



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – POSAGRO

ANNA BÁRBARA DE SOUZA CRUZ

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA  
EM FEIJÃO-CAUPI NA SAVANA DE RORAIMA**

Boa Vista – Roraima, 2015

ANNA BÁRBARA DE SOUZA CRUZ

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA  
EM FEIJÃO-CAUPI NA SAVANA DE RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, como pré-requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Professor: Dr. José de Anchieta Alves de Albuquerque

Boa Vista – Roraima, 2015

ANNA BÁRBARA DE SOUZA CRUZ

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA  
EM FEIJÃO-CAUPI NA SAVANA DE RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, como pré-requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

---

Prof. Dr. José de Anchieta Alves de Albuquerque  
Orientador / Curso de Agronomia – UFRR

---

Dr. Roberto Dantas de Medeiros  
EMBRAPA Roraima

---

Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves  
Curso de Agronomia – UFRR

---

Prof. Dr. Leandro Torres de Souza  
Curso de Agronomia – UFRR

*À minha mãe, Josina Santos Chaves,  
por todo incentivo desde os tempos de  
criança, agradeço pelo primeiro  
caderno e primeiro lápis, por abrir a  
biblioteca todos os dias e me deixar  
viajar pelos livros.  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela criação e aos bons espíritos pela inspiração.

À minha família, que sempre me ensinou a lutar pelos meus ideais, mesmo que eles parecessem distantes. Agradeço à minha avó Maria Odaci Santos Chaves, ao meu avó Ismael Santos Chaves e à minha mãe Josina Santos Chaves, por todo o apoio desde os meus primeiros passos e por serem minha inspiração, meu incentivo e minha força, em todos os momentos, sempre.

Ao meu irmão Jhone Santos Chaves e às minhas irmãs Tayná Chaves Cruz e Ana Julia Chaves Cruz, pelo aprendizado no lar e pela amizade.

Ao meu amigo e esposo Diego Lima de Souza Cruz, por estar presente em todos os momentos, desde a iniciação científica até aqui, obrigada pela paciência e por me desafiar sempre.

Ao meu querido amigo e orientador de graduação Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior, por todas as lições e conselhos e ensinamentos em sala de aula.

Aos meus amigos queridos Gerson da Gonzaga, Williams, Thatiele, Tafs, Ariane, e todos aqueles que mesmo de longe sempre me deram apoio.

Ao meu querido orientador e amigo Prof. Dr. José de Anchieta Alves de Albuquerque por toda paciência e pela orientação neste trabalho.

Ao querido Coorientador Prof. Dr. Paulo Roberto Ribeiro Rocha pela ajuda imprescindível na realização deste trabalho.

Ao querido Prof. Dr. José Maria Alves pela ajuda em muitos momentos na condução do experimento de campo, pelas dúvidas respondidas, pelo apoio e pela participação na banca.

Ao querido Prof. Dr. Leandro Torres por aceitar participar da banca e pelas colaborações para a melhoria deste trabalho.

Aos funcionários da coordenação do Programa de Pós-graduação em Agronomia Elene e Ismael, pelo apoio sempre.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima pela formação e à CAPES pela bolsa concedida.

Obrigada!

“A mente que se abre a uma nova  
ideia jamais voltará ao seu  
tamanho original”.

Albert Einstein

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	10
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
3.1 PLANTAS DANINHAS: CONCEITOS GERAIS .....	11
3.2 INTERFERÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS .....	12
3.3 MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS .....	13
3.4 CONTROLE QUÍMICO: Uso de herbicidas no controle de plantas daninhas .....	15
3.5 EFEITO DE HERBICIDAS NODULAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI .....	18
<b>4 ARTIGO A - SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA EM FEIJÃO-CAUPI NA SAVANA DE RORAIMA</b> .....	20
4.1 RESUMO .....	20
4.2 ABSTRACT .....	21
4.3 INTRODUÇÃO.....	22
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.6 CONCLUSÕES .....	30
<b>5 ARTIGO B - EFEITO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES SOBRE A NODULAÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI EM RORAIMA</b> .....	31
5.1 RESUMO .....	31
5.2 ABSTRACT .....	32
5.3 INTRODUÇÃO.....	33
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
5.6 CONCLUSÕES .....	40
<b>6 ARTIGO C - EFEITO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES SOBRE A NODULAÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI EM RORAIMA</b> .....	41
6.1 RESUMO .....	41
6.2 ABSTRACT .....	42
6.3 INTRODUÇÃO.....	43
6.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
6.6 CONCLUSÕES .....	50
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	51
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) pertence à família botânica da Fabaceae, sendo bastante cultivada no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, e atualmente tem expandido para a região centro-oeste. O sistema de cultivo na região Norte emprega baixo aporte tecnológico, com colheita manual, consórcio com outras culturas, uso de sementes de má qualidade e falta de controle de pragas e plantas daninhas, fatores que contribuem para a baixa produtividade da cultura (FILGUEIRAS et al., 2009).

Em Roraima, é produzido principalmente por pequenos produtores para agricultura de subsistência, existindo poucos produtores que utilizam tecnologia para produção do feijão-caupi (ALVES et al., 2009; VIEIRA, 2011). O feijão-caupi possui alta qualidade nutricional, sendo uma das principais fontes de proteína vegetal para as regiões tropicais e subtropicais (IQBAL et al., 2006; KABA et al., 2007; FROTA et al., 2008; SPRENT et al., 2010).

