0.8
BRA	62.2	60.4	29.9	32.5	2.7	0.0	5.3	7.1	2.2	1.9
Média das cultivares	35.4	35.8	42.6	40.9	15.6	12.2	6.4	11.1	1.0	1.0

O acúmulo de prolina ao longo dos três períodos de corte não apresentou diferença nos sistemas de cultivo pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). No entanto a cultivar de milho ADR 500 e a cultivar de sorgo BRS 810 apresentaram produção de prolina afetada pelo sistema de cultivo (Tab. 10).

A braquiária apresentou produção de 52,1  $\mu\text{mol}$  de prolina  $\text{g}^{-1}$  de MS acumulada ao final dos três períodos de cortes, sendo significativamente superior pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ) em relação as demais cultivares.

Tabela 10. Produção acumulada de prolina das forrageiras milheto, sorgo e braquiária ao final de três períodos de corte em sistema de integração lavoura e pecuária. Manaus-AM, 2016.

Sistema de Cultivo / Cultivares	Preparo convencional	Plantio Direto	Média Cultivares
----- $\mu\text{mol g}^{-1}$ de massa seca -----			
ADR 300	32,38 bA	30,33 bA	31,35 b
ADR 500	23,63 Cb	29,95 bA	26,79 bc
BRA	53,01 aA	51,20 aA	52,10 a
BRS 802	24,45 Ca	23,97 bA	24,21 c
BRS 810	35,15 Ba	26,28 bB	30,72 b
Média Sistema de Cultivo	33,72 A	32,35 A	

\* Médias com a mesma letra não diferem pelo teste SNK( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas. CV 9,61 %.

A falta de água é sempre acompanhada por interferência em alguns processos fisiológicos na planta, o que acarreta aumento aparente na quantidade de aminoácidos livres, como a prolina. Mas o ajustamento osmótico através do acúmulo destes solutos é um mecanismo de adaptação das plantas para seu crescimento e/ou sobrevivência em períodos de estresse hídrico (Magalhaes e Durães, 2006). Desta forma o maior acúmulo de prolina em *B. brizantha* cv marandu no estudo pode indicar que esta tem melhor adaptabilidade ao período seco que as demais espécies no período avaliado.

Cani (2014) em estudos com *B. brizantha* cv marandu pôde observar que os altos teores de prolina, observados nos períodos de menor incidência de chuva, podem ter contribuído para o ajustamento osmótico da espécie em estudo.

Outros trabalhos com cultivares de milho e trigo apresentaram acréscimo no conteúdo de prolina nas folhas quando estas foram submetidas a estresse hídrico (Maia, 2007; Fumis e Pedras, 2002).

## 6. CONCLUSÕES

A cultivar *Brachiaria brizantha* cv marandu apresentou maior produtividade e acúmulo de prolina que os demais tratamentos na entressafra.

O sistema de cultivo não afetou a produtividade das forrageiras.

A produção de prolina é afetada pela espécie e o sistema de cultivo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Copenhagen, Oikos*, 79: 439-449.

ADAF - AGENCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESTADO DO AMAZONAS. 2013. Relatórios de Campanha de Vacinação contra a Febre Aftosa no Estado do Amazonas. Manaus-Am.

ALMEIDA, R.A; SILVA, J.G. 1999. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora à tração animal, com diferentes sistemas de sulcadores regulagens de disco de corte e cobertura mortas, no plantio direto do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO.

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N; MCGRATH, D; MOUTINHO, P; PACHECO, P; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. 2004. Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 89 pp.

ALVARENGA, R.C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRICK, F. J.; CRUZ, J.C.; CONTIJO-NETO, M.M. 2006. A cultura do milho na integração lavoura e pecuária. Comunicado técnico. Sete Lagoas, MG. 1679-1150.

ALVES, T. dos S.; CAMPOS, LENZA, L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M.F. 2011. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum*, Maringá, 33 (2): 341-347.

ANDRADE-JUNIOR, A.S.; SANTOS, A.A.; SOBRINHO, C.A.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B.; VIANA, F.M.P. 2002. Cultivo do Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção. CDD 635.6592 (21 ed.). Teresina-PI.

ARAUJO, E.A. 2011. *Degradação de pastagens na Amazônia ocidental – Avaliação e Alternativas de Recuperação*. Rio Branco. 92pp.

BALBINOT Jr, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, F. 2009. Integração lavoura e pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural*, Santa Maria, 39 (6):1925-1933.

