



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

ANNA CHRISTINA MONTEIRO ROFFÉ BORGES

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE MILHO EM DIFERENTES MANEJOS DA
CAPOEIRA NO MUNICÍPIO DE MARAPANIM, NORDESTE PARAENSE.**

BELÉM
2010



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

ANNA CHRISTINA MONTEIRO ROFFÉ BORGES

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE MILHO EM DIFERENTES MANEJOS DA
CAPOEIRA NO MUNICÍPIO DE MARAPANIM, NORDESTE PARAENSE.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof.º Dr. Hugo Alves Pinheiro

Co-Orientador: Prof.º Dr. Osvaldo Ryohei Kato

Belém
2010

Borges, Anna Christina Monteiro Roffé

Produtividade de cultivares de milho em diferentes manejos da capoeira no município de Marapanim, nordeste paraense / Anna Christina Monteiro Roffé Borges. - Belém, 2010.

70f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010.

1. *Zea mays*. 2. Produção de milho. 3. Corte e trituração. 4. Enriquecimento de capoeira. 5. Trocas gasosas. I. Título.

CDD – 633.15



Ministério da Educação
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

ANNA CHRISTINA MONTEIRO ROFFÉ BORGES

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE MILHO EM DIFERENTES MANEJOS DA
CAPOEIRA NO MUNICÍPIO DE MARAPANIM, NORDESTE PARAENSE.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Aprovada em 29 de junho de 2010

Prof. Dr. Hugo Alves Pinheiro
Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Prof^a. Dr^a. Célia Maria Braga Calandrini de Azevedo
Embrapa Amazônia Oriental

Prof^a. Dr^a. Gladys Ferreira de Sousa
Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais – SBSAF

Prof. Dr. Roberto Cezar Lobo da Costa
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida e na conquista deste objetivo. E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação humana e profissional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A D'us, pelo dom da vida e por sempre iluminar o meu caminho e as minhas escolhas.

Aos meus orientadores, professores Hugo Alves Pinheiro e Osvaldo Ryohei Kato, por seus valiosos ensinamentos, atenção e dedicação, guiando-me de modo a desenvolver este estudo.

A todos os professores do curso de Pós-graduação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) que contribuíram para meu desenvolvimento profissional.

À Embrapa Amazônia Oriental, pela oportunidade de utilização de sua infraestrutura e seus profissionais.

À toda equipe do Projeto Tipitamba (Embrapa Amazônia Oriental) pelo apoio, especialmente ao Dr. Osvaldo Ryohei Kato que possibilitou a execução desta pesquisa no âmbito do projeto.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro aos projetos de pesquisa.

Aos amigos Maurício Shimizu e Livia Vasconcelos, pelos importantes conselhos e sugestões no planejamento e execução do experimento.

Ao produtor familiar rural Sr. João Barros que cedeu a área para implantação do experimento, colaborando nas atividades desenvolvidas.

À Embrapa Milho e Sorgo, pela doação das sementes de milho para o estudo.

Aos profissionais, bolsistas, motoristas e trabalhadores rurais, pela ajuda nas medições realizadas e condução do experimento de campo: Cleo Marcelo Souza, Josie Helen Ferreira, Síglea Chaves, Daniel Fernandes, Luiz Gonzaga, Edilson Brasil, Rosivaldo da Silva, João Rogério Palha e Ney Silva.

Ao pesquisador Walkymário Lemos, pelas orientações entomológicas para a cultura estudada.

Ao pesquisador Moisés Mourão Júnior, pelos ensinamentos e importante contribuição nas análises estatísticas.

A todos que contribuíram de alguma forma com a realização desta dissertação.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

O milho é um dos principais produtos da agricultura familiar. No Pará, o fogo é utilizado na agricultura para a limpeza da área e por tornar os nutrientes da vegetação secundária disponíveis para o cultivo através das cinzas. Entretanto, esta prática provoca perdas de nutrientes, aumento das emissões de gases nocivos à atmosfera, incêndios e desmatamento. O manejo da capoeira pode ser uma boa alternativa para aumentar a renda do agricultor familiar, contribuindo para tornar disponíveis sistemas sustentáveis, promover a segurança alimentar e a geração de emprego na região. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a produtividade de cultivares de milho em diferentes manejos da capoeira, visando oferecer alternativas sustentáveis para as unidades de produção familiar. O experimento foi conduzido na Comunidade de São João, Marapanim, nordeste do Estado do Pará. O delineamento experimental em blocos ao acaso foi composto por dezoito tratamentos com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por três tipos de manejos da capoeira (capoeira natural, capoeira enriquecida com ingá (*Inga edulis*) e tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) e capoeira enriquecida com ingá e tachi-branco com adubação fosfatada), onde foram introduzidas três variedades de milho (BRS Sol da manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106) com espaçamento de 1 x 0,5 m e as parcelas também foram subdivididas em não adubadas e adubadas (NPK). Foram avaliadas variáveis de crescimento e desenvolvimento, fisiológicas e de produtividade que demonstraram a influência positiva dos manejos com capoeira enriquecida, capoeira enriquecida com adubação fosfatada e o efeito da adubação complementar (NPK) na altura das plantas, produção de biomassa e as características da espiga. O comportamento fisiológico na fase de pendramento não foi afetado pelo tipo de manejo da capoeira, mas sofreu influência negativa do efeito da adubação complementar (NPK). A biomassa e nutrientes acumulados com o pousio enriquecido influenciaram a produtividade total das cultivares de milho e a adição de fósforo natural no manejo da capoeira influenciou positivamente o número de grãos/espiga, a massa média de grãos e a produtividade das variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura no sistema de corte e trituração. A variedade BRS Sol da manhã cultivada em um manejo com capoeira enriquecida, adubação fosfatada e adubação complementar (NPK) é uma alternativa viável para o produtor rural familiar intensificar de forma sustentável o uso da terra.

Palavras-chave: *Zea mays*, produção de milho, corte e trituração, enriquecimento de capoeira, trocas gasosas.

ABSTRACT

Maize is one of the main products of the family farm. In Pará, fire is used in agriculture to clean the area and make available nutrients stock of fallow for crop through the ashes. However, this practice causes losses of nutrients, increasing emissions of gases in the atmosphere, fires and deforestation. The fallow management may be a good choice to increase family farmers income, contributing to make available sustainable systems, promote food security and employment in the region. The main objective of this work was evaluate the productivity of maize cultivars under different fallow managements to provide sustainable alternatives to family production units. The experiment was conducted in the São João Community, Marapanim, northeastern of Pará. The experimental design in randomized blocks was composed of eighteen treatments with four replications. The plots consisted of three types of fallow management (natural fallow, enriched fallow with inga (*Inga edulis*) and tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) and enriched fallow with inga and tachi-branco with phosphate fertilization), which were introduced three varieties (BRS Sol da manhã, BRS 4154 Saracura and BR 106) with spacing of 1 x 0.5 m and plots were also subdivided into unfertilized and fertilized (NPK). Were evaluated variables of growth and development, physiological and productivity that demonstrated the positive influence of enriched fallow, enriched fallow with phosphorus and additional fertilizers effect (NPK) in plants height, biomass production and spike characteristics. The physiological behavior was not affected by management fallow, but has a negative influence of additional fertilization effect (NPK). Biomass and nutrients accumulated in enriched fallow influenced maize productivity and natural phosphate added in fallow management positively influenced number of grains/spike, grain average weight and productivity of BRS Sol da manhã and BRS 4154 Saracura in slash and mulch system. BRS Sol da manhã planted in enriched fallow with phosphate fertilization and additional fertilization (NPK) is a viable alternative for family farmers intensify land use with sustentability.

Key-words: *Zea mays*, maize productivity, slash and mulch, fallow enrichment, gas exchanges.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	p.
Quadro 1. Estádios de crescimento e desenvolvimento do milho.....	19
Figura 1. Localização da área de estudo.....	24
Figura 2. Dados meteorológicos – temperaturas máxima (T _{máx}) e mínima (T _{min}), precipitação pluviométrica (PP) e brilho solar (BS).....	26
Quadro 2. Análise química do solo da área experimental.....	27
Quadro 3. Tratamentos implantados.....	28
Figura 3. Croqui da área experimental: variedades BRS Sol da manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106 nos manejos com capoeira natural, capoeira enriquecida e capoeira enriquecida com adubação fosfatada, com e sem adubação complementar (NPK).....	28
Figura 4. Instalação e condução do experimento com capoeira enriquecida (Figura 4A), trituração da capoeira (Figura 4B), emissão da plântula de milho (Figura 4C) e estabelecimento do experimento com milho (Figuras 4D e 4E).....	29
Figura 5. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na altura (Figuras 1A e 1B) e no diâmetro do colmo (Figuras 1C e 1D) em três variedades de milho (BR 106 – BR; BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), nos estádios V ₁₀ e R ₁ , cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).....	34
Figura 6. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na produção de massa úmida (Figuras 6A e 6B) e massa seca (Figura 6C) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), nos estádios V ₁₀ e R ₁ , cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).....	37

- Figura 7.** Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) no estande final em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), nos estádios V_{10} e R_1 , cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação)..... 38
- Figura 8.** Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na radiação fotossinteticamente ativa (Figura 8A), na transpiração (Figura 8B), na condutância estomática (Figura 8C) e na fotossíntese líquida (Figura 8D) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), na fase de pendoamento, cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação)..... 43
- Figura 9.** Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na eficiência instantânea do uso da água – A/E (Figura 9A) e na relação gás carbônico interno e externo à folha – C_i/C_a (Figura 9B) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), na fase de pendoamento, cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação)..... 45
- Figura 10.** Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) no número de espigas por plantas (Figura 10A), no comprimento (Figura 10B) e no diâmetro da espiga (Figura 10C) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR) cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação)..... 50

- Figura 11.** Espigas de milho das variedades BR 106 (Figura 11A), BRS 4154 Saracura (Figura 11B) e BRS Sol da Manhã (Figura 11C) nos tratamentos com capoeira natural (1), capoeira natural com adubação complementar de NPK (2), capoeira enriquecida (3), capoeira enriquecida com adubação complementar de NPK (4), capoeira enriquecida com adubação fosfatada (5) e enriquecida com adubação fosfatada e adubação complementar de NPK (6), cultivadas durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA..... 51
- Figura 12.** Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na massa total média da espiga (Figura 12A), na massa da palhada (Figura 12B) e na massa da espiga sem grãos (Figura 12C) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR) cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação). 53
- Figura 13.** Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) no número médio de grãos por espiga (Figura 13A), na massa média de grãos (Figura 13B), na massa de 100 grãos (Figura 13C) e na produtividade (Figura 13D) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR) cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação)..... 56
- Figura 14.** Produtividade e número de espigas das variedades de milho BR 106, BRS Sol da Manhã e BRS 4154 Saracura nos diferentes manejos da capoeira, durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA.57

LISTA DE TABELAS

p.

- Tabela 1.** Dados de crescimento e desenvolvimento das variedades: altura da planta nos estádios fenológicos V_{10} e R_1 (m), altura diferencial (m), altura da primeira espiga (m), diâmetro do colmo nos estádios fenológicos V_{10} e R_1 (mm), diâmetro diferencial (mm), número de folhas por planta, massa total úmida (g), subamostra úmida (g), subamostra seca (g) e estande final, submetidas a diferentes manejos da capoeira durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA^(*).39
- Tabela 2.** Dados fisiológicos das variedades: carbono atmosférico de referência – Ca (mol), radiação fotossinteticamente ativa – Q_{leaf} ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), temperatura da folha – T_f ($^{\circ}\text{C}$), transpiração - E ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), condutância estomática – gs ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida - A ($\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), gás carbônico (CO_2) interno – C_i (mol), eficiência instantânea do uso da água – A/E ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e razão entre CO_2 interno e externo à folha – C_i/C_a (mol.mol^{-1}), submetidas a diferentes manejos da capoeira durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA^(*).46
- Tabela 3.** Dados de produtividade das variedades: número de espigas por plantas úteis, comprimento da espiga (cm), diâmetro médio da espiga (cm), massa total da espiga (g), massa da palhada (g), massa da espiga sem grãos (g), número médio de grãos por espiga, massa média dos grãos (g), massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg.ha^{-1}), submetidas a diferentes manejos da capoeira durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA^(*).58
- Tabela 4.** Valores de quadrados médios do modelo analítico adotado na análise de variância e significância do teste F, para as variáveis de crescimento e desenvolvimento, fisiologia e produtividade.69
- Tabela 5.** Valores de quadrados médios do modelo analítico adotado na análise de variância e significância do teste F, para as variáveis de milho BRS Sol da Manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106.70

SUMÁRIO

	p.
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivos	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. A cultura do milho e o manejo da capoeira.....	15
2.2. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento do milho	18
2.2.1. Estádios de crescimento e desenvolvimento	18
2.2.2. Eficiência fotossintética e trocas gasosas	20
2.3. Cultivares de milho	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Caracterização da área de estudo.....	24
3.2. Histórico da área	26
3.3. Instalação e condução do experimento	27
3.4. Medições e avaliações	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Crescimento e desenvolvimento.....	32
4.2. Fisiologia	41
4.3. Produtividade.....	48
5. CONCLUSÃO	60
6. REFERÊNCIAS	61
7. APÊNDICES	68

1. INTRODUÇÃO

Na região amazônica, a agricultura familiar itinerante permanece como um dos principais sistemas de uso da terra. É um sistema praticado em quase toda a região, caracterizado pela prática da agricultura rotacional que intercala períodos de cultivo com curtos períodos de pousio, predominantemente com o preparo de área através da prática de derruba e queima, produzindo gêneros agrícolas como mandioca, milho, feijão, arroz, pimenta-do-reino e frutas.

O milho destaca-se como um dos principais produtos da agricultura familiar, podendo ser usado tanto na alimentação humana quanto animal, de forma pura ou beneficiada. É um dos cereais mais consumidos e, devido sua constituição química e alto valor nutritivo, garante a subsistência de diversas unidades familiares rurais. Além disso, em sistemas de rotação de culturas, é indicado para reduzir o potencial do patógeno responsável pela podridão mole das raízes de mandioca – doença que atualmente afeta drasticamente a principal cultura da região (REIS; FORCELINI, 1995; ALBUQUERQUE, 2007).

Para plantio do milho no Pará, o fogo é utilizado por facilitar a limpeza da área e por tornar os nutrientes da vegetação secundária prontamente disponíveis para a fase de cultivo através das cinzas originadas da queima. Apesar da importância econômica para a produção de alimentos na região, a prática é questionada pelas perdas de nutrientes durante a queima, aumento das emissões de gases nocivos à atmosfera, riscos de incêndios incontroláveis e avanço do desmatamento (DENICH et al., 2005).

Com o aumento da pressão populacional e crescimento da demanda por alimentos e bens de consumo, o sistema de derruba e queima passou a ser utilizado tanto por agricultores familiares como por agricultores de médio e grande porte. Atualmente, é um sistema contestado por sua falta de sustentabilidade econômica e ambiental devido às perdas de nutrientes durante a queima, redução do período de pousio e menor acúmulo de nutrientes, tendendo ao declínio diante das crescentes restrições em relação aos desmatamentos e ao uso indiscriminado de recursos naturais. Sendo assim, o caráter migratório da agricultura familiar amazônica necessita cada vez mais ser substituído por um sustentável uso da terra.

Segundo Denich et al. (2005), o crescente desflorestamento da região amazônica devido ao uso do sistema de derruba e queima promoveu o surgimento

de grandes áreas de vegetação secundária (capoeira) que, diante deste cenário de devastação, desempenham importante papel ecológico, em termos de crescimento florestal, recomposição da paisagem, acúmulo de biomassa, benefícios hidrológicos e manutenção da biodiversidade. Dentre suas particularidades, os mesmos autores destacam que a capoeira é capaz de promover a mobilização de nutrientes de camadas profundas do solo, evitar a lixiviação, absorver e fixar gás carbônico atmosférico (CO₂), restaurar parcialmente as funções hidrológicas das florestas primárias, controlar a erosão e espécies vegetais invasoras, fornecer madeira e atuar como corredor ou área de expansão da vida selvagem.

Alguns estudos desenvolvidos nos últimos anos, como os do âmbito do Projeto Tipitamba¹ da Embrapa Amazônia Oriental (KATO et al., 1999; DENICH; VIELHAUER; HEDDEN-DUNKHORST, 2002; DENICH et al., 2004; DENICH et al., 2005), comprovam que o manejo da capoeira torna-se viável desde que sejam conhecidas suas potencialidades. Uma possibilidade para incremento da produção de gêneros alimentícios como milho, caupi, arroz e mandioca, em atividades agrícolas nas unidades de produção familiar, é enriquecer a capoeira com árvores leguminosas dentro do roçado.

O plantio de árvores tem por objetivo melhorar os acúmulos de biomassa e nutrientes e a introdução das espécies é feita durante a fase agrícola para possibilitar o seu desenvolvimento (DENICH et al., 2005). As capinas realizadas para manutenção do plantio favorecem o crescimento das árvores e, ao final do pousio, a biomassa acumulada pode ser triturada, espalhada como cobertura morta sobre o solo, para que, após a decomposição, libere nutrientes para a cultura seguinte. A repetição desse ciclo ao longo dos anos melhora a matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, suas propriedades químicas (KATO et al., 1999; DENICH; VIELHAUER; HEDDEN-DUNKHORST, 2002).

Diante disso, o manejo da capoeira torna-se uma boa alternativa para aumentar a fonte de renda do agricultor familiar, contribuindo para disponibilizar

¹O Projeto Tipitamba, originado de uma parceria dos governos brasileiro e alemão, pesquisa há quase vinte anos alternativas para a agricultura familiar na Amazônia, utilizando, testando e difundindo um sistema agrícola baseado no manejo da capoeira e no preparo de área sem o uso do fogo. A palavra “tipitamba” significa “capoeira” ou “ex-roça” na língua dos índios Tiryíós do norte do Pará.

sistemas alternativos sustentáveis, promover a segurança alimentar e a geração de emprego e renda na região.

O presente trabalho visa verificar as seguintes hipóteses: (i) o crescimento e desenvolvimento das cultivares de milho são afetados pelo tipo de manejo da capoeira, (ii) o comportamento fisiológico das cultivares de milho é afetado pelo tipo de manejo da capoeira e (iii) a biomassa e nutrientes acumulados com o pousio enriquecido atende à demanda nutricional da cultura do milho e influencia a produtividade total das cultivares.

1.1. Objetivos

▪ Geral

Avaliar a produtividade de cultivares de milho em diferentes manejos da capoeira, visando oferecer alternativas sustentáveis para o incremento da atividade agrícola nas unidades de produção familiar no nordeste paraense.

▪ Específicos

- Avaliar o crescimento e desenvolvimento das cultivares de milho nos diferentes manejos da capoeira;
- Avaliar o comportamento fisiológico das cultivares de milho, durante a fase de pendramento, em resposta aos diferentes manejos da capoeira praticados;
- Avaliar o efeito da adição de fósforo natural na produção de milho no sistema de corte e trituração;
- Avaliar a produtividade das variedades de milho nos manejos da capoeira praticados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho e o manejo da capoeira

Em termos mundiais, o milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes em função de sua produtividade, composição química e valor nutricional (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2007), tendo como os maiores produtores os Estados Unidos, a China e o Brasil (FAOSTAT - Agriculture, 2010).

É cultivado em quase todo território brasileiro, assumindo expressiva importância, tanto em volume de produção e extensão de área plantada como pelo papel socioeconômico que representa, constituindo-se como fonte alternativa de renda para o agricultor (SOUZA et al., 2002a).

A agricultura familiar na Amazônia contribui de forma relevante para a produção de alimentos e economia rural do país mas, historicamente, os estados da região norte não estão entre os maiores produtores de grãos brasileiros, em grande parte, por serem culturas que não foram priorizadas em diretrizes e políticas agrícolas nas décadas anteriores. No entanto, em todos os estados da região são encontradas amplas áreas de solos com potencial agrícola que, quando manejados de forma adequada, podem apresentar desempenho produtivo capaz de concorrer com outros centros produtores (SOUZA et al., 2002b).