As plantas daninhas constituem um dos fatores que mais influenciam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do feijão-caupi (OLIVEIRA et al., 2010), pois competem por fatores essenciais, dificultam também a operação de colheita e depreciam a qualidade do produto, servindo, ainda, como hospedeiras intermediárias (COBUCCI et al., 1996).

Quando não controladas, as plantas daninhas reduzem o estande, o número de vagens por planta, o peso de mil grãos e o rendimento de grãos do feijão-caupi diminuindo a produtividade (FREITAS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

Não existem herbicidas registrados para o feijão-caupi junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o que impede recomendações de controle químico de plantas daninhas com a aplicação desses produtos (FONTES et al., 2010). Embora haja tal impedimento, o uso de herbicidas como um dos componentes de programas de manejo integrado de plantas daninhas deve ser considerado uma opção promissora, pois melhora a eficácia de controle com redução de custos de produção (MACHADO et al., 2006).

Como vantagem, o controle químico com o uso de herbicidas apresenta: menor dependência de mão de obra; eficiência mesmo em épocas chuvosas; eficiência no controle de plantas daninhas na linha de plantio e não afeta o sistema radicular das culturas e eficiência no controle de plantas daninhas de propagação vegetativa (SILVA et al., 2014).

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, sendo considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Uma vez que a base da



seletividade aos herbicidas é o nível diferencial de tolerância das culturas e das plantas daninhas a um tratamento específico, a seletividade trata-se, portanto, de um fator relativo, e não absoluto. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação. Dessa maneira o conhecimento sobre a tolerância das variedades de feijão-caupi aos herbicidas deve ser estudado, pois a partir destes conhecimentos, pode-se empregar técnicas eficientes no controle das plantas daninhas nesta cultura. (HARRISON JUNIOR; FERY 1993; FONTES et al., 2010).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultivar cv. BRS Aracê de feijão-caupi.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar o efeito dos herbicidas aplicados em pré-emergência sobre a nodulação do feijão-caupi;
- Avaliar o efeito dos herbicidas aplicados em pós-emergência sobre a nodulação do feijão-caupi;
- Avaliar o efeito dos herbicidas sobre os componentes de produção do feijão-caupi.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PLANTAS DANINHAS: CONCEITOS GERAIS

Uma planta pode ser daninha em determinado momento se estiver interferindo negativamente nos objetivos do homem, porém esta mesma planta pode ser útil em outra situação (SILVA, 2006). Plantas cultivadas também podem ser daninhas caso venham ocorrer numa área de outra cultura, como a presença do milho em cultura da soja e da aveia em cultura do trigo. Na literatura há vários os conceitos de planta daninha: Fischer (1973) afirma que planta daninha é qualquer planta que ocorre onde não é desejada.

Para Cruz (1979) é uma planta sem valor econômico ou que compete, com o homem, pelo solo. Fischer (1973) apresenta duas definições: “plantas cujas vantagens ainda não foram descobertas” e “plantas que interferem com os objetivos do homem em determinada situação”. Na verdade, num conceito mais amplo, uma planta só deve ser considerada daninha se estiver direta ou indiretamente prejudicando uma determinada atividade humana, como, por exemplos, plantas interferindo no desenvolvimento de culturas comerciais. Numa cultura, por exemplo, qualquer planta estranha que vier a afetar a produtividade e, ou, a qualidade do produto produzido ou interferir negativamente no processo da colheita é considerada daninha (SILVA, 2006).

As plantas daninhas possuem características especiais que permitem fixá-las como infestantes ou daninhas, como: não são melhoradas geneticamente, crescem em condições adversas, são rústicas quanto ao ataque de pragas e doenças, possuem habilidade de produzir grande número de sementes por planta, geralmente com facilidade para disseminação pelo vento e água, apresentam dormência e germinação desuniformes, que são atributos que facilitam a perpetuação da espécie, pois, se todas as sementes germinassem de uma só vez, seria fácil erradicar uma espécie daninha. Muitas espécies de plantas daninhas são, ainda, capazes de se multiplicar por diversas maneiras (sementes, rizomas, bulbos, tubérculos, folhas, raízes) (SILVA, 2006).

### 3.2 INTERFERÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

A interferência das plantas daninhas sobre culturas agrícolas constitui o conjunto de ações sofridas pela população da planta cultivada como consequência da presença de plantas daninhas no ambiente comum. A interferência pode ser direta, envolvendo a competição pelos recursos do meio, a alelopatia e o parasitismo; ou indireta envolvendo prejuízos à colheita e tratos culturais ou atuando como hospedeiras intermediárias de pragas, doenças e nematóides (PITELLI, 1985).

Pitelli e Durigan (1984) propuseram uma terminologia-padrão para denominar os diferentes períodos de interferência, sendo o período anterior à interferência (PAI), o período crítico de prevenção a interferência (PCPI) e o período total de prevenção de interferência (PTPI). Quando PAI é menor que o PTPI encontra-se o período crítico de prevenção a interferência (PCPI). O PCPI é, por definição, o período do ciclo durante o qual a convivência da cultura com as plantas daninhas resultam em prejuízo na produtividade da espécie de interesse econômico, corresponde aos limites máximos entre os dois períodos (PAI e PTPI). O PAI é o período em que, a partir da emergência ou semeadura da cultura, esta pode conviver com a comunidade infestante antes que sua produtividade ou outras características sejam afetadas negativamente. O PTPI é o período, a partir da emergência ou semeadura da cultura, em que esta deve ser mantida livre da presença da comunidade infestante para que sua produtividade não seja afetada negativamente.