BATES, L. S.; WALDERN, R. P.; TEARE, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water estresse studies. *Plant and Soil, The Hague*, 39: 205-07.

BOLLER, W.; GAMERO, C.A. 1997. Estimativa dos custos econômicos e energéticos de sistemas de preparo e de manejo do solo para a cultura do feijão. *Energia na agricultura*, Botucatu, 12 (2): 26-38.

BRAUNACK, M.V., DEXTER, A.R. 1989. Soil aggregation in the seedbed: a review. I . Properties of aggregates and beds of aggregates. *Soil; Tillage Research*, Amsterdam, 14: 259-279.

BREMNER, J.M. Total nitrogen. 1965. In: BLACK, C.A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1149-1178.

BUERKERT, A.; STERN, R. D.; MARSCHNER, H. 1995. Post stratification clarifies treatment effects on pearl millet growth in the Sahel. *Agronomy Journal*, Madison, 87: 752-761.

CALONEGO, J. C.; GIL, F.C.; ROCCO, V. F. 2012. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe, *Biosci. J.*, Uberlândia, 28 (5): 770-781.

CAMARÃO, Ari Pinheiro; SOUZA FILHO, Antônio Pedro da Silva. 2005. Limitações e Potencialidades do Capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu (A. Rich) Stapf.) para a Amazônia. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 52 pp.

CÂNDIDO, E. P.; SANTOS, E. M.; RAMOS, J. P. F.; OLIVEIRA, J. S.; PINHO, R. M. A.; PERAZZO, A. F.; RAMOS, R. C. S.; FREITAS, P. M. D. 2015. Resposta

econômica do confinamento de ovinos alimentados com silagens de diferentes cultivares de sorgo. *Ciência Rural*, Santa Maria, 45 (1): 79-85.

CANI, Antônio Carlos Pinheiro. 2014. *Perfilhamento, bioquímicas e anatômicas de brachiaria brizantha cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga, Itapetinga. 80 pp.

CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. 1990. Eficácia relativa de doses e formas de manejo de resíduo culturas de trigo na redução da erosão hídrica do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 14: 227-234.

CARVALHO, J. L. N. 2009. *Dinâmica do carbono e fluxo de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura e pecuária na Amazônia e no Cerrado*. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 141pp.

CASTRO, A.P.; FRAXE, T.J.P.; SANTIAGO, J.L.; MATOS, R.B.; PINTO, I.C. 2009. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. *Acta Amazônica*. 39: 279-288.

CERETTA, C. A.; C. J. BASSO, M. G. HERBES, N. POLLETO; M. J. DA SILVEIRA. 2002. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de coberturas de solo e milho sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 32 (1): 49-54.

CONAB. 2013. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento. Brasília, DF, 2013. 41 pp.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. DO S.A.; BLOCK, A.; KATO, O.R.; SÁ, T.D. DE A.; LÜCKE, W.; VLEK, E.P.L.G. 2004. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. *Agroforestry Systems*, 61 (62): 91-106.

DIAS-FILHO, M.B. 2003. *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 152pp.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. 2006. Pastagens no trópico úmido. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241). 30pp.

DIAS-FILHO, M. B. 2007. *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. 3. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 190 pp.

ENTZ, M.H. 2002. Potential of forages to diversify cropping systems in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, Madison, 94 (1): 204-213.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. 2000. *Produção de Milho*. Guaíba: Agropecuária. 360 pp.

FEARNSIDE, P.M. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. *Conservation Biology*. 19 (3): 680-688.

FERREIRA, P. D. S.; GONÇALVES, L.C. 2012. *Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutante bmr em quatro idades de corte*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. 98 pp.

FLOSS, E. 2000. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, 57 (1): 25-29.

FORNAZIERI JUNIOR, A.; KASSAB, A. L.; BARRERA, P. et al. 1999. *Manual Brasil Agrícola: principais produtos agrícolas*. São Paulo, 493-512 pp.

FRANKE, I.L.; FURTADO, S.C. 2001. *Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade*. Rio Branco: Embrapa Acre. (Embrapa Acre. Documentos; 74). 51 pp.

FREITAS, E. V. DE; ARCOVERDE, A. S. 1983. Cultivo do milho (Pennisetum americanum (L.) Leeke). Recife: IPA, (IPA. Instruções Técnicas, 08). 6 pp.

FUMIS, T.F; PEDRAS, J. F. 2002. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, 37 (4): 449-453.