Atualmente, o cenário agrícola paraense sofre grandes transformações. Segundo a Secretaria de Estado de Agricultura (SAGRI, 2010), o Estado do Pará tem uma área plantada de 80 mil hectares e uma expectativa de produção de 260 mil toneladas de milho em 2010. Estes dados são um reflexo de novos programas e políticas agrícolas estaduais destinadas ao fortalecimento da cadeia produtiva de grãos; entretanto, além de possibilitar o acesso de agricultores a créditos rurais e insumos, como sementes, adubos, fertilizantes, dentre outros, é importante estimulá-los para a adoção de tecnologias sustentáveis.

O aumento da produtividade do grão deve ser incentivado, mas as dimensões das áreas de plantio não devem acompanhar esta expansão nas mesmas proporções, visto que, o sistema tradicional de preparo de área na região amazônica com uso do fogo (sistema de derruba e queima) apresenta baixa sustentabilidade social, econômica e ambiental. É importante usar tecnologias que aumentem a

produtividade em áreas agrícolas já exploradas ou recuperem áreas alteradas, evitando a abertura de novas clareiras e o aumento do desflorestamento na região.

A Embrapa Amazônia Oriental, através do Projeto Tipitamba, vem desenvolvendo alternativas de preparo de área sem o uso do fogo. O sistema de corte e trituração da biomassa aérea da vegetação de pousio (ou capoeira) com a formação de uma cobertura morta para o solo e o enriquecimento da capoeira (plantio de leguminosas arbóreas de crescimento rápido para acelerar o acúmulo da biomassa e nutrientes) são alternativas de preparo de área sem o uso do fogo estudadas por este projeto (KATO et al., 1999; DENICH; VIELHAUER; HEDDEN-DUNKHORST, 2002).

Diante da redução do tempo de pousio da vegetação e a crescente pressão populacional, o enriquecimento da capoeira desponta com uma solução para maior produção de biomassa sem, contudo, afetar negativamente a diversidade florística. Estudos desenvolvidos por Vielhauer e Sá (2000), no âmbito do referido projeto, mostram que uma capoeira enriquecida com espécies leguminosas em apenas 21 meses pode atingir um desempenho na produção de biomassa equivalente à uma capoeira natural de 6 anos, evidenciando o baixo desempenho natural da vegetação espontânea em comparação à uma capoeira enriquecida.

Os resultados destas pesquisas possibilitaram intensificar o uso da terra de forma sustentável nas unidades de produção familiar do nordeste paraense (DENICH et al., 2004; WILKE, 2004; DENICH et al., 2005; KATO et al., 2006; SÁ et al., 2006-2007). Dentre os benefícios identificados, os autores citam que o sistema de corte e trituração evita perdas de nutrientes pela queima da vegetação, melhora as condições químicas, físicas e biológicas do solo pela adição de matéria orgânica, flexibiliza o calendário agrícola (o preparo de área não depende do período seco), promove maior retenção da umidade no solo, garante um melhor balanço de carbono e nutrientes, reduz a incidência de ervas daninhas durante a fase de cultivo, reduz riscos de incêndios acidentais e cria a possibilidade de períodos consecutivos de cultivos, aumentando a intensidade de uso da terra e mantendo a produtividade no sistema ao longo do tempo. É importante também destacar que esse sistema libera cinco vezes menos gás carbônico (CO₂) equivalente quando comparado ao preparo de área com o uso do fogo (DAVIDSON et al., 2008).

Em termos de produção de culturas agrícolas implantadas subsequentes ao enriquecimento e trituração da capoeira, o uso de fertilizante é importante para

alcançar produções viáveis no primeiro ano de cultivo, o que torna a tecnologia de corte e trituração tão produtiva quanto ao sistema tradicional, mesmo para culturas altamente exigentes em nutrientes como o arroz e o milho (KATO; KATO, 2000). Segundo Kato et al. (2003), o uso de pequenas doses de fertilizantes no primeiro plantio é essencial para compensar a imobilização de nutrientes pelos microorganismos decompositores do solo e para que as espécies produzam de maneira satisfatória.

A produtividade agrícola depende, dentre outros fatores, do adequado suprimento de nutrientes, sendo o fornecimento de fósforo (P) uma prática essencial nos solos brasileiros por ser um dos fatores mais limitantes para o desempenho da cultura do milho (HARGER et al., 2007). Apesar disso, a aplicação de fósforo no cultivo do milho no Brasil ainda é baixa, com média de 35 kg ha⁻¹ (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION, 2010).

Stauffer e Sulewski (2003) ressaltam que o fósforo é necessário para a fotossíntese, respiração e transferência de genes e processos que envolvem transferência de energia, devido ser parte integrante de diversas moléculas químicas, como açúcares fosfatados, nucleotídeos (parte estrutural do difosfato de adenosina - ADP e do trifosfato de adenosina - ATP), coenzimas, fosfolipídios e ácido fítico (fitato). O fósforo está também relacionado ao crescimento das raízes, maturação e desenvolvimento de frutos, formação de grãos e fibras e ao vigor das plantas.

Através dos resultados obtidos pelo Projeto Tipitamba, a adubação fosfatada é fundamental para obtenção de produções economicamente sustentáveis no sistema de corte e trituração e a cultura do milho não apresenta produção satisfatória quando não se utilizam adubos fosfatados no plantio, mesmo com o uso de altas doses de nitrogênio (N) e potássio (K) (KATO et al., 2002).

O sistema tradicional de preparo de área na região com o uso do fogo caracteriza-se pelo pouco uso de adubos na cultura do milho, pois a disponibilidade de nutrientes através das cinzas (provenientes da queima da capoeira) atende parte das necessidades do agricultor no primeiro ano. Entretanto, a cada ano a produção é reduzida em virtude da pouca disponibilidade de nutrientes, ocasionada pela menor quantidade de material vegetal e redução do período de pousio, o que torna este sistema insustentável a longo prazo.

Suzuki e Alves (2004) destacam que muitas vezes a produtividade das culturas é comprometida pelo excesso ou pela inadequação de práticas a que o solo é submetido, desde o seu preparo até a colheita. O preparo do solo é um importante conjunto de práticas e operações que visam deixá-lo apto à implantação e desenvolvimento de determinada cultura (SILVA; BENEZ, 2005), porém, a necessidade de produzir cada vez mais e em menor tempo, pode gerar a deteriorização de seus atributos químicos e físicos.

O desafio atual para a agricultura familiar é manejar os agroecossistemas amazônicos, com tecnologias de processos produtivos de baixo custo, mesmo que inicialmente as produtividades sejam modestas, mas que a fertilidade do solo seja gradativamente melhorada no decorrer de sucessivos cultivos e que evite agressões aos ecossistemas.

2.2. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento do milho

O milho é uma das plantas mais armazenadoras de energia existentes na natureza (EMBRAPA, 1993). Alguns autores destacam a impressionante capacidade de uma pequena semente originar, em um espaço de tempo relativamente curto, uma planta com mais de dois metros de altura capaz de produzir diversas sementes e armazenar energia em um produto concentrado – o grão de milho.

Este é um dos motivos pelo qual diversos autores ressaltam a fundamental importância do conhecimento dos estádios de crescimento e desenvolvimento da cultura do milho e suas diferentes demandas, desde sua emergência até a maturidade fisiológica, para o adequado manejo agrícola (MAGALHÃES et al., 2002; EMBRAPA, 1993; EMBRAPA, 2008).

2.2.1. Estádios de crescimento e desenvolvimento

O sistema de identificação atualmente empregado para a cultura do milho divide o desenvolvimento da planta em estágio vegetativo (V_e , V_1 , V_2 , V_3 até V_n e V_t) e reprodutivo (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 e R_6), baseado no sistema desenvolvido por Ritchie e Hanway (1989). Durante a fase vegetativa, cada estágio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo, fator que define uma folha completamente desenvolvida (Quadro 1).

ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO MILHO	
Estádio Vegetativo (V)	
Ve - Emergência	Período compreendido entre a sementeira e emergência da plântula que, dependendo da temperatura e umidade, pode durar de 5 a 15 dias.
V ₁ – 1ª. folha desenvolvida	Alongamento das primeiras raízes até o estágio R ₃ .
V ₃ – 3ª. folha desenvolvida	Definição da produção potencial (número de folhas e espigas que serão formadas)
V ₆ – 6ª. folha desenvolvida	Ponto de crescimento (meristema responsável pela formação de folhas novas) e pendão acima do solo
V ₈ – 8ª. folha desenvolvida	Queda das primeiras folhas e definição do número de fileiras de grãos. Um déficit hídrico nesta fase inibe o crescimento da planta.
V ₉ – 9ª. folha desenvolvida	Alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais
V ₁₀ – 10ª. folha desenvolvida	Rápido e contínuo crescimento, acumulação de nutrientes e massa seca que continuarão até o estágio reprodutivo. Há grande demanda no suprimento de água e nutrientes.
V ₁₂ – 12ª. folha desenvolvida	Definição do n° de óvulos (grãos em potencial) e tamanho da espiga, a planta atinge cerca de 85 a 90% da área foliar e as raízes adventícias começam a se desenvolver.
V _n – n°. folha desenvolvida	Desenvolvimento da última folha antes do pendoamento.
V _t – Pendoamento	A planta atinge o máximo do crescimento e desenvolvimento, com o ramo do pendão visível e as folhas completamente expostas.
Estádio Reprodutivo (R)	
R ₁ – Embonecamento e polinização	Estilos-estigamas visíveis que irão capturar grãos de pólen, definindo o n° de óvulos fertilizados que produzirão grãos.
R ₂ – Grão bolha d'água	Grãos brancos externamente (endosperma claro)
R ₃ – Grão leitoso	Grãos amarelados com interior fluido e de cor leitosa (transformação dos açúcares em amido).
R ₄ – Grão pastoso	O fluido interno dos grãos passa de um estado leitoso para uma consistência pastosa.
R ₅ – Formação do dente	Aparecimento de uma concavidade na parte superior do grão (“dente”) e transição do estado pastoso para o farináceo.
R ₆ – Maturidade fisiológica	Os grãos na espiga atingem o máximo de massa seca e vigor, ocorre a formação de uma camada preta na espiga e o início do processo de senescência natural das folhas.

Quadro 1. Estádios de crescimento e desenvolvimento do milho.

Fonte: Adaptado de RITCHIE e HANWAY, 1989 e EMBRAPA, 2008.

Próximo ao estágio fenológico V₁₀, a planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e massa seca, os quais continuarão até os estádios reprodutivos (EMBRAPA, 2008). A partir do estágio fenológico V₁₀ (fase vegetativa - rápido crescimento) até R₁ (fase reprodutiva – florescimento e polinização) há uma grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer a necessidade da planta. Segundo Embrapa (2008), é considerado o período crítico para a produção do milho, durante o qual a cultura fica mais suscetível às influências do meio. É durante esta etapa de crescimento vegetativo que são determinados importantes componentes do rendimento de grãos.

Didonet et al. (2002) destacam que a eficiência de uso da radiação interceptada, as condições de temperatura e o status fisiológico da cultura do milho no período do pendramento (V_t) determinarão as taxas de crescimento, o número potencial de grãos e, conseqüentemente, o potencial produtivo da planta.

Baseado nas demandas específicas de cada estágio fenológico da cultura, Kato et al. (2003) recomendam como as melhores épocas para plantio em sistema de corte e trituração, em termos de produção de grãos de milho, os meses de maio, julho e/ou dezembro. Os autores destacam que esta flexibilidade no calendário agrícola é possível devido a cobertura morta manter por um maior período a umidade do solo, o que permite alcançar melhores preços no mercado com oferta de produtos fora da época.

2.2.2. Eficiência fotossintética e trocas gasosas

O processo pelo qual os organismos vivos clorofilados convertem a energia da luz em energia química na forma de moléculas orgânicas vem sendo estudado há muitos anos e, segundo Magalhães et al. (2002), o entendimento dos fluxos de CO_2 na fotossíntese têm permitido desvendar as etapas do processo fotossintético. Os autores destacam que o estudo da eficiência fotossintética das espécies é um importante meio de otimizar a produtividade das culturas pois, o aumento da área foliar, alterações na relação fitomassa e órgãos reprodutivos e outras alterações morfofisiológicas influenciam no desenvolvimento das plantas.

O milho apresenta alta eficiência na utilização de luz e CO_2 devido ser uma planta C_4 e, por este motivo, deficiências de luz e limitações à absorção e difusão de CO_2 (interno à folha), em períodos críticos de desenvolvimento, comprometem sua produtividade (EMBRAPA, 1993).

A disponibilidade hídrica é outro fator importante na cultura. O milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 250 a 5.000 mm de água por ano, sendo que a quantidade de água consumida por planta durante seu ciclo está em torno de 600 mm (EMBRAPA, 1993). O déficit hídrico influencia três estádios de desenvolvimento da planta: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência (quando o n° potencial de grãos é determinado); b) fecundação (quando a produção potencial é determinada devido o desenvolvimento e penetração do tubo polínico); e c) enchimento de grãos (quando ocorre o aumento da deposição de matéria seca,

fator intimamente relacionado à fotossíntese, pois o estresse resulta em uma menor produção de carboidratos e menor volume de massa seca nos grãos) (EMBRAPA, 1993; EMBRAPA, 2008).

De acordo com Embrapa (2008), o déficit hídrico sobre o crescimento das plantas resultará em menor disponibilidade de CO₂ para a fotossíntese e limitação dos processos de alongação celular, além de interferir nos processos de síntese de proteínas.

Estudos sobre respostas e regulação estomática em função do estágio fisiológico das espécies e de cada fator ambiental realizados em laboratórios tiveram importante papel na identificação de fatores que influenciam o comportamento estomático, como luz, disponibilidade hídrica do solo e umidade relativa. No entanto, Embrapa (2008) cita que, sob condições naturais, a avaliação dos mecanismos de regulação da abertura estomática e das trocas gasosas é mais complexa e estudos desta natureza são fundamentais para compreender os processos adaptativos das espécies agrícolas exploradas comercialmente.

2.3. Cultivares de milho

A escolha da cultivar de milho a ser utilizada no plantio é uma etapa decisiva para os produtores rurais, pois é responsável por fatores como produtividade, tolerância às pragas e doenças, resistência às condições ambientais adversas, dentre outros. Para a safra 2009/10, 325 cultivares de milho convencionais e 104 transgênicas estão disponíveis no mercado de sementes brasileiro (EMBRAPA, 2010).

O potencial produtivo de uma cultivar é um dos primeiros aspectos considerados pelos agricultores, porém, a estabilidade de produção – determinada em função do seu comportamento em cultivos em diferentes locais e anos – deve ser considerada (EMBRAPA, 2010).

Os avanços em melhoramento genético possibilitaram oferecer ao mercado consumidor diversas variedades, híbridos duplos, híbridos triplos e híbridos simples (os dois últimos modificados ou não). Embrapa (2008) destaca que as sementes de variedades melhoradas são de menor custo, podendo ser reutilizadas por alguns anos sem diminuição substancial da produtividade e, por este motivo, são

amplamente utilizadas e recomendadas para agricultura familiar e sistemas de produção orgânica.

Para a agricultura familiar na região amazônica são recomendadas variedades de milho adaptadas aos solos ácidos e com baixo nível de fósforo (KATO et al., 2002; SOUZA et al., 2002b), pois variedades menos exigentes em nutrientes representam uma solução de baixo custo para aumento da produção na unidade familiar. Os mesmos autores defendem ainda que para estes agricultores a recomendação de híbridos deve ser cautelosa, pois existe um costume local de armazenar sementes do plantio para o ano seguinte e o uso de sementes híbridas limitaria esta prática, além de promover dependência aos grandes fornecedores.

Ensaio nacionais realizados pela Embrapa Milho e Sorgo (EMBRAPA, 2010) recomendam o uso das variedades BR 106, BRS 4154 Saracura e BRS Sol da manhã para a região amazônica. A variedade BR 106 é considerada de elevado potencial produtivo e alcance social, possui porte e ciclo intermediários. É um milho mais rústico, semiprecoce, possui menor custo de semente, apresenta boa estabilidade de produção e adaptabilidade a todas as regiões brasileiras, resistência ao acamamento e ao ataque das principais pragas (EMBRAPA, 2010). Encontra-se ao alcance de todos os produtores brasileiros, independente do seu nível tecnológico, econômico ou social, é adequado ao cultivo em comunidades de pequenos produtores rurais e utilizado pelas empresas de melhoramento de milho híbrido, como fonte de obtenção de linhagens.

A variedade BRS 4154 Saracura é uma variedade de milho precoce e tolerante ao encharcamento temporário do solo – característica que as cultivares de milho disponíveis no mercado normalmente não tem. Apesar de tolerante ao encharcamento temporário do solo durante o seu crescimento, as sementes apenas germinam em solo úmido não encharcado. Resultados experimentais mostram que a variedade possui potencial produtivo tanto em condições de encharcamento temporário quanto em áreas não encharcadas (EMBRAPA, 2010).

A BRS Sol da manhã é uma variedade precoce adaptada a solos de baixa fertilidade natural e eficiente no uso de nitrogênio. O nitrogênio é um nutriente muito requerido que limita a produtividade de milho e onera a cultura. Além disso, o uso indiscriminado de adubos nitrogenados (íon nitrato) é considerado uma das maiores fontes de poluição ambiental, afetando os lençóis de água subterrâneos, lagos e açudes. O íon nitrato apresenta alta mobilidade e persistência em água subterrânea

e, em altas concentrações, ocasiona ao homem processos de intoxicação, problemas gástricos, incidências cancerígenas e até morte, em casos extremos. Sendo assim, esta é uma variedade importante para a agricultura familiar, pois atende à política global de desenvolvimento sustentável (EMBRAPA, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em condições de campo, em uma área de um agricultor familiar na Comunidade de São João, no município de Marapanim, área limítrofe com o município de Igarapé-Açu, zona bragantina, nordeste do Estado do Pará, em um solo classificado como Argissolo Amarelo Distrófico com textura variando de arenosa a média (EMBRAPA, 2006). A microbacia do Igarapé Timboteua, onde está localizada a área experimental, tem uma área de 7.628,13 ha e a comunidade está situada a $1^{\circ}00'48,78''$ S e $47^{\circ}38'35,29''$ W (Figura 1).

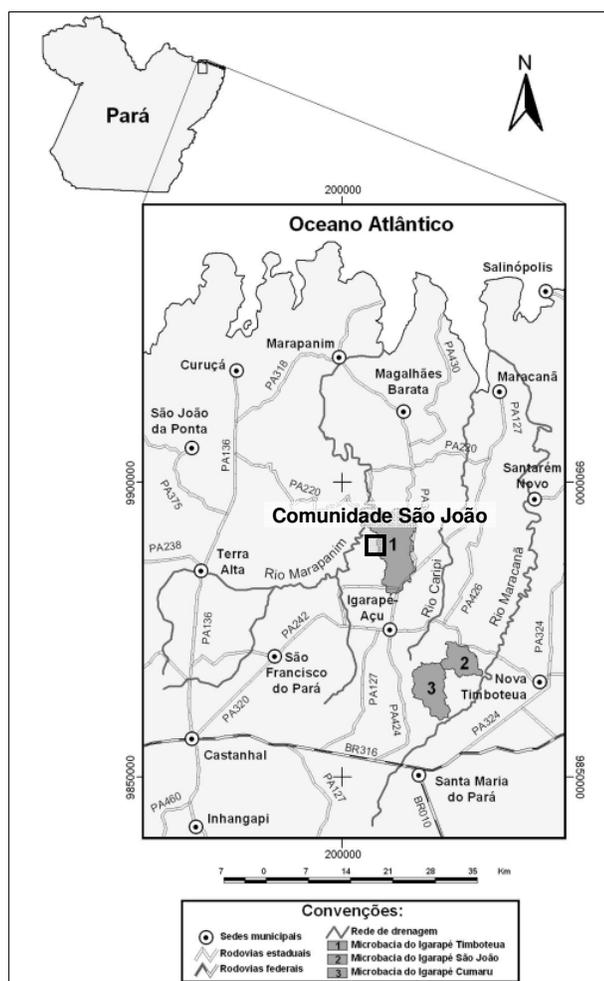


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado de WATRIN, GERHARD e MACIEL, 2009.