Os estudos sobre a interferência das plantas daninhas em culturas agrícola visam, entre outros objetivos, determinar os períodos críticos de interação entre cultura e comunidade infestante (SILVA et al., 2009).

O conhecimento dos períodos que são críticos para aplicação de medidas de controle, em parte, reflete a adequação das condições de implantação e condução da cultura e o uso de técnicas eficientes para o controle das plantas daninhas (BARROSO et al., 2012).

Em trabalhos realizados por Freitas et al. (2009) mostraram que o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) na cultura do feijão-caupi foi de 11 a 35 dias após a emergência. A interferência das plantas daninhas reduziu o estande final, o número de vagens por planta e o rendimento de grãos do feijão-caupi em até 90%.

O grau de interferência na associação planta daninha-cultura depende de fatores ligados à comunidade infestante (composição florística, densidade e frequência), à cultura (espécie, cultivar, espaçamento e densidade de semeadura), ao ambiente (clima, solo e manejo) e ao período de convivência planta daninha-cultura (época e duração) (OLIVEIRA et

al., 2010). Entre os vários fatores que alteram o balanço de interferência entre a cultura e a comunidade de plantas daninhas, destaca-se o período em que as plantas daninhas e as espécies cultivadas estão disputando os recursos de crescimento disponíveis no ambiente comum.

Trabalhos realizados por Oliveira et al. (2010) concluíram que a convivência das plantas daninhas com os cultivares de feijão-caupi a partir dos respectivos períodos anteriores à interferência promoveu redução no estande final, no número de vagens por planta e no peso de mil grãos, resultando numa baixa produtividade. O período anterior à interferência foi de 0 a 5 dias após a semeadura para o cv. BR IPEAN V69; para os cultivares BR8 Caldeirão e EV x 91-2E-2, ele foi de 6 e 7 DAS, respectivamente. Portanto, o controle das plantas daninhas deve ser realizado no final desse período, quando se inicia o período crítico de prevenção à interferência dessas plantas (PCPI), para a cultura expressar o seu potencial produtivo.

Já Salgado et al. (2007) verificaram redução de 67% na produtividade de grãos e PAI de 17 DAE, da cultivar de feijão ‘Carioca’ quando presente a comunidade infestante durante todo o ciclo no espaçamento de 0,45 cm. Dados que também foram confirmados e trabalhos realizados por Scholten et al. (2011) ao determinar o período de convivência anterior à interferência das plantas daninhas (PAI) na cultura do feijoeiro em diferentes espaçamentos e densidades de plantas.

### **3.3 MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS**

As etapas de controle utilizadas como manejo de plantas daninhas são: erradicação ou supressão, prevenção e controle propriamente dito (CONSTANTIN et al., 2009). As medidas de erradicação visam a eliminação de determinadas plantas na área, sendo destruídas suas sementes ou qualquer outra forma de propagação. Nesta categoria o controle utilizado engloba produtos químicos que promovam a desinfecção do solo (BARARPOUR; OLIVER, 1998).

As medidas de prevenção incluem o uso de sementes certificadas que sigam a legislação vigente, a limpeza de equipamentos de preparo do solo e colhedoras; utilização de mudas livres de plantas daninhas; cuidados com adubos orgânicos; cuidados com canais de irrigação e outras áreas próximas à propriedade que possam estar contaminadas por algum tipo de planta daninha; utilização de sistema adequado de manejo do solo na entressafra, como rotação de culturas (BEZERRA et al., 2008; CONSTANTIN et al., 2009).

Se as medidas preventivas não forem suficientes e as daninhas conseguirem disseminar-se, os focos iniciais de novas plantas daninhas também devem ser isolados, evitando o seu alastramento (CORREIA e DURIGAN, 2004).

Dentre os diferentes sistemas de controle adotados, a utilização de herbicidas destaca-se, em razão da sua maior eficiência e facilidade, porém o seu sucesso depende de uma série de princípios técnicos (GOMES e CHRISTOFFOLETI, 2008).

A identificação das espécies daninhas a serem controladas é fundamental, visto que a escolha do ingrediente ativo do produto a ser utilizado dependerá do tipo de planta daninha existente no local, além da cultura plantada (SILVA et al., 2009).

O progresso dos estudos fitossociológicos vem acontecendo de forma lenta e não sincronizada nos diferentes grupos de pesquisa do país, principalmente na região Norte. No estado de Roraima, estes estudos são recentes, com poucos trabalhos publicados sobre o levantamento de plantas daninhas em áreas cultivadas (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Os levantamentos fitossociológicos em áreas de cultivo promovem o conhecimento sobre as populações de plantas daninhas, como também o conhecimento das características morfológicas, tais como: método de propagação, ciclo de vida e hábito de crescimento, que, analisados em conjunto, indicarão as medidas de controle mais adequadas a serem utilizadas (ALBUQUERQUE et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2014; ALBUQUERQUE 2014).

Uma vez que as comunidades infestantes podem variar sua composição florística em função do tipo e da intensidade de tratamentos culturais impostos, o reconhecimento das espécies presentes torna-se fundamental, quanto mais se for levado em conta o custo financeiro e ambiental da utilização de produtos químicos (ERASMO et al., 2004).