GADANHA JUNIOR, C.D., MOLIN, J.P., COELHO, J.L.D., et al. 1991. *Máquinas e implementos agrícolas do Brasil*. São Paulo : Núcleo Setorial de Informações em Máquinas Agrícola, Fundação de Ciências e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 449pp.

GIARDINA, C.P.; SANFORD JR, R.L.; DOCKERSMITH, I. C.; JARMILLO, V. J. 2000. The effects of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. *Plant and Soil*, 220: 247-260.

GONÇALVES, E. N.; QUADROS, F. L. F. 2003. Morfogênese de milho (Pennisetum americanum L. Leeke) em pastejo com vacas, recebendo ou não suplementação. *Ciência Rural*, Santa Maria, 33 (6): 1123-1128.

HAYAT, Shamsul; HAYAT, Qaiser, ALYEMENI, Mohammed Nasser, WANI, Arif Shafi, PICHTEL, John; AHMAD, Aqil. 2012. Role of proline under changing environments- A review. *Plant Signaling; Behavior Landes Bioscience*, 7(11): 1456–1466.

HOFFMANN, E. K. 2012. *Avaliação da degradação das pastagens de oito propriedades no município de Apuí-Am*. Monografia, Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM. 25 pp.

KERBAUY, G. B. 2004. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 452 pp.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE. L.F.; AIDAR, H. 2012. *Integração Lavoura e pecuária*. – 2. ed. – Brasília, DF; EMBRAPA. 570 pp.

KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica. México. 479 pp.

LACERDA, ANA LUIZA MACHADO. 2007. *Brachiaria brizantha: Caracterização de cDNA de ovários e identificação de explantes para transformação via bioblástica*. Dissertação de Mestrado em biologia molecular. Universidade de Brasília. 110pp.

LEÃO, H. F.; SANTOS DIAS, F. J.; COSTA, K. A. 2011. *Composição bromatologica, frações proteicas e digestibilidade de cultivares de milho submetidos a três alturas de corte*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás, Jataí, Goiás. 73 pp.

LITTELL, R.C., GEORGE A MILLIKEN, W.W. STROUP, R.D. WOLFINGER, AND O. SCHABENBERGER. 2006. *SAS for Mixed Models*. Second ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F. de; SOUZA, C. M. A. de; Gonçalves, M. C.; Silva, M. A. G. 2010. Rotação de culturas e relações com atributos químicos e microbiológicos do solo e produtividade do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 31 (4): 829-842.

MACEDO, M. C. M.; MACHADO, J. L. ; VALLE, C. B. do. 2004. Resposta de cultivares e acessos promissores de brachiaria brizantha ao fósforo em dois níveis de saturação por bases . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campo Grande. 1 CD-ROM . FORR-339.

MACHADO, L. A. M.; VALLE, C. B. 2011. Desempenho agrônômico de genótipos de capim-braquiária em sucessão à soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 46 (11): 1454-1462.

MACHADO, L.A.Z.; ASSIS, P.G.G. de. 2010. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45: 415-422.

MACHADO, F.O.; MAGALHÃES, P.C.; SANTOS, F.G. 2003. *Fisiologia da planta do milho*. Embrapa Milho e Sorgo: Circular técnica, 1 ed. Sete Lagoas-MG. 28 pp.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M; RODRIGUES, J.A.S. 2003. Fisiologia da planta de sorgo. Comunicado Técnico. Sete Lagoas, MG, 1679-0162.

MARGULIS, S. Causas do desmatamento na Amazônia brasileira. The World Bank, Brasília, 2003. ([http:// www.finefrint.com](http://www.finefrint.com)). Acesso em 20/01/2012.

MAIA, P. S. P.; OLIVEIRA NETO, C. F; CASTRO, D. S; FREITAS, J. M. N; LOBATO, A.K. S; COSTA, R. C. L. 2007. Conteúdo relativo de água, teor de prolina e carboidratos solúveis totais em folhas de duas cultivares de milho submetidas a estresse hídrico. *Revista Brasileira de Biociências*. Porto Alegre, 5 (2): 918-920.

MEDEIROS, R.B. 1976. Formação e manejo das pastagens para a região do Planalto Médio e das Missões. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura do estado do Rio Grande do Sul. 48pp.

MOOJEN, E.L.; RESTLE, J.; LUPATINI G.C.; MORAES, A.G. 1999. Produção animal em pastagem de milho sob diferentes níveis de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34 (11): 2145-2149.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. 1996. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H. (Eds.) *Methods of soil analysis: chemical methods*. Part 3. Madison, *American Society of America*, 961-1010.