Embora a comunidade São João pertença ao município de Marapanim, suas características edafoclimáticas assemelham-se muito mais da realidade de Igarapé-Açú, sendo a proximidade geográfica uma das principais causas dessa influência. O relevo é classificado como plano à suavemente ondulado (WATRIN; GERHARD; MACIEL, 2009). O clima da região é quente e úmido, do tipo Ami segundo a classificação de *Koppen*, com temperaturas médias anuais oscilando em torno de 26°C, podendo no período seco (outubro a novembro) chegar a 31°C. A umidade relativa do ar varia de 80 a 85% e a precipitação média anual é de 2.000 mm, com maiores médias entre os meses de março e abril e menores entre os meses de setembro e outubro (BASTOS; PACHECO, 1999).

O ano de 2009 apresentou comportamento meteorológico semelhante aos cinco anos anteriores, apresentando pequenas diferenças em relação à precipitação pluviométrica durante o primeiro semestre do ano (Figura 2). Nos meses do segundo semestre foram registradas temperaturas máximas que ultrapassaram 33°C e mínimas próximas a 22°C. A precipitação pluviométrica no segundo semestre foi menor em relação ao mesmo período nos anos anteriores, registrando valores de 15.6 e 1 mm nos meses de outubro e novembro. O brilho solar também foi maior no ano de 2009, especialmente nos meses de outubro e novembro, com valores de 277.6 e 255.2 h respectivamente.

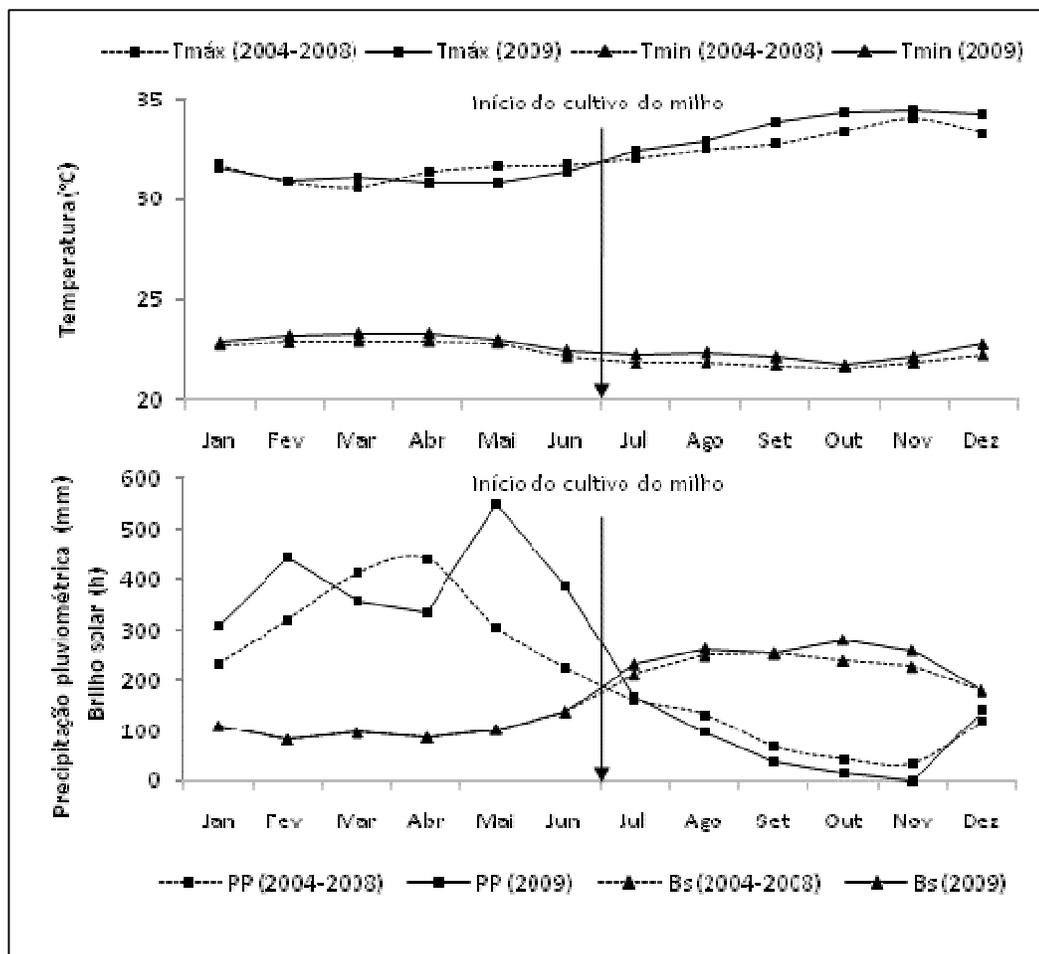


Figura 2. Dados meteorológicos – temperaturas máxima (Tmáx) e mínima (Tmin), precipitação pluviométrica (PP) e brilho solar (BS).

Fonte: LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA – Embrapa Amazônia Oriental, 2010.

3.2. Histórico da área

Em março de 2006, na área experimental de aproximadamente 0,5 ha havia uma vegetação secundária de oito anos que foi submetida à uma trituração (trator com implemento fresador florestal) e, em seguida, foi realizado um plantio de mandioca (*Manihot esculenta* cv. cearense) em espaçamento 1 x 1 m sob o material triturado distribuído na área (cobertura morta ou *mulch*). Em junho de 2007, quando a área estava coberta pela cultura de mandioca, foi instalado um experimento de enriquecimento de capoeira delineado em blocos ao acaso com 12 parcelas amostrais de 10 x 12 m, com três tipos de manejo de capoeira: CN – capoeira natural ou espontânea (testemunha), CE – capoeira enriquecida com ingá (*Inga edulis*) e tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) – leguminosas arbóreas de rápido

crescimento já testadas no sistema de corte e trituração (BRIENZA JÚNIOR et al., 2000) – e CEP - capoeira enriquecida com ingá e tachi-branco com adubação fosfatada.

As espécies leguminosas foram plantadas alternadamente, em espaçamento de 2 x 2 m, entre linhas de mandioca, e a adubação fornecida foi um fosfato de baixa solubilidade (fosfato natural de Arad) na dosagem de 200 g por cova (165 kg de P_2O_5 ha^{-1}). Em outubro de 2007, após a colheita da mandioca e um coroamento realizado nas leguminosas, a área experimental entrou em pousio, totalizando um período de enriquecimento da capoeira de 23 meses.

Antes da instalação do experimento e da trituração da capoeira, foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada a análise química (Quadro 2).

Análise Química										
Profundidade (cm)	pH (água)	N (%)	MO ($g\ kg^{-1}$)	P	K	Na	Ca	Ca +Mg	Al	H+Al
				-----($mg\ dm^{-3}$)-----				-----($cmolc\ dm^{-3}$)-----		
0-10	5,3	0,17	11,52	4	32	14	2,5	3,0	0,1	5,78
10-20	4,8	0,14	10,45	2	22	12	0,8	1,2	0,6	6,60

Quadro 2. Análise química do solo da área experimental.

Fonte: LABORATÓRIO DE SOLOS – Embrapa Amazônia Oriental, 2010.

3.3. Instalação e condução do experimento

Em maio de 2009, foi iniciado outro preparo de área para a instalação do experimento com milho com uma segunda trituração da capoeira, mantendo o material triturado distribuído na área. O delineamento em blocos ao acaso previamente estabelecido durante a fase de enriquecimento da capoeira foi preservado.

Após sessenta dias (início do mês de julho de 2009), três variedades de milho adaptadas a solos ácidos e com baixo nível de fósforo (BRS Sol da manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106) foram plantadas no espaçamento de 1 x 0,5 m e as parcelas foram subdivididas em não adubadas e adubadas (NPK), perfazendo um total de dezoito tratamentos com quatro repetições (Quadro 3). As parcelas experimentais correspondente a cada tratamento foram constituídas de onze linhas de plantio, contendo cada uma doze plantas por subparcela, como mostra a Figura 3.

TRATAMENTOS		
Variedades	Sigla	Manejos da Capoeira
BRS Sol da Manhã	CN + NPK	Capoeira natural + Adubação (NPK)
	CN	Capoeira natural
	CE + NPK	Capoeira enriquecida + Adubação (NPK)
	CE	Capoeira enriquecida
	CEP + NPK	Capoeira enriquecida e adubação fosfatada + Adubação (NPK)
	CEP	Capoeira enriquecida e adubação fosfatada
BRS 4154 Saracura	CN + NPK	Capoeira natural + Adubação (NPK)
	CN	Capoeira natural
	CE + NPK	Capoeira enriquecida + Adubação (NPK)
	CE	Capoeira enriquecida
	CEP + NPK	Capoeira enriquecida e adubação fosfatada + Adubação (NPK)
BR 106	CEP	Capoeira enriquecida e adubação fosfatada
	CN + NPK	Capoeira natural + Adubação (NPK)
	CN	Capoeira natural
	CE + NPK	Capoeira enriquecida + Adubação (NPK)
	CE	Capoeira enriquecida
	CEP + NPK	Capoeira enriquecida e adubação fosfatada + Adubação (NPK)
	CEP	Capoeira enriquecida e adubação fosfatada

Quadro 3. Tratamentos implantados.

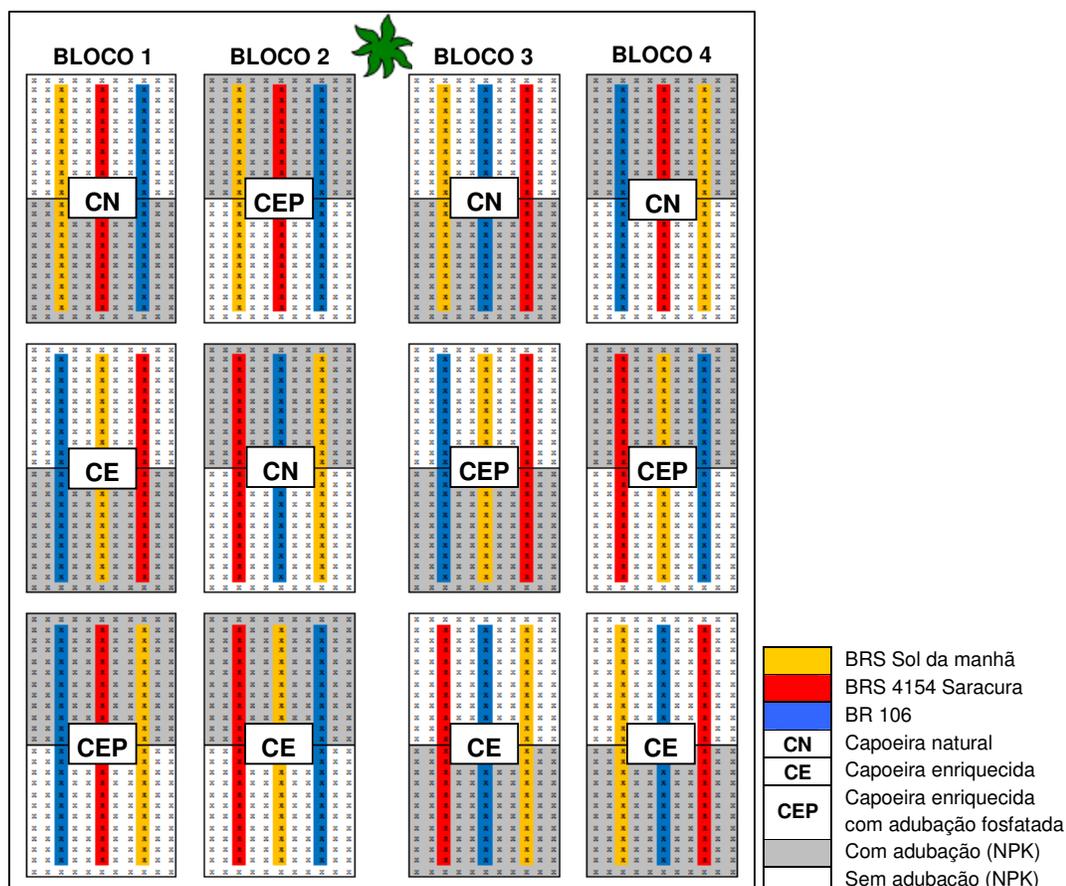


Figura 3. Croqui da área experimental: variedades BRS Sol da manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106 nos manejos com capoeira natural, capoeira enriquecida e capoeira enriquecida com adubação fosfatada, com e sem adubação complementar (NPK).

A semeadura foi efetuada com plantadeiras manuais (tipo matraca ou tico-tico), reguladas para 3 a 4 sementes de milho por cova, afastando a cobertura morta e depositando as sementes entre 1 à 2 cm de profundidade do solo. A cova não foi completamente fechada para facilitar a germinação do milho. O desbaste foi realizado quinze dias após a semeadura, deixando-se duas plântulas por cova e, após cinco dias, uma adubação complementar com NPK 10-28-10 (10 g cova⁻¹) foi efetuada manualmente, considerando a distância de aproximadamente 10 cm ao lado de cada cova.

No intuito de manter condições ideais de sanidade, as plantas foram pulverizadas com extrato aquoso de folhas de Nim indiano (*Azadirachta indica*, 100 g da folha fresca L⁻¹ H₂O) e com o inseticida biológico *Bacillus thuringiensis* (5 g L⁻¹ H₂O), assim como, dois tipos de iscas entomológicas, a base de Nim indiano e Malathion 60 CE, respectivamente, foram distribuídas por todo o experimento durante a emergência das plântulas.

A Figura 4 mostra a instalação e condução do experimento.



Figura 4. Instalação e condução do experimento com capoeira enriquecida (Figura 4A), trituração da capoeira (Figura 4B), emissão da plântula de milho (Figura 4C) e estabelecimento do experimento com milho (Figuras 4D e 4E).

3.4. Medições e avaliações

As medições e avaliações foram realizadas durante os meses de agosto a novembro de 2009, de acordo com o estágio fenológico de cada variedade. Os efeitos dos tratamentos sobre o crescimento e desenvolvimento vegetativo da cultura foram avaliados pelas variáveis: altura das plantas (do solo à extremidade da inflorescência masculina), altura diferencial (diferença de altura entre estádios fenológicos diferentes), altura da inserção da primeira espiga (do solo à inserção da espiga mais próxima), diâmetro do colmo (medido aproximadamente 10 cm acima do solo), diâmetro diferencial (diferença de diâmetro entre estádios fenológicos diferentes), número de folhas, biomassa (parte aérea da planta sem as espigas) e estande final (número de plantas por área útil). Essas variáveis foram avaliadas com base em uma média de amostragem de oito plantas coletadas na área útil de cada subparcela.

As medições de altura e diâmetro do colmo foram realizadas no início e ao final do período considerado crítico do ciclo da cultura, citado por Embrapa (2008) – estágio fenológico V_{10} (aproximadamente seis semanas após a emergência) e R_1 (entre nove a dez semanas após a emergência) – e as variáveis como altura da inserção da primeira espiga, número de folhas, biomassa e estande final foram avaliadas na maturação fisiológica (entre 110 a 130 dias após o plantio, dependendo da precocidade da variedade). Para a avaliação da biomassa foi pesada a massa úmida (sem espigas) das plantas úteis e coletada uma subamostra, em sacos de papel, de cada área útil para a avaliação da massa seca. As amostras foram secas em estufa a 65 °C, sob ventilação forçada, até atingirem massa constante.

O comportamento fisiológico foi avaliado pelas variáveis: carbono atmosférico de referência (C_a), radiação fotossinteticamente ativa (Q_{leaf}), temperatura da folha (T_f), transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese líquida (A), gás carbônico (CO_2) interno (C_i), eficiência instantânea do uso da água (A/E) e razão entre CO_2 interno e externo à folha (C_i/C_a). Para a obtenção destas variáveis foi utilizado um analisador de gases à infravermelho (modelo LCpro+, ADC *BioScientific Limited*, Reino Unido) no estágio fenológico V_t (pendoamento), quando a planta atinge o seu desenvolvimento máximo e apresenta seu pendão e suas folhas completamente expostas. As medições foram realizadas no período da manhã, entre

9:00 e 11:30 h, nas primeiras folhas completamente desenvolvidas de cima para baixo, evitando o período de seca fisiológica que a planta sofre próximo das 12:00 h.

As espigas coletadas foram avaliadas pelas variáveis: número de espigas por plantas, comprimento, diâmetro médio (área mediana da espiga), massa total da espiga, massa da palhada, massa da espiga sem grãos (sabugo), número médio de grãos por espiga, massa média de grãos, massa de 100 grãos e produtividade (massa média de grãos em kg ha^{-1}). As avaliações que envolveram pesagem de grãos foram corrigidas para 13% de umidade.

Os dados foram processados com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000), avaliando os efeitos das variedades de milho, do manejo da capoeira, adubação complementar (NPK) e as possíveis interações entre estes fatores. Para isso, foram realizadas análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento e desenvolvimento

A Tabela 1 apresenta as médias referentes às variáveis fisiológicas e o efeito das variedades no sistema de produção e, os Apêndices A e B, os quadrados médios do modelo analítico adotado na análise de variância e significância do teste F.

▪ Altura

A altura das plantas nos estádios fenológicos V_{10} e R_1 e altura da inserção da primeira espiga não apresentaram diferença significativa entre as variedades cultivadas (Apêndice B). Entretanto, ocorreu um efeito de variedade na taxa de crescimento entre os estádios fenológicos (altura diferencial), que foi maior na variedade BR 106 e menor na BRS Sol da manhã (Tabela 1).

O tipo de manejo da capoeira não influenciou a variedade BRS Sol da manhã em relação ao crescimento em altura no estágio V_{10} (Figura 5A), na altura diferencial e na altura da inserção da primeira espiga. O manejo da capoeira enriquecida com adubação fosfatada e adubação complementar com NPK proporcionou maior crescimento desta variedade no estágio R_1 (Figura 5B). Foi observado também efeito significativo da adubação complementar (NPK) em quase todos os parâmetros de altura da planta, com exceção da altura diferencial (Tabela 1).

Os manejos com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar (NPK), proporcionaram as maiores alturas nos estádios V_{10} e R_1 (Figura 5A e 5B) e na altura da inserção da primeira espiga na variedade BRS 4154 Saracura. Em relação à altura da inserção da primeira espiga, foram observadas interações significativas entre o manejo da capoeira e a adubação complementar (Apêndice A). Assim como, ocorreu efeito de adubação em todos os parâmetros de altura (Tabela 1).

Na variedade BR 106, os mesmos manejos citados influenciaram na altura nos estádios V_{10} e R_1 (Figura 5A e 5B) e na altura da inserção da primeira espiga. Foram observadas interações entre o manejo da capoeira e adubação complementar principalmente para as variáveis de altura em V_{10} e R_1 (Apêndice A).

O efeito da adubação complementar (NPK) promoveu o incremento na altura das plantas no estágio fenológico R₁ nas variedades analisadas (Figura 5B). O efeito do manejo com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, somados à adubação complementar (NPK), proporcionaram os melhores resultados, possibilitando às plantas atingirem alturas entre 1,50 e 1,58 m e altura da inserção da primeira espiga entre 0,80 e 0,87 m (Tabela 1).

Da mesma forma, Kato et al. (2002) e Kato et al. (2003) observaram maiores alturas de plantas e de inserção da primeira espiga de milho em condições semelhantes de cultivo no sistema de corte e trituração com adubação complementar. Os autores obtiveram plantas de milho com altura média de 1,59 m e altura da inserção da primeira espiga de aproximadamente 0,84 m. Estes resultados evidenciam a resposta da cultura do milho ao tipo de manejo da capoeira e adubação praticados, pois a cobertura morta distribuída sob o solo desempenha um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto os adicionados por meio de fertilizantes minerais quanto os provenientes da matéria orgânica do solo (TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008; SILVA et al., 2009).

▪ **Diâmetro do colmo**

O diâmetro do colmo nos estádios fenológicos V₁₀ e R₁ e a taxa de crescimento entre estes estádios (diâmetro diferencial) não apresentaram efeito de variedade entre as espécies estudadas (Tabela 1). Nas variedades BRS Sol da manhã e BR 106 foram observados efeitos de adubação nos diâmetros V₁₀ e R₁ (Figura 5C e 5D). Os diâmetros do colmo na variedade BRS 4154 Saracura foram influenciados pelo manejo da capoeira e pela adubação complementar, apresentando maiores valores nos manejos com capoeira enriquecida (19,76 mm) e enriquecida com adubação fosfatada (20,12 mm), ambos com adubação complementar (Figura 5C e 5D), e efeito de interação entre o manejo e adubação (Apêndice A).