Estudos sobre a biologia das plantas daninhas são considerados ferramentas importantes a fim de fornecer elementos para o desenvolvimento de técnicas adequadas ao seu controle (CONCENÇO et al., 2013). As espécies, até dentro de um mesmo gênero, diferem entre si quanto ao grau de interferência causada nas culturas e quanto à suscetibilidade às práticas de manejo, principalmente aos herbicidas. Por meio da realização de trabalhos sobre a germinação de sementes de plantas daninhas são adquiridos conhecimentos de aspectos relacionados à sua biologia (ORZARI et al., 2013).

### **3.4 CONTROLE QUÍMICO: Uso de herbicidas no controle de plantas daninhas**

O controle químico consiste na utilização de herbicidas, produtos que interferem nos processos bioquímicos e fisiológicos, podendo matar ou retardar significativamente o crescimento das plantas daninhas. Podem ser utilizados herbicidas seletivos ou não à cultura e que podem ser aplicados no manejo antes do plantio, em pré-plantio incorporado (PPI), em pré-emergência (Pré) da cultura e das plantas daninhas e em pós-emergência (Pós) da cultura e das plantas daninhas (FONTES et al., 2010).

Segundo Ferreira et al. (2006) a utilização de herbicidas oferece algumas vantagens como a ação rápida e eficiente em densas populações de daninhas, disponibilidade de equipamentos e seletividade de alguns produtos.

O emprego do controle químico de plantas daninhas deve ser feito juntamente com outras práticas de controle, sendo a de maior importância o controle cultural, uma vez que este possibilita as melhores condições de desenvolvimento e permanência das culturas, cabendo ao controle químico apenas auxiliar quando necessário. O emprego do controle químico como único método pode levar ao desequilíbrio no sistema de produção. Portanto, o herbicida é uma ferramenta muito importante no manejo integrado de plantas daninhas, desde que utilizado no momento adequado e de forma correta (FONTES et al., 2010).

Uma das maneiras de promover controle eficiente e que garanta a sustentabilidade do sistema e fazer o manejo integrado das plantas daninhas. O termo controle integrado significa o uso de dois ou mais métodos de controle de plantas daninhas, com o objetivo de manter suas populações abaixo do nível que induz as perdas econômicas, com o mínimo de impacto ambiental. Para cada condição envolvendo os fatores topografia, tipo de solo, chuvas, espécies de plantas daninhas e equipamentos disponíveis, é definido o método ou a associação de métodos de controle de plantas daninhas que irá permitir ao produtor eficiência, economia e preservação do ambiente. As estratégias para o manejo integrado em diferentes espécies vegetais daninhas podem ser divididas como de curto ou de longo prazo (SILVA e SILVA, 2007).

Medidas como utilização da capina ou emprego direto de herbicidas (controle químico) podem ser consideradas de curta duração, sendo responsáveis por controle apenas temporário, havendo necessidade de novas aplicações a cada estação de cultivo. Em se tratando das medidas consideradas de longo prazo, o emprego das práticas culturais e o controle por outros agentes biológicos e genéticos (do feijão-caupi) tem caráter permanente e

levam em conta mudanças mais pronunciadas nas diferentes práticas agronômicas (ROCHA, et al., 2009).

A grande expansão do cultivo de feijão caupi em decorrência do aumento da demanda por alimentos, tem demandado técnicas agronômicas mais apuradas que visem o aumento da produtividade e diminuição do custo de produção. Entre os problemas que afetam a produtividade da cultura, destaca-se a interferência das plantas daninhas, que, quando não controladas, podem reduzir significativamente o rendimento de grãos (SILVA et al., 2014).

Com isso, diversos métodos são propostos para o controle de plantas daninhas, sendo alguns mais utilizados em agricultura familiar e outros por produtores mais tecnificados. A estratégia de controle das plantas daninhas mais utilizada no cultivo do feijão-caupi é a capina manual, por se tratar de uma cultura explorada principalmente no sistema de agricultura familiar (SILVA et al., 2014). Entretanto, em áreas extensas, o alto custo de mão de obra e a dificuldade de encontrar operários em quantidade suficiente tornam esse método apenas complementar (SILVA e SILVA, 2007). Já a capina mecanizada possui bom rendimento operacional, porém apresenta uma série de limitações, não sendo utilizada em solos muito úmidos, além de não controlar as plantas daninhas na linha de plantio (FREITAS et al., 2009).

Como vantagem, o controle químico com o uso de herbicidas apresenta: menor dependência de mão de obra; eficiência mesmo em épocas chuvosas; eficiência no controle de plantas daninhas na linha de plantio e não afeta o sistema radicular das culturas; permite o cultivo mínimo ou plantio direto; e eficiência no controle de plantas daninhas de propagação vegetativa (SILVA et al., 2014).

No entanto, a utilização desse método na cultura do feijão caupi é limitada devido à escassez de trabalhos envolvendo a seletividade de herbicidas nesta cultura e à falta de agrotóxicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o que impede a recomendação e o uso desses produtos (SILVA e ALBERTINO, 2009; OLIVEIRA et al., 2013). Além disso, diversos trabalhos relatam o efeito fitotóxico de herbicidas para a cultura do feijão-caupi, a depender do estágio de desenvolvimento da cultura, sendo observada menor tolerância nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (OLIVEIRA et al., 2013; FONTES et al., 2010). Estes autores também explicam que a tolerância de plantas daninhas aos herbicidas também depende do seu estágio de desenvolvimento e observaram que a cultivar BRS Guariba, amplamente utilizada no estado de Roraima, apresenta bons níveis de tolerância ao herbicida Oxidiazon.