NEUMANN, M. et al. 2002. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31 (01): 293-301.

NODA, S.N.; NODA, H.; MARTINS, A.L.U.; FERNANDES, M. 2007. *Agricultura Familiar na Amazônia das Águas*. Manaus-Ed. Universidade Federal do Amazonas, 208pp.

OLIVEIRA, I.J.; DIAS, M.C.; FONTES, J.R.A.; PAMPLONA, A.M.S.R.; GUIMARÃES, L.J.M.; GUIMARÃES, P.E.O. BRS 4013. 2013. Variedade de Milho Recomendado para o Estado do Amazonas. Amazonas: Embrapa Amazônia Ocidental, (Comunicado Técnico, 95). 2 pp.

OLIVEIRA, P. P. A. Recuperação e reforma de pastagens. 2007. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C. de; SILVA, S. C. da; FARIA, V. P. de. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 24., Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ. 39-73.

PEREIRA FILHO, I. A.; RESENDE, A.V.; COELHO, A.M. et al. Cultivo do milheto. ([http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milheto/CultivodoMilheto\\_2ed](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milheto/CultivodoMilheto_2ed)). Acesso em 28/08/2015.

PINHO, João Licínio Nunes; ANSEL, Dominique. 1995. Evolução do teor de prolina em cultivares de milheto (*Penisetum glaucum*, L) e sorgo [*Sorghumbicolor*, (L) Moench] em resposta ao estresse hídrico. *Rev. Ciência Agronômica*, 26 (1/2): 5-9.

PIRES, F.R.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; SANTOS, S.C.; VIEIRA NETO, S.A.; SOUSA, J.P.G. 2007. Desempenho agrônômico de variedades de milheto em razão da fenologia em pré-safra. *Bioscience Journal*, 23 (3): 41-49.

RAO, S.C. et al. 2003. Potential grain and forage production of early maturing pigeonpea in the Southern Great Plains. *Crop Science*, Madison, 43 (6): 2212-2217.

RAZERA, A. 2005. *Dinâmica do desmatamento em uma nova fronteira do sul do Amazonas: análise da pecuária de corte no município do Apuí*. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) and Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas. 109 pp.

REICOSKY, D.C.; LINDSTROM, M.J. 1993. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. *Agronomy Journal*, 85: 1237-1243.

REICOSKY, D.C.; FORCELLA, F. 1998. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. *J. Soil Water Conserv.*, 53: 224-229.

RESENDE A. V. de; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S. 2009. Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa, Circular Técnica 119. 8 pp.

SALES, J.P.; NODA, S.N.; MENDONÇA, M.A.F.; BRANCO, F.M.C. 2008. A pecuária nos sistemas de produção familiar na microrregião do Alto Solimões, Amazônia. *Rev. Bras. de Agroecologia*. 3(1): 20-27.

SCHUNKE, R.M. 1998. *Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de Panicum maximum*. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 88pp.

SEPROR - SECRETARIA DE ESTADO DA PRODUÇÃO RURAL. 2013. Produtores rurais tiveram acesso simplificado a financiamento. (<http://www.sepror.am.gov.br>). Acesso em: 12/10/2013.

SILVA, B.N.R. da. 1994. Sinopse sobre o estado atual do conhecimento dos recursos naturais do trópico úmido brasileiro. In: PUIGNAU, J.P. (Ed.). *Utilización y manejo de pastizales*. Montevideo: IICA-PROCISUR (Diálogo/IICA-PROCISUR, 40). 83-99.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; Van SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70 (12): 3562-3577.

SOUSA, L.F; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C; SALIBA, MOREIRA, E.O.S. 2007. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema. *Rev. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 59 (4): 1029-1037.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. 1995. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2a ed. rev. Porto Alegre: Departamento de Solos – UFRGS, 174pp.

TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. 2012. *Pastagens nativas na Amazônia Brasileira*. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 25pp.

Vieira, M. J.; Muzilli, O. 1984. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19 (7): 873-882.

ZANETTE, S.V.; SAMPAIO, S.C.; SILVESTRE, M.G.; BOAS, M.A.V.; URIBE-OPAZO, M.A.; QUEIROZ, M.M.F. de. 2007. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 11 (3): 239-247.

WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C.B.C.; ALVES, L. S. 2003. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Rio Branco, AC; Embrapa Acre, il. (Embrapa Acre. Documentos, 90), 29pp.

WISNIEWSKI, C.; G. P. HOLTZ. 1997. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32 (11): 1191-1197.