Fernandes et al. (2005), avaliando respostas de cultivares de milho à diferentes doses de adubação, não identificou diferenças significativas no diâmetro do colmo das cultivares, alcançando valores entre 18,02 e 19,81 mm. Demétrio et al. (2008), comparando o desempenho de espécies de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais, observou que quanto maior a densidade

menor o diâmetro do colmo, devido à um decréscimo de matéria seca individual como resultado da competição pelos recursos do meio (GROSS et al., 2006), evidenciando a influência do genótipo em relação ao desenvolvimento da planta e à resistência ao acamamento.

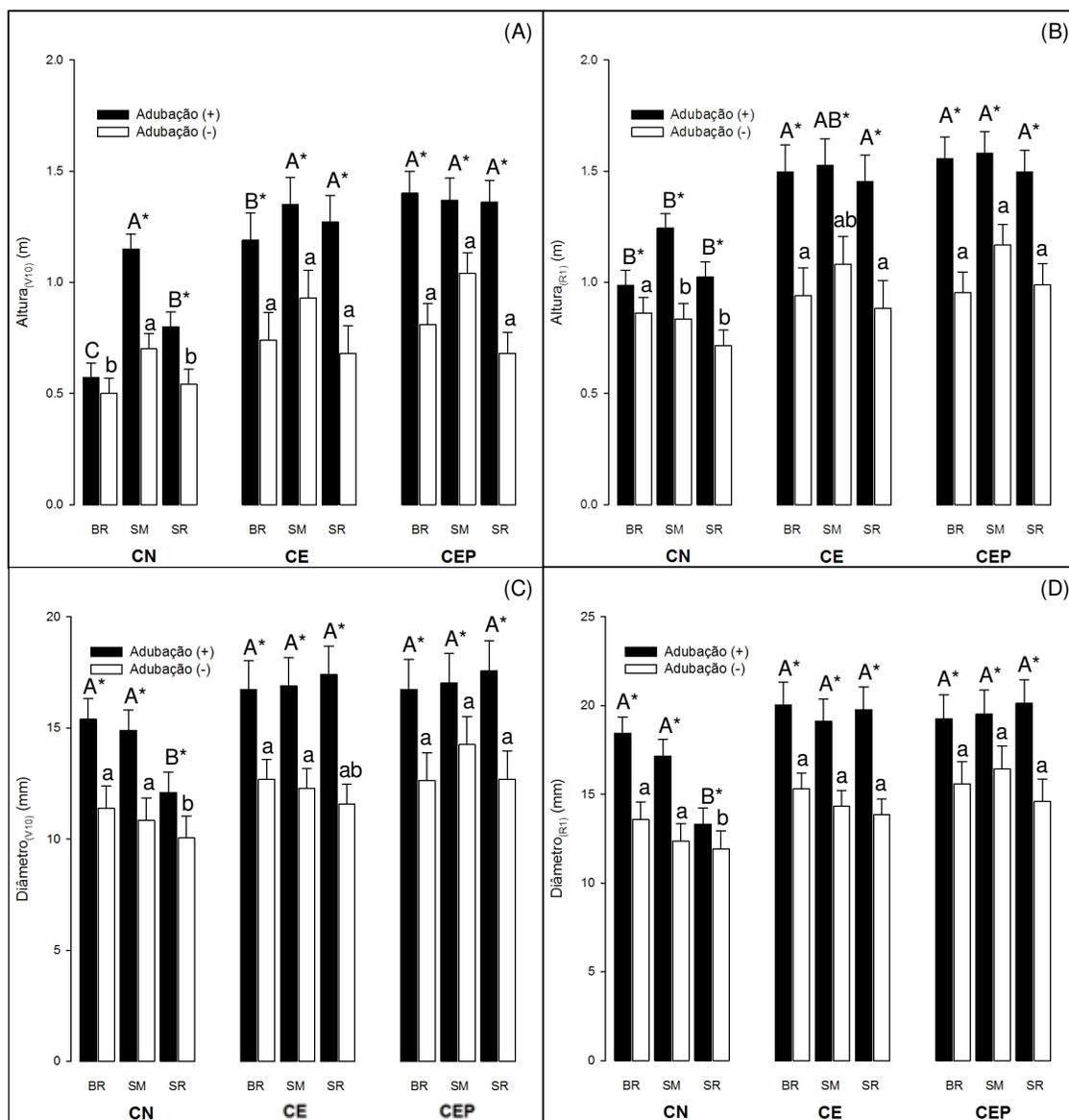


Figura 5. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na altura (Figuras 1A e 1B) e no diâmetro do colmo (Figuras 1C e 1D) em três variedades de milho (BR 106 – BR; BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), nos estádios V₁₀ e R₁, cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

- **Número de folhas**

A variedade BR 106 foi a que desenvolveu maior número de folhas por planta, evidenciando o efeito da variedade de milho (Tabela 1). Apesar das variedades terem se desenvolvido de forma equilibrada, este comportamento era esperado devido esta ser uma variedade semiprecoce e, por isso, necessita atingir um porte mais elevado em comparação com as demais variedades precoces avaliadas para expressar seu rendimento máximo (EMBRAPA, 2010). Entretanto, as variedades estudadas não foram influenciadas pelo manejo da capoeira ou pela adubação para este fator (Tabela 1).

Cruz et al. (2010) afirmam que cultivares precoces, geralmente, possuem plantas de menor altura, menor massa vegetativa e menor tamanho das folhas. Essas características morfológicas determinam um menor sombreamento dentro da cultura, possibilitando com isso, menor espaçamento entre plantas e melhor aproveitamento de luz para os processos fotossintéticos. E, quando outros fatores ambientais são favoráveis, a interceptação da radiação solar pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos na cultura do milho.

- **Produção de biomassa**

A variedade BR 106 apresentou maior produção de massa úmida entre as variedades estudadas. Contudo, em relação à produção de massa seca, este mesmo desempenho não foi observado (Tabela 1). Borghi, Mello e Crusciol (2004) observaram que a maior produção de biomassa verde por área nem sempre corresponde à mesma produção de massa seca devido a desidratação que o material sofre após ser colhido.

Para a variedade BRS Sol da manhã, o manejo com capoeira enriquecida com adubação fosfatada e complementar promoveu a maior produção de massa úmida e de massa seca (Figuras 6B e 6C), com valores de 134,93 g e 101,78 g respectivamente. Fernandes et al. (2005) em avaliações de cultivares de milho com diferentes adubações também obtiveram resultados significativos com a variedade BRS Sol da manhã, apresentando o melhor desempenho em produção de matéria seca.

A BRS 4154 Saracura apresentou os maiores valores de produção de massa úmida e seca nos manejos com capoeira enriquecida, com 104,63 g e 71,03 g, e enriquecida com adubação fosfatada, com 104,65 g e 72,38 g, respectivamente, ambos com adubação complementar.

Os mesmos manejos citados proporcionaram à variedade BR 106 os maiores valores de massa úmida e seca. A variedade atingiu 154,80 g e 142,63 g de massa úmida nos manejos com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar, respectivamente. Estes resultados são opostos aos encontrados por Fernandes et al. (2005) que também avaliaram o desempenho da variedade BR 106, entretanto, não foi superior aos valores obtidos com a variedade BRS Sol da manhã. O aumento de massa seca da parte aérea das plantas de milho é uma resposta ao incremento das doses de fósforo, como foi observado por Harger et al. (2007) ao avaliarem o crescimento da cultura em relação a este nutriente. Além disso, Silva et al. (2009) observaram que o fósforo aumenta a assimilação de nitrogênio proveniente da adubação, contribuindo para um ambiente agrícola favorável ao desenvolvimento da cultura.

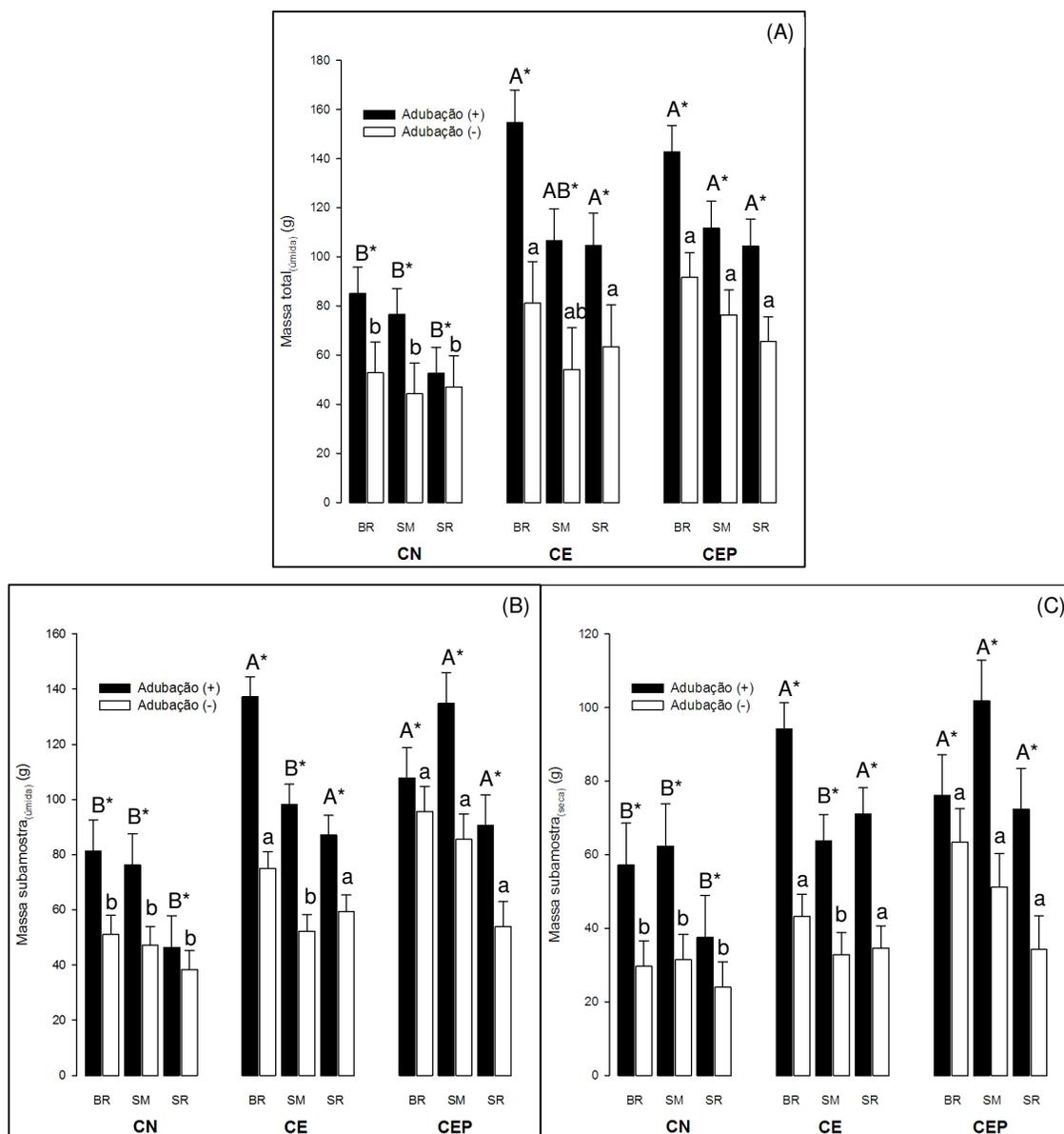


Figura 6. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na produção de massa úmida (Figuras 6A e 6B) e massa seca (Figura 6C) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), nos estádios V₁₀ e R₁, cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

▪ Estande final

As variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura apresentaram maiores estandes finais em relação à BR 106 (Tabela 1). Entretanto, não foram detectadas diferenças significativas em relação ao manejo da capoeira e a adubação (Figura 7) e nem interações entre estes (Apêndice A).

O milho, ao contrário de outras gramíneas, não perfilha para compensar possíveis falhas de semeadura e, segundo Pereira e Cruz (2003), o estande tem papel importante no rendimento de uma lavoura de milho, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final e é uma das causas da baixa produtividade de milho no Brasil. Baseado nesta afirmação, o estande da BR 106 pode ter contribuído para o rendimento da variedade no estudo proposto, entretanto, é um efeito intrínseco ao desenvolvimento da espécie e não uma consequência do tipo de manejo da capoeira ou de adubações complementares.

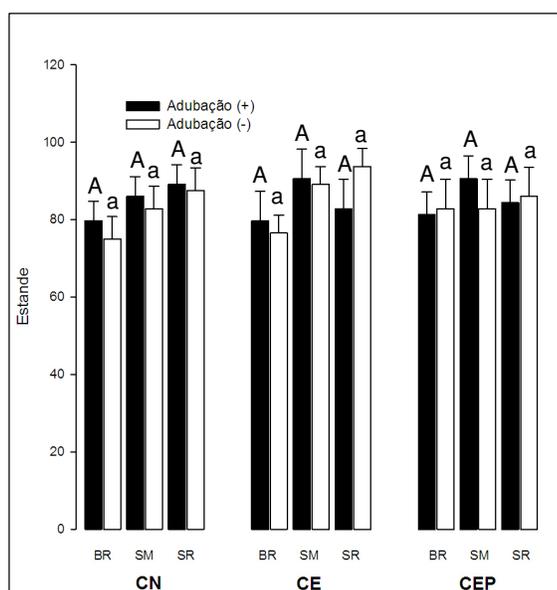


Figura 7. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) no estande final em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), nos estádios V₁₀ e R₁, cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

Tabela 1. Dados de crescimento e desenvolvimento das variedades: altura da planta nos estádios fenológicos V₁₀ e R₁ (m), altura diferencial (m), altura da primeira espiga (m), diâmetro do colmo nos estádios fenológicos V₁₀ e R₁ (mm), diâmetro diferencial (mm), número de folhas por planta, massa total úmida (g), subamostra úmida (g), subamostra seca (g) e estande final, submetidas a diferentes manejos da capoeira durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA^(*).

Variáveis	Manejo da capoeira	BRS Sol da Manhã						BRS 4154 Saracura						BR 106						Global
		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		
Altura 1 (V ₁₀) (m)	CN	0.70	a(2)	1.15	a(1)	0.92	a	0.54	a(2)	0.80	b(1)	0.67	b	0.50	b(1)	0.57	c(1)	0.53	b	0.71
	CE	0.93	a(2)	1.35	a(1)	1.14	a	0.68	a(2)	1.27	a(1)	0.97	a	0.74	a(2)	1.19	b(1)	0.96	a	1.02
	CEP	1.04	a(1)	1.37	a(1)	1.21	a	0.68	a(2)	1.36	a(1)	1.02	a	0.81	a(2)	1.40	a(1)	1.10	a	1.11
	Total	0.89	(2)	1.29	(1)	1.09	A	0.63	(2)	1.14	(1)	0.89	A	0.68	(2)	1.05	(1)	0.87	A	0.95
Altura 2 (R ₁) (m)	CN	0.84	a(2)	1.24	a(1)	1.04	b	0.72	a(2)	1.03	b(1)	0.87	b	0.86	a(1)	0.99	b(1)	0.93	b	0.94
	CE	1.08	a(2)	1.53	a(1)	1.30	ab	0.88	a(2)	1.45	a(1)	1.17	a	0.94	a(2)	1.50	a(1)	1.22	a	1.23
	CEP	1.17	a(2)	1.58	a(1)	1.37	a	0.99	a(2)	1.50	a(1)	1.24	a	0.95	a(2)	1.56	a(1)	1.25	a	1.29
	Total	1.03	(2)	1.45	(1)	1.24	A	0.86	(2)	1.32	(1)	1.09	A	0.92	(2)	1.35	(1)	1.13	A	1.15
Altura diferencial (2 - 1) (m)	CN	0.21	a(1)	0.08	a(1)	0.15	a	0.34	a(1)	0.29	a(1)	0.31	a	0.73	a(1)	0.74	a(1)	0.73	a	0.40
	CE	0.19	a(1)	0.15	a(1)	0.17	a	0.30	a(1)	0.16	a(1)	0.23	a	0.28	b(1)	0.27	b(1)	0.27	b	0.23
	CEP	0.13	a(1)	0.17	a(1)	0.15	a	0.53	a(1)	0.10	a(2)	0.31	a	0.19	b(1)	0.11	c(1)	0.15	c	0.20
	Total	0.18	(1)	0.13	(1)	0.16	B	0.39	(1)	0.18	(2)	0.29	AB	0.40	(1)	0.37	(1)	0.39	A	0.28
Altura 1 ^a espiga (m)	CN	0.34	a(2)	0.64	a(1)	0.49	a	0.49	a(1)	0.43	b(1)	0.46	b	0.45	a(1)	0.54	b(1)	0.49	b	0.48
	CE	0.60	a(1)	0.78	a(1)	0.69	a	0.44	a(2)	0.85	a(1)	0.65	a	0.61	a(2)	0.89	a(1)	0.75	a	0.69
	CEP	0.61	a(1)	0.80	a(1)	0.71	a	0.44	a(2)	0.87	a(1)	0.65	a	0.59	a(2)	0.86	a(1)	0.73	a	0.70
	Total	0.51	(2)	0.74	(1)	0.63	A	0.46	(2)	0.72	(1)	0.59	A	0.55	(2)	0.76	(1)	0.66	A	0.62
Diâmetro 1 (V ₁₀) (mm)	CN	10.85	a(2)	14.89	a(1)	12.87	a	10.05	b(2)	12.10	b(1)	11.07	b	11.39	a(2)	15.39	a(1)	13.39	a	12.44
	CE	12.29	a(2)	16.88	a(1)	14.58	a	11.59	ab(2)	17.40	a(1)	14.49	a	12.69	a(2)	16.74	a(1)	14.71	a	14.60
	CEP	14.25	a(1)	17.02	a(1)	15.63	a	12.70	a(2)	17.58	a(1)	15.14	a	12.62	a(2)	16.74	a(1)	14.68	a	15.15
	Total	12.46	(2)	16.26	(1)	14.36	A	11.44	(2)	15.69	(1)	13.57	A	12.23	(2)	16.29	(1)	14.26	A	14.06
Diâmetro 2 (R ₁) (mm)	CN	12.36	a(2)	17.16	a(1)	14.76	a	11.94	a(1)	13.32	b(1)	12.63	b	13.58	a(2)	18.43	a(1)	16.00	a	14.46
	CE	14.32	a(2)	19.09	a(1)	16.71	a	13.85	a(2)	19.76	a(1)	16.81	a	15.31	a(2)	20.04	a(1)	17.67	a	17.06
	CEP	16.43	a(1)	19.51	a(1)	17.97	a	14.60	a(2)	20.12	a(1)	17.36	a	15.58	a(2)	19.25	a(1)	17.42	a	17.58
	Total	14.37	(2)	18.59	(1)	16.48	A	13.46	(2)	17.73	(1)	15.60	A	14.82	(2)	19.24	(1)	17.03	A	16.37