Em um estudo sobre a mistura de herbicidas na cultivar BRS Guariba, Fontes et al. (2013) constatou que essa variedade apresentou tolerância diferenciada aos herbicidas



aplicados em pré e pós-emergência da cultura. Para eles, a associação simultânea de bentazon + paraquat não deve ser aplicada na cultura do feijão-caupi em razão dos efeitos prejudiciais verificados nas plantas. As aplicações em pré-emergência de oxadiazon e sulfentrazone, assim como de bentazon e fluazifop-p-butyl em pós-emergência garantiu de bom a excelente controle de plantas daninhas, resultando em produtividades semelhantes ao controle realizado por meio de capinas aos 20 e 35 dias após a emergência. A aplicação de fomesafen isoladamente ou associado ao fluazifop-p-butyl em pós-emergência, embora tenha apresentado bom controle das plantas daninhas, provocou fitointoxicação com influência negativa na produtividade.

Os herbicidas são classificados de duas maneiras, a primeira é de acordo com sua composição química e a segunda quanto ao seu uso. A classificação química organiza os herbicidas de acordo com o modo de ação e a família do composto, onde se caracteriza a interação bioquímica com o metabolismo das plantas de forma sistêmica ou de contato. Quanto à classificação pelo uso, os herbicidas podem ser seletivos ou não seletivos, pré-emergentes e pós-emergentes (McELROY e MARTINS, 2013).

Diversos são os mecanismos de ação bioquímica dos herbicidas, sendo os mais usuais os mimetizadores de auxina, os inibidores do fotossistema II (interrompem o fluxo de elétrons), os inibidores enzimáticos e os inibidores de Acetil Coenzima A, que impedem a formação das membranas celulares (McELROY et al., 2007; BROSNAN; BREEDEN, 2012; McELROY e MARTINS, 2013).

Kalsing e Vidal (2012) relatam a eficiência de herbicidas de efeito residual como o dimethenamid, S-metolachlor, pendimethalin e trifluralin no controle em pré-emergência. Para eles, os herbicidas residuais podem trazer grande contribuição para os programas de manejo em feijão, por reduzirem a infestação durante o período crítico de interferência. Além disso, as plantas que emergem nas áreas tratadas com esses produtos têm crescimento reduzido, o que diminui o seu impacto na cultura principal e facilita o controle em pós-emergência (PROCOPIO et al., 2009). No entanto, os autores evidenciam a importância da combinação de técnicas, incluindo a capina manual ou mecânica do solo e o uso de herbicidas seletivos à cultura, os quais complementam o efeito dos herbicidas residuais.

### 3.5 EFEITO DE HERBICIDAS NODULAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI

Os herbicidas são componentes fundamentais no manejo integrado de plantas daninhas na agricultura. Porém, seus efeitos sobre os microorganismos do solo, especialmente as bactérias nitrificantes, podem ser adversos devido à grande quantidade de fatores ambientais envolvidos nesse processo (MONTEIRO et al., 2012), podendo estes serem maléficis, benéficos (REIS et al., 2008) ou nulos (PEREIRA, 2008). Com isso, os malefícios comumente ocorrem devido aos microorganismos nitrificantes compartilharem rotas biossintéticas semelhantes às da planta hospedeira (SANTOS, 2006).

Os mecanismos de dissipação, persistência e transformação de herbicidas no ambiente e na planta são complexos e merecem atenção especial, pois afetam direta e indiretamente a nodulação em leguminosas. Sendo assim, Martinez et al. (2010) afirmam que a interação entre umidade e temperatura do solo, bem como a diversidade de microorganismos, podem afetar diretamente a persistência do herbicida sulfentrazone no solo, o que impede esse composto de atuar de forma prejudicial sobre bactérias nitrificantes, mesmo este sendo um herbicida com efeitos deletérios sobre essas bactérias.

Mesmo em herbicidas com mecanismos de ação idênticos, pode haver diferentes graus de intoxicação em função da cultura. Neste sentido, Lamengo et al. (2011) compararam o efeito dos herbicidas alachlor e S-metolachlor aplicados em pré-emergência na cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), sendo observado níveis de intoxicação acima de 58 % para o primeiro e abaixo de 5 % para o segundo. Ambos são herbicidas residuais do grupo das cloroacetamidas, utilizados para controle de plantas daninhas, sendo o mecanismo primário de ação a inibição da síntese de ácidos graxos de cadeias longas (SILVA et al., 2007).

Os herbicidas podem afetar a nodulação de forma direta, com a produção de substâncias como os radicais superóxido ( $O_2^-$ ), hidroxil (OH), hidroperoxil ( $HO_2$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e oxigênio singleto ( $^1O_2$ ), que são espécies intermediárias reativas de oxigênio, com ação citotóxica, e, que são produzidos na planta devido ao estresse provocado pelos herbicidas. Essas substâncias podem atacar macromoléculas como a nitrogenase, provocar danos aos componentes celulares, lesões e mutações no DNA, (BECANA et al., 2010) e posteriormente causar a morte das células vegetal e microbiana (KARUPPANAPANDIAN, et al., 2011).

Apesar dos mecanismos naturais de controle de radicais livres por meio de antioxidantes (ácido ascórbico, superóxido dismutase, carotenoides, flavonoides, taninos, glutathione redutase e ascorbato peroxidase), a produção dos radicais pode prejudicar

irreversivelmente o processo inicial da nodulação (herbicidas pré-emergentes), devido a isso, a concentração de muitos antioxidantes, em especial a leg-hemoglobina, é maior nos nódulos (BECANA et al., 2010). A variedade dessas substâncias antioxidantes nos vegetais pode determinar a maior ou menor seletividade de determinadas culturas aos efeitos prejudiciais dos herbicidas (KARUPPANAPANDIAN, et al., 2011).

Para Pandey et al. (2012) a produção da substância glutathione S-transferase (GST) em algumas plantas está diretamente relacionada com mecanismos de desintoxicação e proteção das células dos nódulos contra a ação danosa de herbicidas. Foi comprovado que esse complexo enzimático se conjuga com uma grande variedade de herbicidas, o que despertou o interesse de pesquisadores para a manipulação genética voltada às plantas cultivadas tolerantes e resistentes a herbicidas. Estes autores também identificaram genes envolvidos na proteção de células radiculares infectadas por nódulos contra a ação direta dos herbicidas, sendo eles TaGSTF3 (produção de sítios de ligação com  $\text{Ca}^{2+}$ ), TaGSTF5 (produção de flavonoides reativos com herbicidas), TaGSTU (mecanismos de oxidação e redução de toxinas) e TAGSTF (catabolismo do processo de clivagem de proteínas tóxicas).

Os herbicidas podem também atuar de forma indireta na nodulação ao afetar a produção dos flavonoides, especificamente calcones, flavonas, isoflavonas, flavonóis, que são exsudados das raízes de leguminosas responsáveis pela comunicação entre as células radiculares e as bactérias nitrificantes no processo inicial de nodulação (SHAW et al., 2006). Além disso, o estresse provocado pela ação dos herbicidas pode originar a produção de flavonoides com ação antibacteriana, a exemplo dos pterocarpanos, que provocam a destruição da membrana celular e inativam enzimas envolvidas no transporte de elétrons das bactérias (LOZOVAIA et al., 2004).

Singh & Wright (2002) concluíram que os herbicidas podem afetar diretamente a atividade da nitrogenase. Estes autores conduziram estudos *in vitro* que demonstraram o efeito prejudicial dos herbicidas terbutryn, trietazine, prometryn e bentazon no crescimento de bactérias nitrificantes *Rhizobium leguminosarum*, sendo terbutryn ( $4 \text{ mg L}^{-1}$ ) o mais prejudicial ao crescimento dessa estirpe de bactérias. Por outro lado, o herbicida bentazon, mesmo com doses variando entre 4 a  $65 \text{ mg L}^{-1}$ , não provocou queda nas taxas de crescimento da colônia bacteriana. Os autores ressaltam a importância de estudos de campo, pois diversos fatores como umidade, textura, matéria orgânica, diversidade microbiana e temperatura podem influenciar na dinâmica de interação entre herbicidas e bactérias nitrificantes.

## 4 ARTIGO A - SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA NA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI EM RORAIMA

### 4.1 RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cv. BRS Aracê de feijão-caupi. Foram instalados dois experimentos, um com aplicação de herbicidas em pré-emergência e outro com aplicação em pós-emergência, em blocos casualizados. Foram 10 tratamentos para cada um dos experimentos, onde foram feitas 4 avaliações visuais de intoxicação com intervalo de 7 dias entre elas. Em pré-emergência foram testados os herbicidas metribuzin, sulfentrazone, S-metolachlor, pendimethalin, oxadiazon, alachlor, metribuzin + pendimethalin, metribuzin+ alachlor. Já em pós-emergência foram testados quizalofop-p-ethyl, bentazon, fomesafen, imazethapyr, imazamox, quizalofop-p-ethyl + imazamox, quizalofop-p-ethyl + imazethapyr, quizalofop-p-ethyl + bentazon e duas testemunhas em cada um dos experimentos, um com capina e outra sem capina. O herbicida metribuzin e todas as suas misturas não são recomendados em pré-emergência na cultura do feijão-caupi, pois não foram seletivos a esta cultura, impedindo a total germinação das sementes de feijão-caupi quando aplicado isoladamente, e quando misturado com outro herbicida, causou intoxicação extremamente forte. Os herbicidas oxadiazon, em pré-emergência, e quizalofop-p-ethyl + imazamox, em pós-emergência, foram considerados seletivos para o feijão-caupi em Roraima, devido à baixa toxidez das plantas em campo e elevadas produtividades.

**Palavras-chave:** Controle químico, plantas daninhas, *Vigna unguiculata*.

## 4 SELECTIVITY OF PRE AND POST- EMERGENCY HERBICIDES APPLIED IN COWPEA IN RORAIMA, BRAZIL

### 4.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the selectivity and efficiency of herbicides applied in pre and post-emergence in cv. BRS Aracê cowpea. Two experiments were carried, with application of herbicides in pre-emergence and the other with post-emergence application in a randomized block design. There were 10 treatments for each of the experiments, which were performed 4 intoxication visual assessments with 7 days interval between them. Pre-emergence herbicides were tested the metribuzin, sulfentrazone, S-metolachlor, pendimethalin, oxadiazon, alachlor, metribuzin + pendimethalin, metribuzin + alachlor. Since post-emergence were tested quizalofop-p-ethyl, bentazon, fomesafen, imazethapyr, imazamox, quizalofop-p-ethyl + imazamox, quizalofop-p-ethyl + imazethapyr, quizalofop-p-ethyl + bentazon and two controls in each of the experiments, one with and one without weeding weeding. The metribuzin herbicide and all its mixtures are not recommended pre-emergence in the cowpea crop because there were not selective to this crop, reducing the total germination of cowpea seed when applied alone, and when mixed with other herbicide caused extremely strong intoxication. The oxadiazon herbicides, pre-emergence, and quizalofop-p-ethyl + imazamox, post-emergence were considered selective for cowpea in Roraima, due to the low toxicity of the plants in the field and high productivity.