Continua

Variáveis	Manejo da capoeira	BRS Sol da Manhã						BRS 4154 Saracura						BR 106						Global
		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		
Diâmetro diferencial (2-1) (mm)	CN	0.14	a(1)	0.17	a(1)	0.15	a	0.19	a(1)	0.10	a(1)	0.15	a	0.20	a(1)	0.20	a(1)	0.20	a	0.16
	CE	0.17	a(1)	0.14	a(1)	0.15	a	0.20	a(1)	0.14	a(1)	0.17	a	0.21	a(1)	0.20	a(1)	0.20	a	0.17
	CEP	0.15	a(1)	0.15	a(1)	0.15	a	0.15	a(1)	0.14	a(1)	0.14	a	0.25	a(1)	0.16	a(1)	0.20	a	0.17
	Total	0.15	(1)	0.15	(1)	0.15	A	0.18	(1)	0.13	(1)	0.15	A	0.22	(1)	0.19	(1)	0.20	A	0.17
Nº de folhas	CN	11.25	a(1)	13.00	a(1)	12.13	a	10.50	a(1)	10.75	a(1)	10.63	a	13.50	a(1)	14.25	a(1)	13.88	a	12.21
	CE	12.50	a(1)	13.50	a(1)	13.00	a	11.50	a(1)	12.50	a(1)	12.00	a	13.00	a(1)	14.00	a(1)	13.50	a	12.83
	CEP	12.00	a(1)	12.75	a(1)	12.38	a	11.00	a(1)	12.75	a(1)	11.88	a	12.75	a(1)	14.25	a(1)	13.50	a	12.58
	Total	11.92	(1)	13.08	(1)	12.50	B	11.00	(1)	12.00	(1)	11.50	B	13.08	(1)	14.17	(1)	13.63	A	12.54
Massa total (úmida) (g)	CN	44.20	a(1)	76.50	a(1)	60.35	b	47.10	a(1)	52.63	b(1)	49.86	b	52.79	a(1)	85.18	b(1)	68.99	b	59.73
	CE	54.18	a(2)	106.45	a(1)	80.31	ab	63.43	a(2)	104.63	a(1)	84.03	a	81.11	a(2)	154.80	a(1)	117.95	a	94.10
	CEP	76.38	a(2)	111.78	a(1)	94.08	a	65.60	a(2)	104.45	a(1)	85.03	a	91.56	a(2)	142.63	a(1)	117.09	a	98.73
	Total	58.25	(2)	98.24	(1)	78.25	AB	58.71	(2)	87.23	(1)	72.97	B	75.15	(2)	127.53	(1)	101.34	A	84.19
Subamostra (úmida) (g)	CN	47.08	a(1)	76.20	b(1)	61.64	b	38.35	a(1)	46.38	b(1)	42.36	b	51.06	b(1)	81.20	b(1)	66.13	b	56.71
	CE	52.28	a(2)	98.30	ab(1)	75.29	b	59.30	a(1)	87.05	a(1)	73.18	a	74.98	ab(2)	137.28	ab(1)	106.13	a	84.86
	CEP	85.53	a(2)	134.93	a(1)	110.23	a	53.85	a(2)	90.50	a(1)	72.18	a	95.60	a(1)	107.73	a(1)	101.66	a	94.69
	Total	61.63	(2)	103.14	(1)	82.38	AB	50.50	(2)	74.64	(1)	62.57	B	73.88	(2)	108.73	(1)	91.31	A	78.75
Subamostra (seca) (g)	CN	31.45	a(2)	62.35	b(1)	46.90	b	23.93	a(1)	37.58	b(1)	30.75	b	29.65	b(2)	57.18	b(1)	43.41	b	40.35
	CE	32.83	a(2)	63.70	b(1)	48.26	b	34.65	a(2)	71.03	a(1)	52.84	a	43.20	ab(2)	94.13	ab(1)	68.66	a	56.59
	CEP	51.15	a(2)	101.78	a(1)	76.46	a	34.30	a(2)	72.38	a(1)	53.34	a	63.38	a(2)	76.08	a(1)	69.73	a	66.51
	Total	38.48	(2)	75.94	(1)	57.21	A	30.96	(2)	60.33	(1)	45.64	A	45.41	(2)	75.79	(1)	60.60	A	54.48
Estande final	CN	82.81	a(1)	85.94	a(1)	84.38	a	87.50	a(1)	89.06	a(1)	88.28	a	75.00	a(1)	79.69	a(1)	77.34	a	83.33
	CE	89.06	a(1)	90.63	a(1)	89.84	a	93.75	a(1)	82.81	a(1)	88.28	a	76.56	a(1)	79.69	a(1)	78.13	a	85.42
	CEP	82.81	a(1)	90.63	a(1)	86.72	a	85.94	a(1)	84.38	a(1)	85.16	a	82.81	a(1)	81.25	a(1)	82.03	a	84.64
	Total	84.90	(1)	89.06	(1)	86.98	A	89.06	(1)	85.42	(1)	87.24	A	78.13	(1)	80.21	(1)	79.17	B	84.46

(*) Médias seguidas de letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si (efeito do manejo da capoeira), médias seguidas de números iguais entre parênteses na horizontal não diferem entre si (efeito da adubação) e médias totais seguidas de letras maiúsculas iguais na horizontal não diferem entre si (efeito da variedade de milho), pelo teste de Tukey a 5%.

4.2. Fisiologia

A Tabela 2 apresenta as médias referentes às variáveis fisiológicas e o efeito das variedades no sistema de produção e, os Apêndices A e B, os quadrados médios do modelo analítico adotado na análise de variância e significância do teste F.

As variáveis carbono atmosférico de referência (C_a), radiação fotossinteticamente ativa (Q_{leaf}) (Figura 8A) e temperatura da folha (T_f) foram equilibradas e não apresentaram diferenças significativas para o manejo da capoeira e a adubação entre as variedades estudadas, possibilitando uma avaliação sob praticamente as mesmas condições ambientais (Tabela 2).

▪ **Transpiração (E)**

A variedade BRS Sol da manhã foi a que apresentou maiores índices de transpiração entre as variedades, atingindo valores de até $8,86 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e diferindo estatisticamente das demais com valores até $6,82$ (BRS 4154 Saracura) e $6,17 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (BR 106). O tipo de manejo da capoeira não influenciou o processo de transpiração das variedades, porém, foi observado um efeito de adubação nas variedades BR 106 e BRS Sol da manhã (Figura 8B).

Os tratamentos sem adubação complementar (NPK) apresentaram maiores taxas de transpiração do que os tratamentos com adubação, acontecimento que pode estar relacionado à redução da disponibilidade hídrica na região no período da avaliação (fase do pendoamento). Nestas condições, plantas que receberam adubação costumam reduzir sua atividade fotossintética devido ao maior acúmulo de açúcares solúveis totais (plantas mais concentradas) em comparação com plantas que receberam menores quantidades de nutrientes via adubação (Embrapa, 2010).

▪ **Condutância estomática (g_s)**

O tipo de manejo da capoeira não influenciou a condutância estomática, porém, foi observado um efeito de adubação em todas as variedades (Figura 8C).

Os tratamentos sem adubação complementar (NPK) apresentaram maiores taxas de transpiração do que os tratamentos com adubação, condição que também pode estar relacionada à redução da disponibilidade hídrica na região no período da avaliação (fase do pendoamento).

As variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura apresentaram maior condutância estomática entre as variedades, com valores de 0,35 e 0,29 mol.m⁻².s⁻¹ respectivamente (Tabela 2). Os resultados de Oliveira Júnior et al. (2007) mostram que cultivares que apresentam uma baixa condutância estomática no período vegetativo, quando está sendo definido o tamanho da espiga e o número de grãos, associado à uma baixa fotossíntese líquida, demonstra uma menor eficiência do genótipo de milho neste estágio de desenvolvimento para adaptar-se as variações ambientais, ocasionando menores espigas, menor número de grãos e menor produtividade.

▪ **Fotossíntese líquida (A)**

As variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura apresentaram maior fotossíntese líquida, 25,76 e 22,34 μmol CO₂.m⁻².s⁻¹, respectivamente, apesar desta última não diferir estatisticamente da BR 106 que atingiu valores de até 19,29 μmol CO₂.m⁻².s⁻¹ (Tabela 2). O tipo de manejo da capoeira não influenciou a fotossíntese líquida das variedades, porém, também foi observado um efeito de adubação nas variedades BR 106 e BRS Sol da manhã (Figura 8D). Os tratamentos sem adubação complementar (NPK) apresentaram maiores taxas de fotossíntese líquida do que os tratamentos com adubação.

Oliveira Júnior et al. (2007) avaliando diferenças fisiológicas entre genótipos de milho durante o desenvolvimento observaram que a taxa de fotossíntese líquida aumenta na fase vegetativa para que o colmo armazene fotoassimilados suficientes e que, na fase subsequente, o grão possa ter uma fonte de carbono adicional além da folha, ocorrendo assim a mobilização de carbono do colmo para a formação do grão (formação de carboidratos). Machado et al. (1992) afirmam que este não é um fenômeno atípico pois, durante o intenso enchimento do grão, somente a atividade fotossintética pode ser insuficiente para supri-lo.

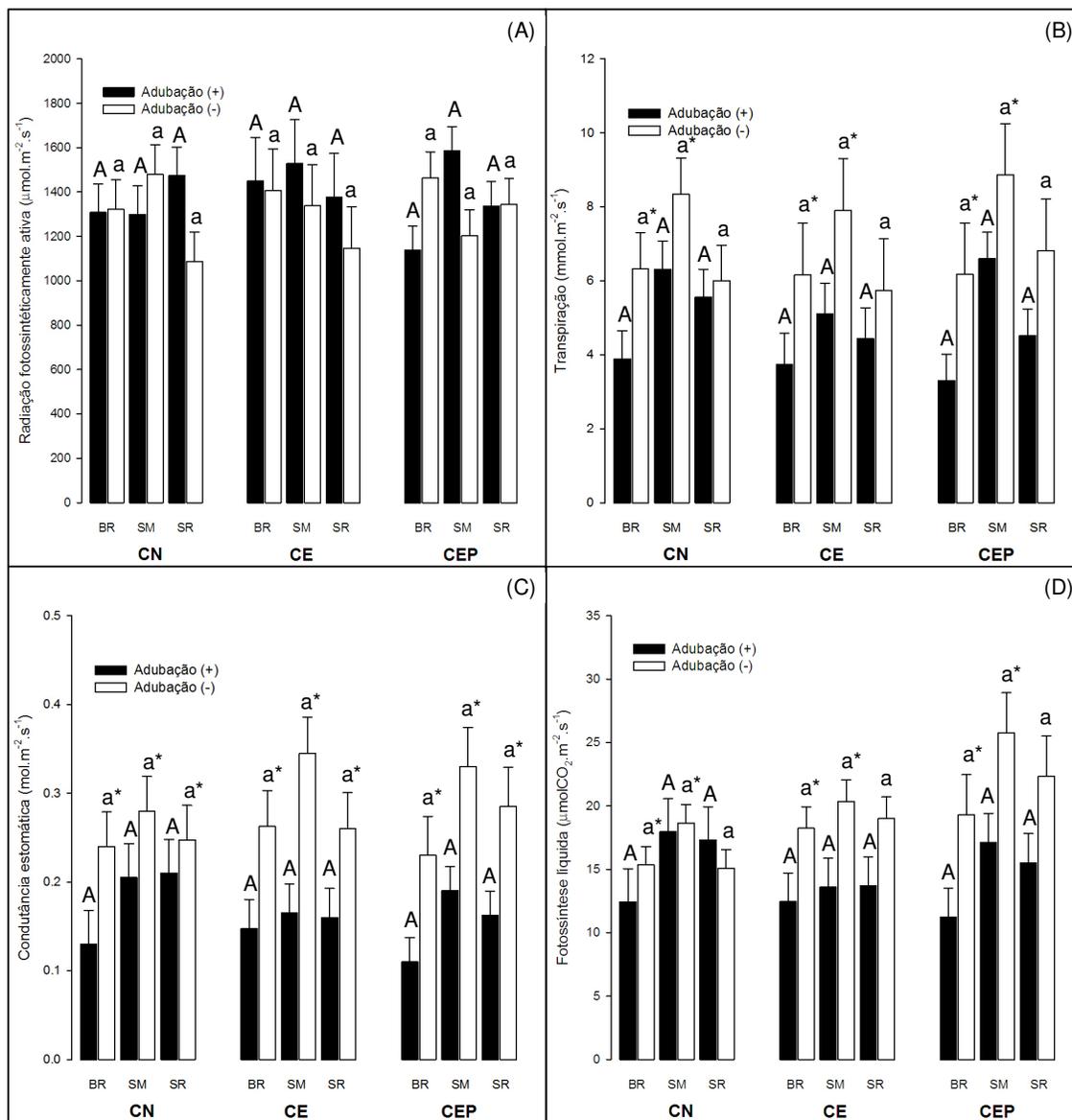


Figura 8. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na radiação fotossinteticamente ativa (Figura 8A), na transpiração (Figura 8B), na condutância estomática (Figura 8C) e na fotossíntese líquida (Figura 8D) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), na fase de pendoamento, cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

Os resultados de Lopes et al. (2009) mostram que a redução de fotossíntese líquida durante a fase de pendramento do milho pode também ser consequência de déficit hídrico, devido a primeira reação da planta à esta ocorrência é o fechamento parcial dos estômatos, causando diminuição da condutância estomática. Estes autores observaram valores de fotossíntese líquida entre 25 e 35 $\mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$ nesta fase de desenvolvimento do milho cultivado em plantio direto com moderada deficiência hídrica, dados que se assemelham aos obtidos com as variedades estudadas no sistema de corte e trituração.

- **Eficiência instantânea do uso da água (A/E)**

As variáveis BRS 4154 Saracura e BR 106 apresentaram as maiores eficiências instantâneas do uso da água, em relação à variedade BRS Sol da manhã (Tabela 1). Apesar disso, não foram detectadas diferenças significativas em relação ao manejo da capoeira e a adubação (Figura 9A) e nem interações entre estes (Apêndice A).

Resultados obtidos por Magalhães et al. (2009) mostram cultivares milho podem ser tolerantes ou sensíveis à deficiência hídrica. A tolerância diante de um ambiente com restrições hídricas é perceptível através da economia de água durante as trocas gasosas, que pode ser realizada pela redução da condutância estomática.

O comportamento fisiológico da variedade BR 106 mostrou-se tolerante à restrições moderadas de água, enquanto que, a BRS Sol da manhã foi mais sensível as variações do ambiente. O milho de caráter tolerante, sob uma deficiência hídrica moderada, sofre um decréscimo da fotossíntese devido à diminuição da condutância estomática, levando ao fechamento dos estômatos e à redução da transpiração. Este processo pode causar uma ação de inibição ou retardamento do desenvolvimento e produtividade da planta (Embrapa, 2010).

Magalhães et al. (2002) citam que restrições causadas pela baixa disponibilidade de água ou alta demanda evaporativa acionam certos mecanismos fisiológicos que permitem aos vegetais escapar ou tolerar essas limitações climáticas, modificando seu crescimento, desenvolvimento e produção final.

A variedade BR 106, devido ter um ciclo mais longo, pode ter sofrido mais influência do período seco da região nos meses de outubro e novembro, como mostram os dados meteorológicos da região (Figura 2, item 3.1), em comparação com as demais variedades.

▪ **Gás carbônico (CO₂) interno e externo à folha (Ci/Ca)**

As variedades não apresentaram diferença significativa entre si na relação entre o gás carbônico (CO₂) interno e externo à folha (Tabela 1). O tipo de manejo da capoeira não influenciou este fator, porém, foi observado um efeito de adubação na variedade BR 106 (Figura 9B). Os tratamentos sem adubação complementar (NPK) apresentaram maiores taxas de transpiração do que os tratamentos com adubação, condição que também pode estar relacionada à redução da disponibilidade hídrica na região no período da avaliação (fase do pendoamento).

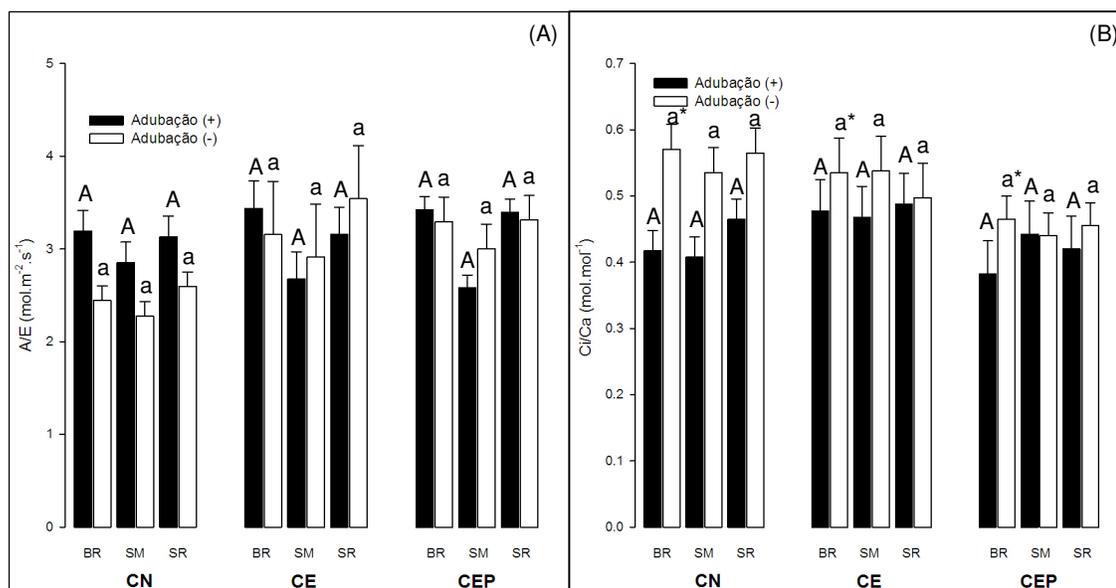


Figura 9. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na eficiência instantânea do uso da água – A/E (Figura 9A) e na relação gás carbônico interno e externo à folha – Ci/Ca (Figura 9B) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR), na fase de pendoamento, cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

Tabela 2. Dados fisiológicos das variedades: carbono atmosférico de referência – *Ca* (mol), radiação fotossinteticamente ativa – *Qleaf* ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), temperatura da folha – *Tf* ($^{\circ}\text{C}$), transpiração - *E* ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), condutância estomática – *gs* ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida - *A* ($\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), gás carbônico (CO_2) interno – *Ci* (mol), eficiência instantânea do uso da água – *A/E* ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e razão entre CO_2 interno e externo à folha – *Ci/Ca* (mol.mol^{-1}), submetidas a diferentes manejos da capoeira durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA⁽¹⁾.

Variáveis	Manejo da capoeira	BRS Sol da Manhã						BRS 4154 Saracura						BR 106						Global
		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		
<i>Ca</i> (mol)	CN	352.50	a(1)	351.50	a(1)	352.00	a	352.00	a(1)	351.50	a(1)	351.75	a	351.25	a(1)	351.00	a(1)	351.13	a	351.63
	CE	354.75	a(1)	353.00	a(1)	353.88	a	357.25	a(1)	354.50	a(1)	355.88	a	352.00	a(1)	352.75	a(1)	352.38	a	354.04
	CEP	352.25	a(1)	352.00	a(1)	352.13	a	351.75	a(1)	352.00	a(1)	351.88	a	351.25	a(1)	351.00	a(1)	351.13	a	351.71
	Total	353.17	(1)	352.17	(1)	352.67	A	353.67	(1)	352.67	(1)	353.17	A	351.50	(1)	351.58	(1)	351.54	A	352.46
<i>Qleaf</i> ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	CN	1480.00	a(1)	1299.25	a(1)	1389.63	a	1086.75	a(1)	1474.25	a(1)	1280.50	a	1322.75	a(1)	1307.50	a(1)	1315.13	a	1328.42
	CE	1337.75	a(1)	1528.50	a(1)	1433.13	a	1147.25	a(1)	1377.50	a(1)	1262.38	a	1407.00	a(1)	1449.50	a(1)	1428.25	a	1374.58
	CEP	1203.00	a(2)	1585.00	a(1)	1394.00	a	1343.50	a(1)	1336.75	a(1)	1340.13	a	1464.00	a(1)	1137.00	a(1)	1300.50	a	1344.88
	Total	1340.25	(1)	1470.92	(1)	1405.58	A	1192.50	(1)	1396.17	(1)	1294.33	A	1397.92	(1)	1298.00	(1)	1347.96	A	1349.29
<i>Tf</i> ($^{\circ}\text{C}$)	CN	42.30	a(1)	42.43	a(1)	42.36	a	39.05	a(1)	39.55	a(1)	39.30	a	40.55	a(1)	40.43	a(1)	40.49	a	40.72
	CE	40.90	a(1)	41.43	a(1)	41.16	a	38.90	a(1)	39.25	a(1)	39.08	a	39.65	a(1)	39.20	a(1)	39.43	a	39.89
	CEP	41.78	a(1)	42.48	a(1)	42.13	a	39.78	a(1)	39.65	a(1)	39.71	a	40.35	a(1)	40.15	a(1)	40.25	a	40.70
	Total	41.66	(1)	42.11	(1)	41.88	A	39.24	(1)	39.48	(1)	39.36	B	40.18	(1)	39.93	(1)	40.05	B	40.43
<i>E</i> ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	CN	8.35	a(1)	6.31	a(1)	7.33	a	6.00	a(1)	5.56	a(1)	5.78	a	6.33	a(1)	3.89	a(2)	5.11	a	6.07
	CE	7.91	a(1)	5.10	a(1)	6.50	a	5.74	a(1)	4.43	a(1)	5.09	a	6.16	a(1)	3.74	a(2)	4.95	a	5.51
	CEP	8.86	a(1)	6.59	a(1)	7.73	a	6.82	a(1)	4.52	a(1)	5.67	a	6.17	a(1)	3.29	a(2)	4.73	a	6.04
	Total	8.37	(1)	6.00	(2)	7.19	A	6.18	(1)	4.84	(1)	5.51	B	6.22	(1)	3.64	(2)	4.93	B	5.88
<i>gs</i> ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	CN	0.28	a(1)	0.21	a(1)	0.24	a	0.25	a(1)	0.21	a(1)	0.23	a	0.24	a(1)	0.13	a(2)	0.19	a	0.22
	CE	0.35	a(1)	0.17	a(2)	0.26	a	0.26	a(1)	0.16	a(1)	0.21	a	0.26	a(1)	0.15	a(2)	0.21	a	0.22
	CEP	0.33	a(1)	0.19	a(2)	0.26	a	0.29	a(1)	0.16	a(2)	0.22	a	0.23	a(1)	0.11	a(2)	0.17	a	0.22
	Total	0.32	(1)	0.19	(2)	0.25	A	0.26	(1)	0.18	(2)	0.22	AB	0.24	(1)	0.13	(2)	0.19	B	0.22
<i>A</i> ($\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	CN	18.65	a(1)	17.96	a(1)	18.31	a	15.09	a(1)	17.33	a(1)	16.21	a	15.36	a(1)	12.44	a(1)	13.90	a	16.14
	CE	20.34	a(1)	13.60	a(1)	16.97	a	19.00	a(1)	13.71	a(1)	16.35	a	18.24	a(1)	12.46	a(2)	15.35	a	16.22
	CEP	25.76	a(1)	17.13	a(2)	21.45	a	22.34	a(1)	15.53	a(1)	18.93	a	19.29	a(1)	11.23	a(2)	15.26	a	18.55
	Total	21.58	(1)	16.23	(2)	18.91	A	18.81	(1)	15.52	(1)	17.16	AB	17.63	(1)	12.04	(2)	14.83	B	16.97

Continua

Variáveis	Manejo da capoeira	BRS Sol da Manhã						BRS 4154 Saracura						BR 106						Global
		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		
<i>C_i</i> (mol)	CN	188.00	a(1)	143.25	a(1)	165.63	a	198.75	a(1)	164.25	a(1)	181.50	a	199.50	a(1)	148.50	a(2)	174.00	a	173.71
	CE	191.50	a(1)	165.50	a(1)	178.50	a	179.00	a(1)	173.75	a(1)	176.38	a	188.25	a(1)	169.50	a(1)	178.88	a	177.92
	CEP	155.25	a(1)	156.00	a(1)	155.63	a	161.25	a(1)	147.75	a(1)	154.50	a	164.00	a(1)	134.50	a(1)	149.25	a	153.13
	Total	178.25	(1)	154.92	(1)	166.58	A	179.67	(1)	161.92	(1)	170.79	A	183.92	(1)	150.83	(2)	167.38	A	168.25
<i>A/E</i> (mol.m ⁻² .s ⁻¹)	CN	2.28	a(1)	2.85	a(1)	2.56	a	2.60	b(1)	3.13	a(1)	2.86	a	2.44	a(1)	3.19	a(1)	2.82	a	2.75
	CE	2.91	a(1)	2.68	a(1)	2.79	a	3.54	a(1)	3.16	a(1)	3.35	a	3.16	a(1)	3.44	a(1)	3.30	a	3.15
	CEP	3.00	a(1)	2.58	a(1)	2.79	a	3.31	ab(1)	3.40	a(1)	3.35	a	3.29	a(1)	3.43	a(1)	3.36	a	3.17
	Total	2.73	(1)	2.70	(1)	2.72	B	3.15	(1)	3.23	(1)	3.19	A	2.96	(1)	3.35	(1)	3.16	A	3.02
<i>C_i/Ca</i> (mol.mol ⁻¹)	CN	0.54	a(1)	0.41	a(2)	0.47	a	0.57	a(1)	0.47	a(1)	0.52	a	0.57	a(1)	0.42	a(2)	0.49	a	0.49
	CE	0.54	a(1)	0.47	a(1)	0.50	a	0.50	a(1)	0.49	a(1)	0.49	a	0.54	a(1)	0.48	a(1)	0.51	a	0.50
	CEP	0.44	a(1)	0.44	a(1)	0.44	a	0.46	a(1)	0.42	a(1)	0.44	a	0.47	a(1)	0.38	a(1)	0.42	a	0.43
	Total	0.50	(1)	0.44	(1)	0.47	A	0.51	(1)	0.46	(1)	0.48	A	0.52	(1)	0.43	(2)	0.47	A	0.48

(*) Médias seguidas de letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si (efeito do manejo da capoeira), médias seguidas de números iguais entre parênteses na horizontal não diferem entre si (efeito da adubação) e médias totais seguidas de letras maiúsculas iguais na horizontal não diferem entre si (efeito da variedade de milho), pelo teste de Tukey a 5%.

4.3. Produtividade

A Tabela 3 apresenta as médias referentes às variáveis fisiológicas e o efeito das variedades no sistema de produção e, os apêndices A e B, os quadrados médios do modelo analítico adotado na análise de variância e significância do teste F.

- **Número de espigas**

As variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura foram as que produziram mais espigas por planta (1,71 e 1,38 espigas por planta respectivamente), diferindo estatisticamente da variedade BR 106 (0,95 espigas por planta), como mostra a Tabela 3.

Os manejos com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar (NPK), promoveram os maiores números de espigas por planta para as variedades BRS Sol da manhã e BR 106 (Figura 10A). Na variedade BRS 4154 não foi detectado diferença no tipo de manejo, somente efeito da adubação complementar (Tabela 3).

O manejo com capoeira enriquecida com adubação fosfatada e adubação complementar na variedade BRS Sol da manhã alcançou o maior índice médio de espigas, com 1,71 espigas por planta. O segundo melhor desempenho do milho foi no manejo com capoeira enriquecida e adubação complementar com a mesma variedade apresentando 1,63 espigas por planta e, em seguida, no manejo com capoeira enriquecida com adubação fosfatada e adubação complementar na variedade BRS 4154 Saracura com 1,38 espigas por planta (Tabela 3).

A variedade BR 106, apesar de deter caráter prolífico (número de espigas por planta superior a um), obteve um desempenho inferior na produção de espigas (Tabela 3). Fernandes et al. (2005), ao avaliar o uso de nitrogênio por cultivares de milho, observaram que, em relação a interação entre o nitrogênio nos grãos e o nitrogênio total absorvido, a variedade BRS Sol da manhã foi bem mais eficiente na translocação do nitrogênio para os grãos e enchimento da espiga, quando comparada à variedade BR 106.

Além disso, Silva et al. (2009), em estudo sobre o aproveitamento de adubações verde, nitrogenada e fosfatada pela cultura do milho, identificaram que a aplicação de fósforo no plantio aumenta a assimilação de nitrogênio proveniente de adubação, possibilitando um incremento na produção de grãos.

▪ **Tamanho da espiga**

As variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura apresentaram espigas maiores e mais compridas em comparação à variedade BR 106 (Tabela 3). Os manejos com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar, influenciaram o comprimento das espigas destas variedades (Figura 10B), sendo identificado efeito de interação manejo de capoeira e adubação para a BRS 4154 Saracura (Apêndice A). O diâmetro destas não foi influenciado pelo manejo da capoeira, porém, ocorreu efeito de adubação para esta variável (Figura 10C).

O manejo da capoeira não influenciou o comprimento e o diâmetro das espigas da BR 106, foi somente observado um efeito de adubação no diâmetro das espigas desta variedade (Tabela 3). Segundo Fernandes et al. (2005), o comprimento e diâmetro das espigas são características genéticas, influenciadas pelo ambiente na qual a planta se desenvolve, e são fatores importante de serem avaliados visando atingir padrões desejáveis de comercialização. Além da boa aparência, as espigas devem ser maiores que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro para serem consideradas comerciais e atrativas ao público consumidor (ALBUQUERQUE; VON PINHO; SILVA, 2008).

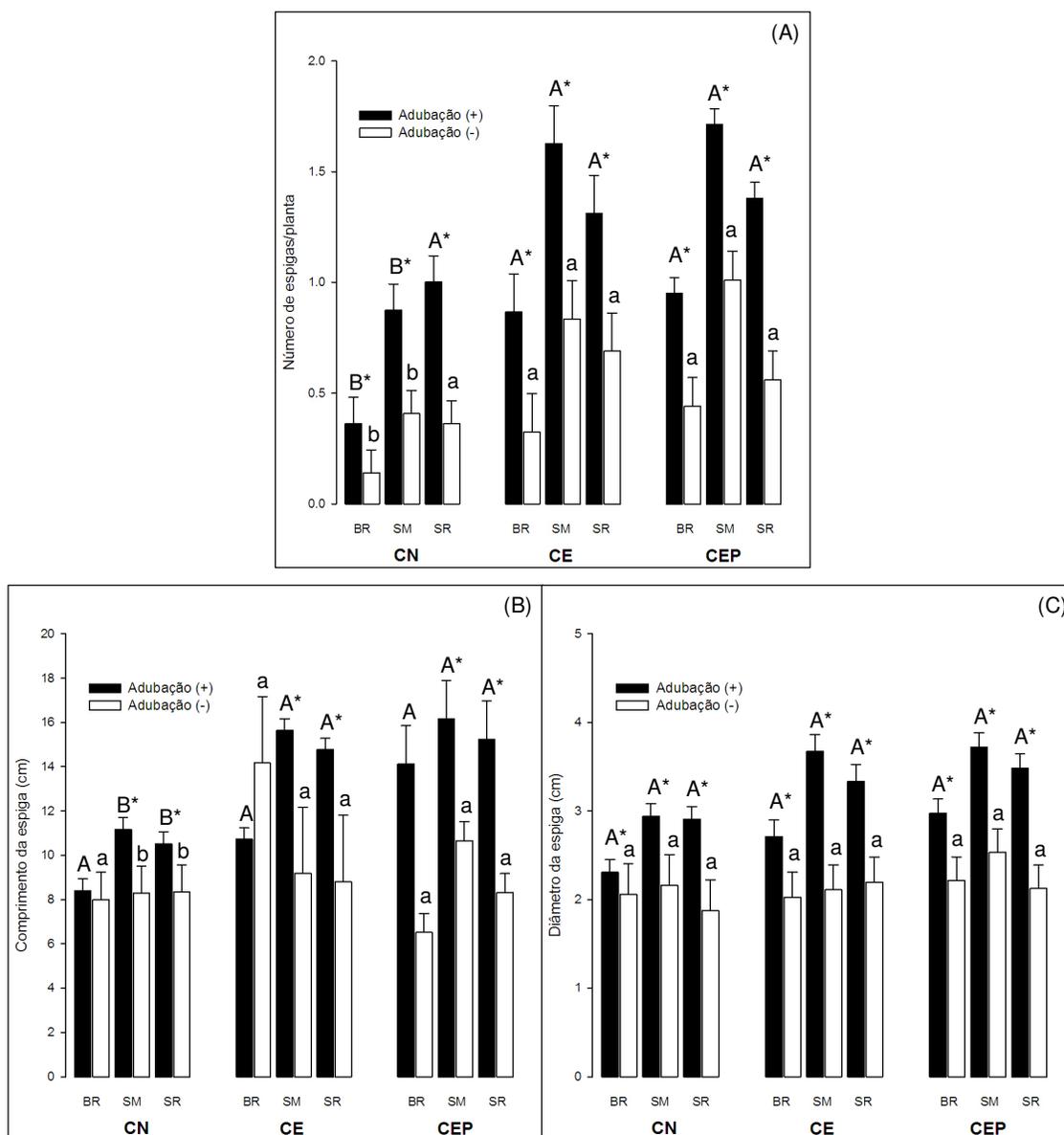


Figura 10. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) no número de espigas por plantas (Figura 10A), no comprimento (Figura 10B) e no diâmetro da espiga (Figura 10C) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR) cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

A variedade BRS Sol da manhã obteve espigas com 15,63 cm de comprimento e 3,67 cm de diâmetro (tratamento CE + NPK) e 16,16 cm de comprimento e 3,72 cm de diâmetro (tratamento CEP + NPK), a variedade BRS

4154 Saracura atingiu valores entre 14,77 cm de comprimento e 3,34 cm de diâmetro (tratamento CE + NPK) e 15,24 cm de comprimento e 3,49 cm de diâmetro (tratamento CEP + NPK) (Tabela 3). A variedade BR 106 não atingiu padrões comercializáveis de espiga com valores entre 10,72 cm de comprimento e 2,71 cm de diâmetro (tratamento CE + NPK) e 14,12 cm de comprimento e 2,97 cm de diâmetro (tratamento CEP + NPK), como mostram a Tabela 3 e a Figura 11.

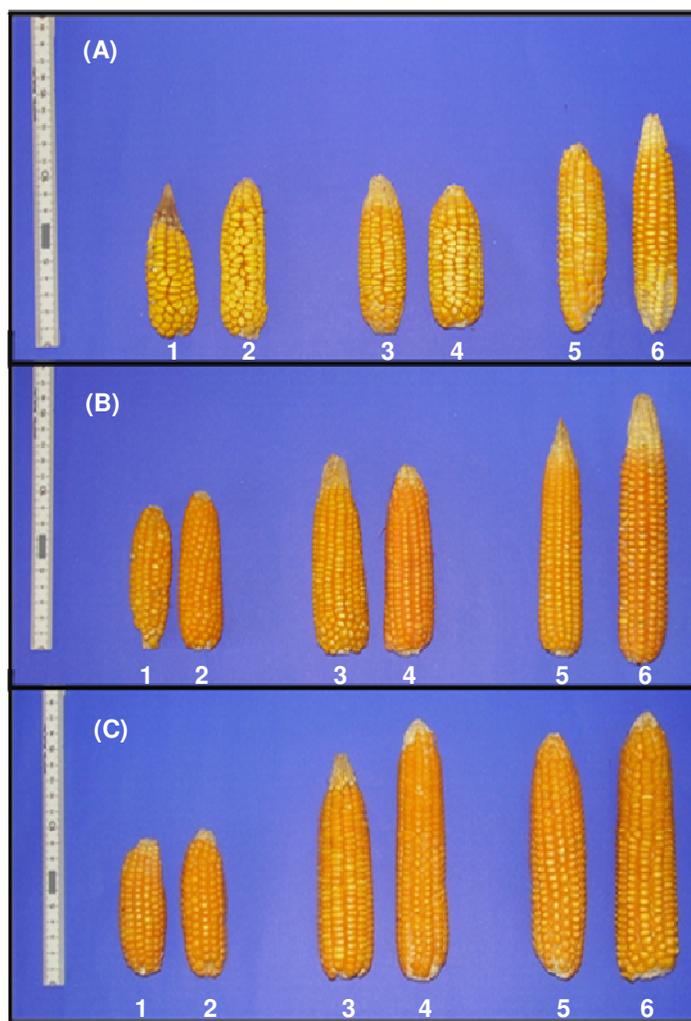


Figura 11. Espigas de milho das variedades BR 106 (Figura 11A), BRS 4154 Saracura (Figura 11B) e BRS Sol da Manhã (Figura 11C) nos tratamentos com capoeira natural (1), capoeira natural com adubação complementar de NPK (2), capoeira enriquecida (3), capoeira enriquecida com adubação complementar de NPK (4), capoeira enriquecida com adubação fosfatada (5) e enriquecida com adubação fosfatada e adubação complementar de NPK (6), cultivadas durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA..

- **Massa da espiga**

A variedade BRS Sol da manhã apresentou maiores massa total da espiga, de palhada e massa da espiga sem grãos (sabugo), em comparação com as demais variedades avaliadas (Tabela 3).

O manejo com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar, promoveram na variedade BRS Sol da manhã os maiores valores de produção de biomassa (Figuras 12A, 12B e 12C), atingindo valores de 116,51g de massa total de espiga, 38,90g de massa de palhada e 16,23g de massa de espiga sem grãos (Tabela 3). Foi observado também efeito de interação entre o manejo da capoeira e a adubação em relação à massa total da espiga e da palhada (Apêndice A).

Na variedade BRS 4154 Saracura, o manejo com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar, promoveram maior massa total da espiga, 81,37g, e de palhada, 19,22g (Tabela 3). A massa da espiga sem grãos não foi influenciada pelo tipo de manejo da capoeira, contudo, foi observado efeito da adubação complementar (NPK) em todas as variáveis de massa (Figuras 12A, 12B e 12C) e da interação manejo da capoeira e adubação para a produção de palhada (Apêndice A).

Na variedade BR 106, o manejo com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar, também promoveram maior massa total da espiga, 47,77g, e de palhada, 15,17g (Tabela 3). A massa da espiga sem grãos não foi influenciada pelo tipo de manejo da capoeira, contudo, foi observado efeito da adubação complementar (NPK) em todas as variáveis de massa (Figuras 12A, 12B e 12C).

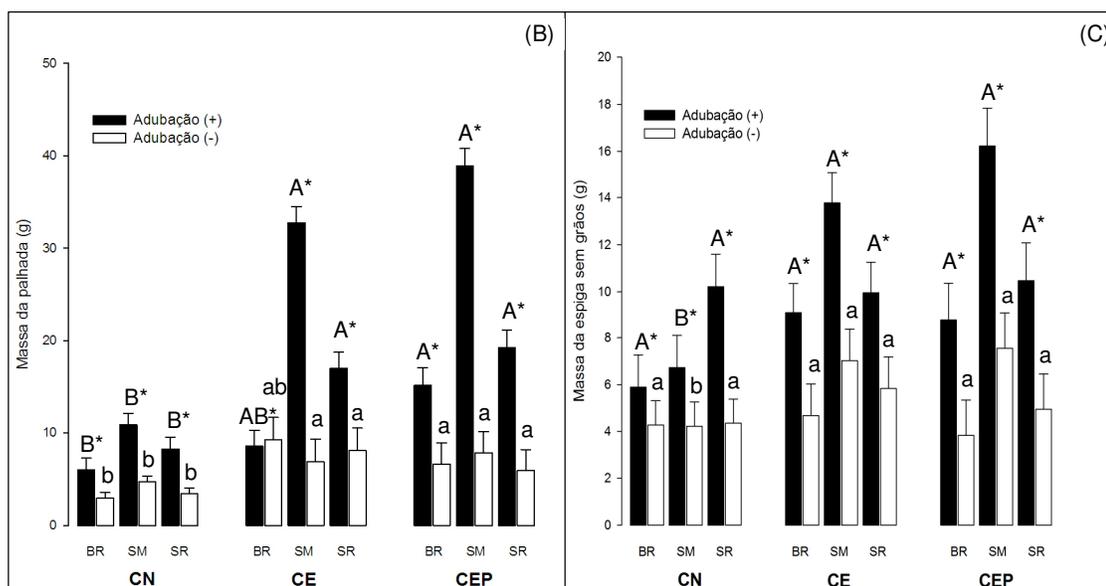
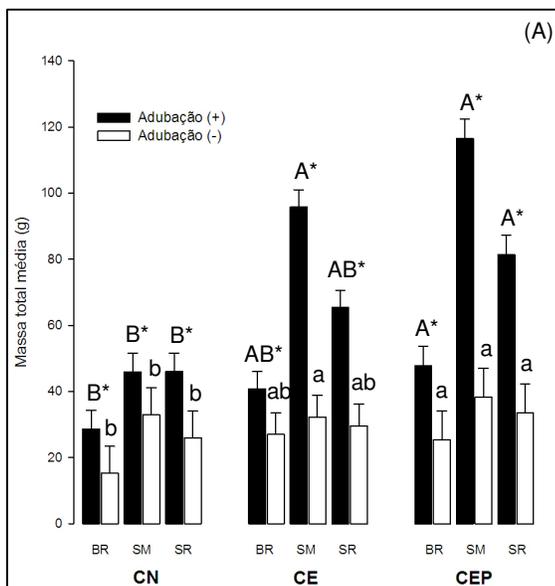


Figura 12. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) na massa total média da espiga (Figura 12A), na massa da palhada (Figura 12B) e na massa da espiga sem grãos (Figura 12C) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR) cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

Os resultados obtidos assemelham-se aos relatados por Borghi, Mello e Crusciol (2004) onde, na ausência de condições adversas, o arranjo de plantas aliados a uma boa nutrição promoveu espigas maiores e, conseqüentemente, com maior massa total (sabugo e palhada). Os autores justificam que o fornecimento de

nutrientes às plantas pode ser facilitado pelos sistemas de manejo do solo, como é o caso do preparo mínimo, e esse sistema deve favorecer ainda mais o desenvolvimento radicular, permitindo às plantas explorar um volume maior de solo e promovendo maior crescimento e desenvolvimento da espiga. Vielhauer e Sá (2000), ao avaliarem a produção de milho em sistemas de corte e trituração, observaram influência da capoeira enriquecida com ingá e tachi-branco na produção da cultura e na melhoria da qualidade do solo a longo prazo, proporcionando benefícios ao sistema de produção agrícola.