**Keywords:** Chemical control, Weed, *Vigna unguiculata*.

### 4.3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é uma das culturas mais cultivadas na região Norte e Nordeste pela sua adaptabilidade e rusticidade às condições edafoclimáticas, além disso, seu cultivo vem sendo expandido para a região Centro-oeste, onde é amplamente cultivado na entre-safra (FREIRE FILHO et al., 2011).

Dentre os problemas que mais reduzem os índices de produtividade desta cultura, destacam-se as plantas daninhas, podendo reduzir o rendimento de grãos em até 90%. As plantas daninhas constituem um dos fatores que mais influenciam o crescimento, desenvolvimento e a produtividade da cultura do feijão-caupi, pois competem por luz, nutrientes e água, o que se reflete na redução quantitativa e qualitativa da produção, além de aumentar os custos operacionais de colheita, secagem e beneficiamento dos grãos (FREITAS et al., 2009).

Como medida de controle, os herbicidas representam uma alternativa eficaz e menos onerosa dentro dos componentes do manejo integrado de plantas daninhas. Porém, dentro deste contexto, há que se destacar a inexistência de herbicidas registrados no Brasil, para controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi, o que impede recomendações (FONTES, 2010).

O método de controle de plantas daninhas predominante nas regiões Norte e Nordeste, ainda é a capina manual, medida essa, que representa gastos excessivos com mão-de-obra e ainda representa pouca eficiência de controle para ciclo completo da cultura (FREITAS et al., 2009). Na região Centro-oeste, o uso de herbicidas representa um risco não só para a perda de produtividade pela falta de conhecimento sobre a tolerância das muitas variedades aos herbicidas que podem ser utilizados na cultura, mas também pelo desconhecimento dos períodos de carência e índices de resíduo no grão, representando risco à saúde humana (SILVA e ALBERTINO, 2009).

Como vantagem, o controle químico com o uso de herbicidas apresenta: menor dependência de mão de obra, eficiência mesmo em épocas chuvosas, eficiência no controle de plantas daninhas na linha de plantio e não afeta o sistema radicular das culturas e eficiência no controle de plantas daninhas de propagação vegetativa (SILVA et al., 2014).

O emprego do controle químico de plantas daninhas deve ser feito juntamente com outras práticas de controle, sendo a de maior importância o controle cultural, uma vez que este possibilita as melhores condições de desenvolvimento e permanência das culturas, cabendo ao

controle químico apenas auxiliar quando necessário. O emprego do controle químico como único método pode levar ao desequilíbrio no sistema de produção. Portanto, o herbicida é uma ferramenta muito importante no manejo integrado de plantas daninhas, desde que utilizado no momento adequado e de forma correta (FONTES et al., 2010).

Dessa maneira, objetivou-se avaliar a seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do feijão-caupi.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos, um com aplicação de herbicidas em pré-emergência e outro com aplicação de herbicidas em pós-emergência. Os experimentos foram conduzidos no período de outubro à dezembro de 2014 no Centro Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, *Campus* Cauamé, município de Boa Vista no estado de Roraima, latitude 2° 52'15,49" N, longitude 60° 42'39,89" W e 85 m de altitude, com precipitação média anual de 1.678 mm (ARAÚJO et al., 2001).

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Tb Distrocoeso (BENEDETTI et al., 2011), para a análise química foram coletadas amostras simples na área total do experimento (600 m<sup>2</sup>) de 0-20 cm, que em seguida foram homogeneizadas e enviadas ao laboratório para análise. A lauda da análise apresentou os seguintes resultados: 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 30 mg dm<sup>-3</sup> de P; 0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al; 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de SB; V de 1,4%; pH 5,4 em água; 1,5% de matéria orgânica; textura de 720 g kg<sup>-1</sup> de areia, 35 g kg<sup>-1</sup> de silte e 180 g kg<sup>-1</sup> de argila.

Com base na interpretação da análise química, o solo foi corrigido segundo a recomendação de (UCHÔA et al., 2009) utilizando-se 1500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário, 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio.

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a cv. BRS Aracê, as sementes foram inoculadas com estirpe de *Bradyrhizobium* BR 3262 recomendada para o estado de Roraima por Zilli et al. (2006). A concentração mínima de rizóbios foi da ordem de 10<sup>8</sup> células g<sup>-1</sup> de inoculante, foi utilizado 500 g de inoculante para 50 kg de sementes umedecidas com uma solução açucarada (10% p v<sup>-1</sup>) segundo Hungria et al. (2001). O sistema de manejo da área foi em plantio direto, as plantas daninhas existentes foram dessecadas com herbicida Glyphosate, e

após uma semana o plantio foi realizado. A semeadura foi feita com plantadeira mecanizada em sistema de plantio direto, com 10 sementes por metro linear de fileira.

Cada parcela experimental foi constituída de seis fileiras com 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,5 m. A área útil de cada parcela foi composta pelas duas fileiras centrais, onde foram consideradas bordaduras as duas fileiras laterais e também 0,5 nas suas extremidades frontais. A área total do experimento foi de 600 m<sup>2</sup>, e a área útil total foi de 200 m<sup>2</sup> para cada um dos experimentos.

Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados com 4 repetições, foram dez tratamentos principais para avaliar a seletividade dos herbicidas em pré-emergência e pós-emergência (**Tabela 1**) separadamente, e no tratamento secundário foram feitas 4 avaliações com intervalo de 7 dias entre elas para cada experimento.