- **Produtividade de grãos**

A variedade BRS Sol da manhã apresentou maior número médio de grãos por espiga (322,40 grãos por espiga) em comparação com as demais variedades (Tabela 3). O manejo da capoeira não influenciou este fator, porém, foi observado um efeito de adubação em todas as variedades (Figura 13A).

BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura atingiram maior massa média de grãos, com valores de 61,39 e 51,68g respectivamente, diferindo estatisticamente da BR 106, com 23,85g (Tabela 3). Os manejos com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar, influenciaram a massa média de grãos (Figura 13B), observando-se o efeito da interação manejo de capoeira e adubação (Apêndice A). O tipo de manejo não influenciou a massa média de grãos da variedade BR 106, apresentando somente o efeito da adubação (Figura 13B).

A variedade BRS Sol da manhã apresentou maior massa de 100 grãos entre as variedades estudadas (Figura 13C). Apesar disso, não foram identificadas diferenças significativas entre o manejo da capoeira e a adubação (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Fernandes et al. (2005) que, ao avaliarem cultivares de milho com diferentes doses de adubação, observaram que a variedade BRS Sol da manhã atingiu maior massa de 100 grãos em comparação com a variedade BR 106.

A produtividade média da cultura do milho no Estado do Pará em sistemas convencionais está em torno de 1.400 kg ha⁻¹ (SAGRI, 2010). No sistema de corte e

trituração avaliado, as variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura apresentaram índices médios de produtividade 1.227,77 kg ha⁻¹ e 1.033, 58 kg ha⁻¹ no manejo com capoeira enriquecida com adubação fosfatada e adubação complementar, diferindo-se estatisticamente da BR 106 com 477,09 kg ha⁻¹ para o mesmo manejo (Tabela 3).

O manejo com capoeira enriquecida e enriquecida com adubação fosfatada, ambos com adubação complementar, influenciaram a produtividade obtida e apresentaram efeitos da interação manejo da capoeira e adubação. O mesmo não aconteceu com a variedade BR 106, apresentando somente efeito de adubação (Apêndice A).

No manejo com capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), foi observado resposta da cultura à adição de fosfato natural realizada durante o período de manejo da capoeira. O efeito residual do fósforo influenciou o número de grãos/espiga (Figura 13A), a massa média de grãos (Figura 13B) e a produtividade (Figura 13D) das variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura.

Vielhauer e Sá (2000) e Kato et al. (2002) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar genótipos de milho para plantio em sistema de corte e trituração, evidenciando o potencial para produzir satisfatoriamente neste sistema, inclusive com a variedade BR 106, e caracterizando-se com uma alternativa viável para o produtor rural familiar intensificar o uso da terra de forma sustentável.

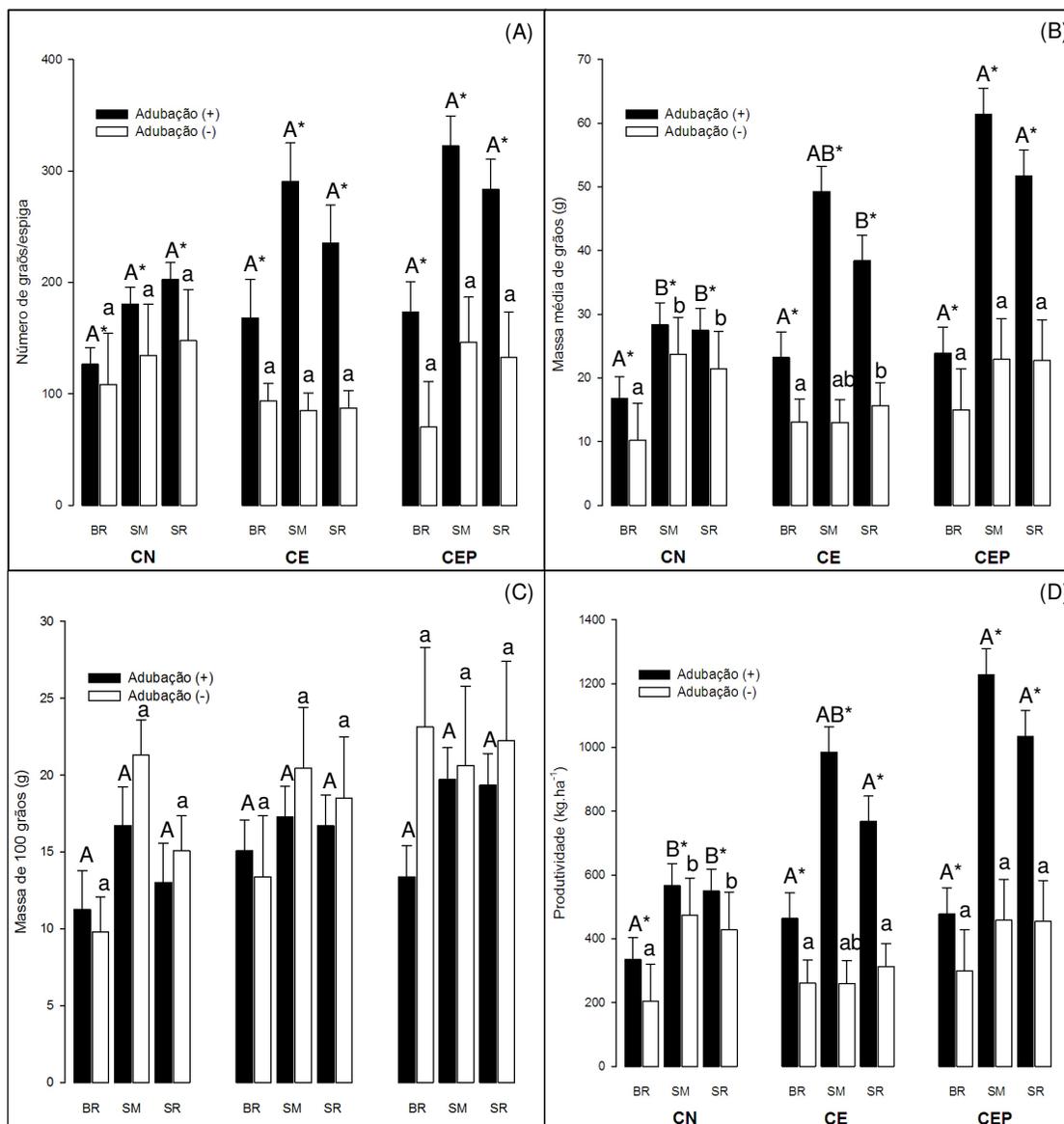


Figura 13. Efeito do manejo da capoeira e adubação complementar (NPK) no número médio de grãos por espiga (Figura 13A), na massa média de grãos (Figura 13B), na massa de 100 grãos (Figura 13C) e na produtividade (Figura 13D) em três variedades de milho (BR 106 – BR, BRS Sol da manhã – SM e BRS 4154 Saracura – SR) cultivadas em manejos com capoeira natural (CN), capoeira enriquecida (CE) e capoeira enriquecida com adubação fosfatada (CEP), durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA. Letras maiúsculas e minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre médias da mesma variedade, adubada e não adubada, em diferentes manejos da capoeira (efeito do manejo da capoeira) e (*) evidencia diferenças significativas entre médias de uma mesma variedade, dentro de um mesmo manejo da capoeira (efeito da adubação).

A Figura 14 relaciona a produtividade (massa média de grãos em kg ha^{-1}) e o número de espigas produzidas nos manejos de capoeira avaliados. A variedade BRS Sol da manhã no manejo com capoeira enriquecida com adubação fosfatada e

adubação complementar (NPK) destaca-se como o sistema mais produtivo em relação à quantidade e qualidade de espigas. Em seguida, as variedades BRS 4154 Saracura no mesmo tipo de manejo e a BRS Sol da manhã no manejo com capoeira enriquecida e adubação complementar (NPK) apresentam os segundo e terceiros melhores desempenhos, respectivamente.

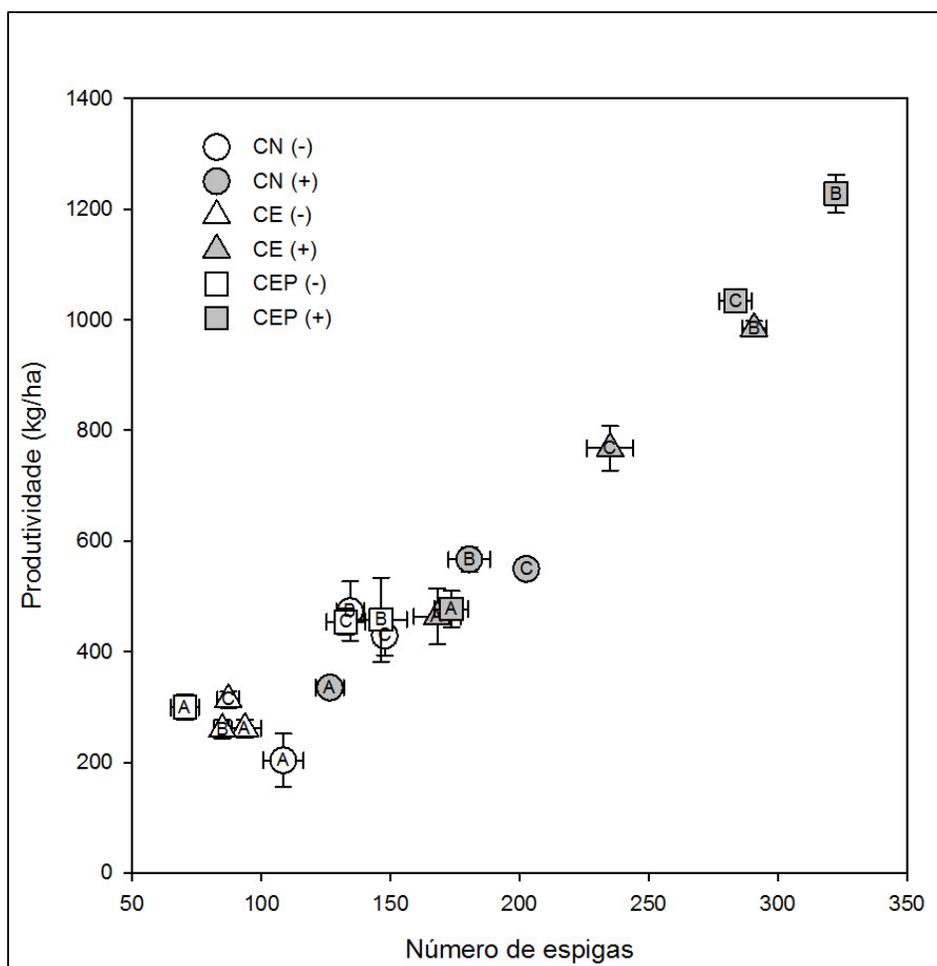


Figura 14. Produtividade e número de espigas das variedades de milho BR 106, BRS Sol da Manhã e BRS 4154 Saracura nos diferentes manejos da capoeira, durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA.

Tabela 3. Dados de produtividade das variedades: número de espigas por plantas úteis, comprimento da espiga (cm), diâmetro médio da espiga (cm), massa total da espiga (g), massa da palhada (g), massa da espiga sem grãos (g), número médio de grãos por espiga, massa média dos grãos (g), massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg.ha⁻¹), submetidas a diferentes manejos da capoeira durante o ano de 2009, na Comunidade São João, Marapanim - PA⁽⁷⁾.

Variáveis	Manejo da capoeira	BRS Sol da Manhã						BRS 4154 Saracura						BR 106						Global
		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		
N° de espigas	CN	0.41	b(2)	0.88	b(1)	0.64	b	0.36	a(2)	1.00	a(1)	0.68	a	0.14	a(1)	0.36	b(1)	0.25	b	0.53
	CE	0.84	a(2)	1.63	a(1)	1.23	a	0.69	a(2)	1.31	a(1)	1.00	a	0.33	a(2)	0.87	a(1)	0.60	a	0.94
	CEP	1.01	a(2)	1.71	a(1)	1.36	a	0.56	a(2)	1.38	a(1)	0.97	a	0.44	a(2)	0.95	a(1)	0.70	a	1.01
	Total	0.75	(2)	1.41	(1)	1.08	A	0.54	(2)	1.23	(1)	0.88	A	0.30	(2)	0.73	(1)	0.51	B	0.83
Comprimento (cm)	CN	8.28	a(1)	11.17	b(1)	9.72	b	8.34	a(1)	10.52	b(1)	9.43	b	8.00	a(1)	8.40	a(1)	8.20	a	9.11
	CE	9.18	a(2)	15.63	a(1)	12.40	a	8.80	a(2)	14.77	a(1)	11.78	a	14.16	a(1)	10.72	a(1)	12.44	a	12.21
	CEP	10.65	a(2)	16.16	a(1)	13.40	a	8.31	a(2)	15.24	a(1)	11.78	a	6.51	a(1)	14.12	a(1)	10.31	a	11.83
	Total	9.37	(2)	14.32	(1)	11.84	A	8.48	(2)	13.51	(1)	11.00	A	9.56	(1)	11.08	(1)	10.32	B	11.05
Diâmetro médio (cm)	CN	2.16	a(2)	2.94	a(1)	2.55	a	1.87	a(2)	2.91	a(1)	2.39	a	2.06	a(1)	2.31	a(1)	2.18	a	2.37
	CE	2.11	a(2)	3.67	a(1)	2.89	a	2.20	a(2)	3.34	a(1)	2.77	a	2.03	a(2)	2.71	a(1)	2.37	a	2.68
	CEP	2.53	a(2)	3.72	a(1)	3.13	a	2.13	a(2)	3.49	a(1)	2.81	a	2.22	a(2)	2.97	a(1)	2.60	a	2.84
	Total	2.27	(2)	3.44	(1)	2.85	A	2.06	(2)	3.24	(1)	2.65	A	2.10	(2)	2.66	(1)	2.38	B	2.63
Massa total espiga (g)	CN	32.93	a(1)	45.91	b(1)	39.42	b	25.94	a(2)	45.95	b(1)	35.94	b	15.20	a(1)	28.63	a(1)	21.92	b	32.43
	CE	32.19	a(2)	95.76	a(1)	63.97	a	29.57	a(2)	65.32	ab(1)	47.45	ab	26.98	a(1)	40.81	a(1)	33.89	ab	48.44
	CEP	38.31	a(2)	116.51	a(1)	77.41	a	33.55	a(2)	81.37	a(1)	57.46	a	25.42	a(2)	47.77	a(1)	36.60	a	57.16
	Total	34.47	(2)	86.06	(1)	60.27	A	29.69	(2)	64.22	(1)	46.95	AB	22.53	(2)	39.07	(1)	30.80	B	46.01
Massa da palhada (g)	CN	4.70	a(2)	10.86	b(1)	7.78	b	3.42	b(2)	8.27	b(1)	5.84	b	2.94	a(1)	6.01	b(1)	4.48	b	6.03
	CE	6.88	a(2)	32.76	a(1)	19.82	a	8.09	ab(2)	16.98	a(1)	12.54	a	9.25	a(1)	8.57	ab(1)	8.91	ab	13.75
	CEP	7.86	a(2)	38.90	a(1)	23.38	a	5.92	a(2)	19.22	a(1)	12.57	a	6.63	a(2)	15.17	a(1)	10.90	a	15.61
	Total	6.48	(2)	27.50	(1)	16.99	A	5.81	(2)	14.82	(1)	10.32	B	6.27	(2)	9.91	(1)	8.09	B	11.80
Massa espiga s/ grãos (g)	CN	4.22	a(1)	6.72	b(1)	5.47	b	4.35	a(2)	10.22	a(1)	7.28	a	4.28	a(1)	5.89	a(1)	5.08	a	5.95
	CE	7.02	a(2)	13.78	a(1)	10.40	a	5.83	a(2)	9.96	a(1)	7.90	a	4.68	a(2)	9.07	a(1)	6.87	a	8.39
	CEP	7.55	a(2)	16.23	a(1)	11.89	a	4.95	a(2)	10.47	a(1)	7.71	a	3.83	a(2)	8.76	a(1)	6.29	a	8.63
	Total	6.27	(2)	12.24	(1)	9.25	A	5.04	(2)	10.22	(1)	7.63	AB	4.26	(2)	7.91	(1)	6.08	B	7.66

Continua

Variáveis	Manejo da capoeira	BRS Sol da Manhã						BRS 4154 Saracura						BR 106						Global
		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		(-) NPK		(+) NPK		Total		
N° médio grãos/espiga	CN	134.43	a(1)	180.48	b(1)	157.46	a	147.75	a(1)	202.58	b(1)	175.17	a	108.50	a(1)	126.52	a(1)	117.51	a	150.04
	CE	84.92	a(2)	290.73	ab(1)	187.82	a	87.20	a(2)	235.01	ab(1)	161.11	a	93.67	a(1)	168.15	a(1)	130.91	a	159.94
	CEP	146.33	a(2)	322.40	a(1)	234.36	a	132.68	a(2)	283.51	a(1)	208.10	a	70.38	a(2)	173.53	a(1)	121.95	a	188.14
	Total	121.89	(2)	264.54	(1)	193.21	A	122.54	(2)	240.37	(1)	181.46	AB	90.85	(2)	156.06	(1)	123.45	B	166.04
Massa média grãos (g)	CN	23.65	a(1)	28.34	b(1)	25.99	b	21.44	a(1)	27.47	b(1)	24.45	b	10.16	a(1)	16.73	a(1)	13.45	a	21.30
	CE	12.98	a(2)	49.23	a(1)	31.10	ab	15.65	a(2)	38.38	ab(1)	27.02	b	13.06	a(1)	23.18	a(1)	18.12	a	25.41
	CEP	22.90	a(2)	61.39	a(1)	42.14	a	22.70	a(2)	51.68	a(1)	37.19	a	14.96	a(1)	23.85	a(1)	19.41	a	32.91
	Total	19.84	(2)	46.32	(1)	33.08	A	19.93	(2)	39.18	(1)	29.55	A	12.73	(2)	21.26	(1)	16.99	B	26.54
Massa de 100 grãos (g)	CN	21.32	a(1)	16.72	a(1)	19.02	a	15.07	a(1)	13.02	a(1)	14.05	a	9.80	b(1)	11.25	a(1)	10.53	a	14.53
	CE	20.44	a(1)	17.28	a(1)	18.86	a	18.52	a(1)	16.70	a(1)	17.61	a	13.39	ab(1)	15.08	a(1)	14.23	a	16.90
	CEP	20.62	a(1)	19.73	a(1)	20.17	a	22.23	a(1)	19.36	a(1)	20.79	a	23.14	a(2)	13.36	a(1)	18.25	a	19.74
	Total	20.79	(1)	17.91	(1)	19.35	A	18.60	(1)	16.36	(1)	17.48	AB	15.44	(1)	13.23	(1)	14.34	B	17.06
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	CN	473.01	a(1)	566.64	b(1)	519.83	b	428.82	a(1)	549.32	b(1)	489.07	b	203.22	a(1)	334.57	a(1)	268.89	a	425.93
	CE	259.52	a(2)	984.49	a(1)	622.01	ab	313.04	a(2)	767.60	ab(1)	540.32	a	261.07	a(1)	463.59	a(1)	362.33	a	508.22
	CEP	457.93	a(2)	1227.77	a(1)	842.85	a	453.87	a(2)	1033.58	a(1)	743.73	a	299.24	a(1)	477.09	a(1)	388.16	a	658.25
	Total	396.82	(2)	926.30	(1)	661.56	A	398.58	(2)	783.50	(1)	591.04	A	254.51	(2)	425.08	(1)	339.80	B	530.80

(*) Médias seguidas de letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si (efeito do manejo da capoeira), médias seguidas de números iguais entre parênteses na horizontal não diferem entre si (efeito da adubação) e médias totais seguidas de letras maiúsculas iguais na horizontal não diferem entre si (efeito da variedade de milho), pelo teste de Tukey a 5%.

5. CONCLUSÃO

- Os manejos com capoeira enriquecida e capoeira enriquecida com adubação fosfatada, influenciaram positivamente a altura das plantas, a produção de biomassa e as características da espiga (quantidade, peso e tamanho) e a adubação complementar (NPK) realizada durante o cultivo do milho potencializa os efeitos dos manejos em relação a estas variáveis.
- O comportamento fisiológico na fase de pendramento não foi afetado pelo tipo de manejo da capoeira, mas sofreu influência negativa do efeito da adubação complementar (NPK) devido ao moderado déficit hídrico no período da avaliação.
- A biomassa e nutrientes acumulados com o pousio enriquecido influenciaram a produtividade total das cultivares de milho;
- A adição de fosfato natural no manejo da capoeira influenciou positivamente o número de grãos/espiga, a massa média de grãos e a produtividade das variedades BRS Sol da manhã e BRS 4154 Saracura no sistema de corte e trituração;
- A variedade BRS Sol da manhã cultivada em um manejo com capoeira enriquecida, adubação fosfatada e adubação complementar (NPK) é uma alternativa viável para o produtor rural familiar intensificar de forma sustentável o uso da terra.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. S. **Recomendações técnicas em caráter de prevenção à ocorrência da podridão mole das raízes da mandioca e da macaxeira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 2p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 188).

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, RENATA. Produtividade de híbridos de milho-verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal.**, Uberlândia, v.24, n.2: p.69-76 , Apr./June. 2008.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Características agroclimáticas de Igarapé-Açú, PA e suas implicações para as culturas anuais: feijão, caupi, milho, arroz e mandioca**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 25).

BRIENZA JR, S.; COSTA SANTOS, V. O.; PANTOJA, R. F. R.; SÁ, T. D. A.; VIELHAUER, K.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. V. Enriquecimento de capoeira com árvores leguminosas contribuindo para o acúmulo de biomassa na agricultura familiar do nordeste do Pará, Brasil. In: **Seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar da Amazônia Oriental**, 2000, Belém. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69)

BORGHI, E.; MELLO, L. M. M.; CRUSCIOL, C.A.C. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.3, p.337-345, 2004.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R. **Manejo da cultura do milho**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_4ed/manejomilho.htm>. Acesso em: 11 de maio de 2010.

DAVIDSON, E. A.; SÁ, T. D de A.; CARVALHO, C. R de; FIGUEIREDO, R. O.; KATO, M. do S. A.; KATO, O. R.; ISHIDA, F. Y. An integrated greenhouse gas assessment of na alternative to slash-and-burn agriculture in eastern Amazonia. **Global Change Biology**, n.14, 998–1007, 2008.

DEMETRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O. CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, dev. 2008.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; HEDDEN-DUNKHORST, B. New technologies to replace slash-and-burn in the eastern amazon. **Zef News**, 8 feb. 2002. p.8.

DENICH, M., VIELHAUER, K., KATO, M. do S. A., BLOCK, A., KATO, O. R., SÁ, T. D. A., LÜCKE, W., VLEK., E P. L. G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v.61-62, n.1-3, p.91-106, 2004.

DENICH, M.; VLEK, P. L. G.; SÁ, T. D de A.; VIELHAUER, K.; LUCKE, W. A concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. **Agriculture, ecosystems and environment**, v.110, p. 43-58, 2005.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O. MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.933-938, jul, 2002.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: Embrapa SPI, 1993. 204p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. **A cultura do milho**. CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (ed). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517 p.

EMBRAPA. **Cultura do milho**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/index.php>>. Acesso em: 11 de maio de 2010.

FAOSTAT – Agriculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>>. Acesso em: 11 de maio de 2010.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A.C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: **Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, 45, 2000, São Carlos, SP. Resumos. São Carlos: UFSCar, 2000. p.235.

GROSS, M. R.; PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.387-393, 2006.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.1, p.39-44, jan/mar. 2007.

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. **Fertilizer use by crop**. 5 ed. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ifa/statistics.asp>>. Acesso em: 11 mar. 2010.

KATO, M. do S. A.; KATO, O. R.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: The role of fertilizers. **Field Crops Research**, 62, p.225-237, 1999.

KATO, M. S. A; KATO, O.R. Preparo de área sem queima, uma alternativa para a agricultura de derruba e queima da Amazônia Oriental: Aspectos agroecológicos. In: **Seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar da Amazônia Oriental**, 2000, Belém. Anais, Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69)

KATO, M. do S. A; KATO, O. R.; JESUS, C.C.; RENDEIRO, A. C. L. **Genótipos de milho para plantio em sistema de corte e trituração**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 3p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 65).

KATO, O. R.; KATO, M. do S. A.; VIELHAUER, K.; BLOCK, A.; JESUS, C. C. **Cultivo do milho em sistema de corte e trituração da capoeira na região nordeste do Pará – Efeito da época do preparo de área**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 18p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).

KATO, O. R.; KATO, M. do S. A, CARVALHO, C. J. R. de; FIGUEIREDO, R. de O.; CAMARÃO, A. P.; SÁ, T. D. de A; DENICH, M.; VIELHAUER, K. Uso de agroflorestas no manejo de florestas secundárias. In: **Sistemas agroflorestais - bases científicas para o desenvolvimento sustentável**, p. 119-138. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2006.

LOPES, J. P.; MACHADO, E. C.; DEUBER, R. MACHADO, R. S. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p. 839-848, 2009.

MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; VITORELLO, V. A.; RODRIGUES, J. L. M. Fotossíntese, remobilização de reservas e crescimento de grãos em dois híbridos sob deficiência hídrica na fase de enchimento de grãos. **Bragantia**, Campinas, v.51, n.12, p.151-159, 1992.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 22).

MAGALHÃES, P.C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; CANTÃO, F. R. O. **Caracterização de plantas de milho sob estresse hídrico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 6p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 116).

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. de.; SMITH, R. E. B.; REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E.; PEREIRA, M. G. Diferenças fisiológicas entre genótipos de milho doce (su-1) e milho comum durante o desenvolvimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.4, p.351-356, 2007.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Colheita, Transporte e Comercialização do Milho-Verde. In: **O cultivo do milho-verde**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília-DF, 2003. Cap. 11, p.183-194.

REIS, E. M.; FORCELINI, C. A. Controle Cultural. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. (ed). **Manual de Fitopatologia**. v1. 3ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p.710-716.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology / Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report, 48).

SÁ, T. D. de A.; KATO, O. R.; CARVALHO, C. J. R. de; FIGUEIREDO, R. de O. Queimar ou não queimar? De como produzir na Amazônia sem queimar. **Revista USP**, São Paulo, n.72, p.90-97, dezembro/fevereiro. 2006-2007.

SAGRI. **Pará pleita adesão ao Prêmio de Escoamento de Produção (Pep)**. Disponível em: < <http://www.sagri.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

SILVA, A. R. B da.; BENEZ, S.H. Cultivares de milho: produtividade em diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos. **Energia na agricultura**, Botucatu, v.20, n.1, 2005, p.77-90.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A.; ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.118-127, fev, 2009.

SOUZA, F. R. S de; RIBEIRO, P. H. E.; VELOSO, C. A. C.; CORRÊA, L. A. Produtividade e estabilidade fenotípica de cultivares de milho em três municípios do Estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1269-1274, set. 2002a.

SOUZA, F. R. S. de; VELOSO, C. A. C.; CORRÊA, J. R. V.; CARVALHO, E. J. M. **O cultivo de milho no Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002b. 2p. (Embrapa Amazônia Oriental. Recomendações Técnicas).

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo: nutriente essencial para a vida. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.102, p.1-2, 2003.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) influenciada pelo preparo do solo e por plantas de cobertura em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.1, p.61-65, 2004.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.3, p.421-428, 2008.

VIELHAUER, K.; SÁ, T. D. A. Efeito do enriquecimento de capoeiras com árvores leguminosas de rápido crescimento para a produção agrícola no nordeste paraense. In: **Seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar da Amazônia Oriental**, 2000, Belém. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69)

WATRIN, O. dos S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v.34, n.3, p.455-472, set./dez.2009.

WILKE, M. **Projeto roça sem queimar: uma nova visão de manejo agroflorestal**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 63p.

7. APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância: efeito do manejo da capoeira e adubação

Tabela 4. Valores de quadrados médios do modelo analítico adotado na análise de variância e significância do teste F, para as variáveis de crescimento e desenvolvimento, fisiologia e produtividade.

Variáveis	BRS Sol da Manhã				BRS 4154 Saracura				BR 106				
	M	A	(M*A)	ε	M	A	(M*A)	ε	M	A	(M*A)	ε	
Crescimento e desenvolvimento	Altura 1 (V ₁₀)	0.172 (n.s.)	0.98 (**)	0.008 (n.s.)	0.08	0.295 (**)	1.576 (**)	0.098 (n.s.)	0.03	0.711 (**)	0.833 (**)	0.146 (**)	0.01
	Altura 2 (R ₁)	0.249 (*)	1.067 (**)	0.001 (n.s.)	0.06	0.311 (**)	1.279 (**)	0.037 (n.s.)	0.02	0.261 (**)	1.101 (**)	0.139 (**)	0.02
	Altura diferencial (2 - 1)	0.002 (n.s.)	0.011 (n.s.)	0.014 (n.s.)	0.01	0.018 (n.s.)	0.255 (**)	0.076 (n.s.)	0.03	0.761 (**)	0.004 (n.s.)	0.004 (n.s.)	0.01
	Altura 1 ^a . espiga	0.114 (n.s.)	0.308 (**)	0.009 (n.s.)	0.03	0.095 (**)	0.4 (**)	0.155 (**)	0.02	0.159 (**)	0.277 (**)	0.023 (n.s.)	0.03
	Diâmetro 1 (V ₁₀)	15.56 (n.s.)	86.64 (**)	1.74 (n.s.)	5.33	38.22 (**)	108.16 (**)	7.67 (**)	1.25	4.548 (n.s.)	98.58 (**)	0.01 (n.s.)	4.74
	Diâmetro 2 (R ₁)	20.97 (n.s.)	106.77 (**)	1.94 (n.s.)	6.75	53.49 (**)	109.4 (**)	12.59 (*)	3.08	6.465 (n.s.)	116.95 (**)	0.85 (n.s.)	4.92
	Diâmetro diferencial (2-1)	0.0001 (n.s.)	0.0001 (n.s.)	0.002 (n.s.)	0.01	0.001 (n.s.)	0.016 (n.s.)	0.003 (n.s.)	0.01	0	0.006 (n.s.)	0.005 (n.s.)	0.01
	N° de folhas	1.625 (n.s.)	8.167 (**)	0.542 (n.s.)	2.08	4.625 (n.s.)	6 (n.s.)	1.125 (n.s.)	2.14	0.375 (n.s.)	7.042 (n.s.)	0.292 (n.s.)	1.74
	Massa total (úmida)	2300 (*)	9600 (**)	231 (n.s.)	495.00	3210 (*)	4880 (*)	796 (n.s.)	627.00	6280 (**)	16500 (**)	856 (n.s.)	526.00
	Subamostra (úmida)	5020 (**)	10300 (**)	236 (n.s.)	599.00	2450 (**)	3500 (**)	429 (n.s.)	403.00	3840 (**)	7290 (**)	1290 (n.s.)	495.00
	Subamostra (seca)	2230 (**)	8420 (**)	260 (n.s.)	309.00	1330 (**)	5170 (**)	372 (n.s.)	210.00	1770 (*)	5540 (**)	743 (n.s.)	311.00
	Estande final	60.22 (n.s.)	104.17 (n.s.)	21.16 (n.s.)	123.70	26.04 (n.s.)	79.75 (n.s.)	84.64 (n.s.)	106.88	50.46 (n.s.)	26.04 (n.s.)	21.16 (n.s.)	141.06
Fisiologia	Ca	8.79 (n.s.)	6 (n.s.)	1.12 (n.s.)	18.08	44.04 (n.s.)	6 (n.s.)	4.87 (n.s.)	37.64	4.17 (n.s.)	0 (n.s.)	0.67 (n.s.)	20.46
	Qleaf	4590 (n.s.)	102000 (n.s.)	164000 (n.s.)	66100.00	13200 (n.s.)	249000 (n.s.)	78800 (n.s.)	130000.00	39100 (n.s.)	59900 (n.s.)	79000 (n.s.)	52200.00
	Tf	3.23 (n.s.)	1.21 (n.s.)	0.17 (n.s.)	6.23	0.84 (n.s.)	0.35 (n.s.)	0.21 (n.s.)	2.88	2.49 (n.s.)	0.4 (n.s.)	0.06 (n.s.)	4.64
	E	3.108 (n.s.)	33.725 (*)	0.312 (n.s.)	5.31	1.094 (n.s.)	10.908 (n.s.)	1.723 (n.s.)	3.18	0.286 (n.s.)	40.042 (**)	0.132 (n.s.)	2.28
	gs	0.001 (n.s.)	0.104 (**)	0.006 (n.s.)	0.01	0.001 (n.s.)	0.045 (*)	0.004 (n.s.)	0.01	0.002 (n.s.)	0.079 (**)	0 (n.s.)	0.00
	A	42.18 (n.s.)	171.95 (*)	34.49 (n.s.)	24.97	18.83 (n.s.)	64.85 (n.s.)	47 (n.s.)	21.63	5.29 (n.s.)	187.21 (**)	13.25 (n.s.)	9.84
	Ci	1050 (n.s.)	3270 (n.s.)	1050 (n.s.)	920.00	1650 (n.s.)	1890 (n.s.)	455 (n.s.)	947.00	2020 (n.s.)	6570 (*)	539 (n.s.)	796.00
	A/E	0.14 (n.s.)	0.004 (n.s.)	0.557 (n.s.)	0.36	0.635 (n.s.)	0.038 (n.s.)	0.423 (n.s.)	0.23	0.701 (n.s.)	0.905 (n.s.)	0.207 (n.s.)	0.36
	Ci/Ca	0.008 (n.s.)	0.025 (n.s.)	0.008 (n.s.)	0.01	0.013 (n.s.)	0.014 (n.s.)	0.004 (n.s.)	0.01	0.016 (n.s.)	0.057 (**)	0.005 (n.s.)	0.01
Produtividade	N° de espigas	1.178 (**)	2.568 (**)	0.056 (n.s.)	0.05	0.247 (n.s.)	2.891 (**)	0.024 (n.s.)	0.10	0.434 (**)	1.084 (**)	0.062 (n.s.)	0.04
	Comprimento	29.03 (**)	147.11 (**)	6.83 (n.s.)	4.18	14.75 (*)	151.5 (**)	12.59 (*)	3.26	36.06 (n.s.)	13.86 (n.s.)	62.88 (n.s.)	32.04
	Diâmetro médio	0.675 (n.s.)	8.296 (**)	0.306 (n.s.)	0.21	0.419 (n.s.)	8.331 (**)	0.055 (n.s.)	0.22	0.341 (n.s.)	1.898 (**)	0.149 (n.s.)	0.15
	Massa total espiga	2970 (**)	16000 (**)	2340 (**)	199.00	928 (**)	7150 (**)	389 (n.s.)	136.00	488 (*)	1640 (**)	50.8 (n.s.)	131.00
	Massa da palhada	534.57 (**)	2652.51 (**)	344.91 (**)	12.76	120 (**)	487.8 (**)	35.81 (**)	5.61	86.51 (*)	79.5 (*)	42.95 (n.s.)	14.44
	Massa espiga s/ grãos	90.18 (**)	214.26 (**)	19.97 (n.s.)	7.63	0.79 (n.s.)	160.68 (**)	1.7 (n.s.)	5.48	6.66 (n.s.)	79.68 (**)	6.3 (n.s.)	6.21
	N° médio grãos/espiga	12000 (n.s.)	122000 (**)	14400 (n.s.)	5390.00	4650 (n.s.)	83300 (**)	5960 (n.s.)	1950.00	373 (n.s.)	25500 (*)	3750 (n.s.)	3430.00
	Massa média grãos	545.13 (*)	4205.55 (**)	714.71 (**)	92.16	362.89 (*)	2222.61 (**)	281.7 (*)	61.77	78.68 (n.s.)	436.48 (*)	6.53 (n.s.)	81.36
	Massa de 100 grãos	4.12 (n.s.)	49.97 (n.s.)	7 (n.s.)	41.18	91.12 (n.s.)	30.24 (n.s.)	0.62 (n.s.)	29.09	119.34 (n.s.)	29.37 (n.s.)	85.87 (n.s.)	37.79
	Produtividade	218000 (*)	1680000 (**)	286000 (**)	36900.00	145000 (*)	889000 (**)	113000 (*)	24700.00	31500 (n.s.)	175000 (*)	2610 (n.s.)	32500.00

*M – efeito do manejo da capoeira; A – efeito da adubação; (M*A) – efeito da interação manejo e adubação; ε – erro; (n.s.) – não significativo (p≥0.05); (*) – significativo (p<0.05); (**) – altamente significativo (p<0.01).

APÊNDICE B – Análise de variância: efeito da variedade de milho

Tabela 5. Valores de quadrados médios do modelo analítico adotado na análise de variância e significância do teste F, para as variáveis de milho BRS Sol da Manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106.

	Variáveis	g.l.	Variedade	ε
Crescimento e desenvolvimento	Altura 1 (V ₁₀)	(2;69)	0.37 ^(n.s.)	0.12
	Altura 2 (R ₁)	(2;69)	0.14 ^(n.s.)	0.11
	Altura diferencial (2 - 1)	(2;69)	0.32 ^(**)	0.04
	Altura 1 ^a . espiga	(2;69)	0.03 ^(n.s.)	0.05
	Diâmetro 1 (V ₁₀)	(2;69)	4.48 ^(n.s.)	9.17
	Diâmetro 2 (R ₁)	(2;69)	12.53 ^(n.s.)	11.47
	Diâmetro diferencial (2-1)	(2;69)	0.02 ^(n.s.)	0.01
	N° de folhas	(2;69)	27.13 ^(**)	2.11
	Massa total (úmida)	(2;69)	5464.93 ^(*)	1274.79
	Subamostra (úmida)	(2;69)	5191.51 ^(*)	1081.33
	Subamostra (seca)	(2;69)	1476.17 ^(n.s.)	688.16
	Estande final	(2;69)	505.1 ^(*)	107.63
Fisiologia	Ca	(2;69)	16.62 ^(n.s.)	21.89
	Qleaf	(2;69)	74291.38 ^(n.s.)	81833.13
	Tf	(2;69)	40.72 ^(**)	3.82
	E	(2;69)	32.9 ^(**)	4.23
	gs	(2;69)	0.03 ^(*)	0.01
	A	(2;69)	100.3 ^(*)	25.54
	Ci	(2;69)	120.04 ^(n.s.)	1060.63
	A/E	(2;69)	1.68 ^(**)	0.34
	Ci/Ca	(2;69)	0.001 ^(n.s.)	0.01
Produtividade	N° de espigas	(2;69)	1.97 ^(**)	0.2
	Comprimento	(2;69)	14.02 ^(n.s.)	19.53
	Diâmetro médio	(2;69)	1.35 ^(n.s.)	0.48
	Massa total espiga	(2;69)	5224.88 ^(**)	688.01
	Massa da palhada	(2;69)	514.38 ^(**)	88.99
	Massa espiga s/ grãos	(2;69)	60.31 ^(*)	15.27
	N° médio grãos/espiga	(2;69)	33475.21 ^(*)	7348.87
	Massa média grãos	(2;69)	1716.23 ^(**)	218.54
	Massa de 100 grãos	(2;69)	154.11 ^(*)	38.71
	Produtividade	(2;69)	686520.86 ^(**)	87415.94

g.l – grau de liberdade; ε – erro; (n.s.) – não significativo (p≥0.05); () – significativo (p<0.05); (**) – altamente significativo (p<0.01).