**Tabela 1-** Relação das estratégias de controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi, com herbicidas aplicados em pré e pós-emergência e suas respectivas doses mais duas testemunhas (com e sem capina). Boa Vista – RR, 2015.

<b>Tratamentos (T)</b> <i>Pré-emergentes</i>	<b>Dose</b> <b>(g ha<sup>-1</sup> i.a.)</b>	<b>Tratamentos (T)</b> <i>Pós-emergentes</i>	<b>Dose</b> <b>(g ha<sup>-1</sup> i.a.)</b>
Metribuzin	360	Quizalofop-p-ethyl	100
Sulfentrazone	600	Bentazon	720
S-metolachlor	1200	Fomesafen	225
Pendimethalin	750	Imazethapyr	100
Oxadiazon	1000	Imazamox	50
Alachlor	2400	Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	100+100
Metribuzin +Pendimethalin	360+750	Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	100+168
Metribuzin+ Alachlor	360+2400	Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	100+720
Com capina	-	Com capina	-
Sem capina	-	Sem capina	-

Os herbicidas pré-emergentes foram aplicados um dia após o plantio, onde utilizou-se um pulverizador costal, equipado com dois bicos TT 110.02, espaçados de 0,5 m, mantidos a pressão de 2 bar, e volume de calda de 170 L ha<sup>-1</sup>.

Já os herbicidas pós-emergentes foram aplicados 14 dias após o plantio, quando as plantas de feijão-caupi apresentavam o terceiro trifólio formado e as plantas daninhas dicotiledôneas estavam com três a cinco pares de folhas. Para a aplicação também utilizou-se um pulverizador costal, equipado com dois bicos TT 110.02, espaçados de 0,5 m, mantidos a pressão de 2 bar, e volume de calda de 130 L ha<sup>-1</sup>.

A avaliação de seletividade para os herbicidas aplicados em pré-emergência foram feitas 7, 14, 21 e 28 dias após o plantio (DAE), já para os herbicidas de pós-emergência as avaliações foram feitas aos 21, 28, 35 e 42 dias após o plantio (DAP). O efeito fitotóxico de



seletividade dos herbicidas foi determinado por meio de avaliações visuais de intoxicação utilizando-se a escala de valores proposta pela *European Weed Research Council* (EWRC, 1964), em que 1 = nenhuma injúria e 9 = morte da planta.

A testemunha capinada foi mantida no limpo durante todo ciclo por meio de capinas manuais e a testemunha sem capina foi mantida em convivência com as plantas daninhas durante todo o ciclo. As variáveis analisadas foram: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F para análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software SAEG 9.0.

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Tabela 2** apresenta os níveis de fitotoxicidade de herbicidas pré e pós-emergentes baseados na escala proposta pela *European Weed Research Council* (EWRC, 1964). Dentre os pré-emergentes, o herbicida metribuzin apresentou os maiores níveis de fitotoxicidade devido ao efeito severo sobre o feijão-caupi, o que ocasionou a morte de todas as plantas da parcela. Os menores níveis de fitotoxicidade foram observados com o herbicida oxadiazon, o que permite inferir que esse herbicida é seletivo para esta cultura. Resultados positivos, também foram observados nos herbicidas pendimethalin, alachlor e S-metolachlor, porém com grau muito leve à leve de toxidez.

Lamengo et al. (2011) observaram níveis de intoxicação em *Phaseolus vulgaris* acima de 58% para alachlor aos 20 DAE, apresentando acentuada redução no crescimento das plantas. Ainda no trabalho desses autores, o herbicida S-metolachlor, apresentou apenas leve injúria, inferior a 5%, mesmo com dose elevada do herbicida ( $1920 \text{ g ha}^{-1}$ ). O efeito deletério de metribuzin também foi relatado por Fernandes et al. (2012) em *Phaseolus vulgaris*, onde foi observado comprometimento total da germinação das sementes e morte acentuada das plantas que emergiram do solo.

Dentre os herbicidas pós-emergentes, os menores níveis de fitointoxicação foram observados para os herbicidas: quizalofop-p-ethyl e bentazon; e também nas misturas: quizalofop-p-ethyl + imazamox e quizalofop-p-ethyl + bentazon. Foi notório o efeito da mistura com o herbicida imazamox, pois este, quando aplicado isoladamente, apresentou elevados níveis de fitointoxicação para a planta. Dvoranen et al. (2008) observaram resultados

diferentes na cultura da soja, onde uma dose sequencial de fomesafen (duas aplicações de 0,125 kg ha<sup>-1</sup> cada, aos 12 e 24 dias após a emergência) não provocou redução significativa na massa seca total de nódulos, número total de nódulos e massa seca total de raízes.

**Tabela 2:** Fitotoxicidade de herbicidas pré e pós-emergentes sobre plantas de feijão-caupi aos 7, 14, 21 e 28 dias após o plantio (DAP)

<b>Herbicidas</b>	<b>Dose</b>	<b>7 DAP</b>	<b>14 DAP</b>	<b>21 DAP</b>	<b>28 DAP</b>
<i>Pré-emergentes</i>	<b>(g ha<sup>-1</sup> i.a.)</b>				
Metribuzin	360	9	9	9	9
Sulfentrazone	600	6	7	7	7
S-metolachlor	1200	3	3	3	2
Pendimethalin	750	2	2	2	1
Oxadiazon	1000	1	1	1	1
Alachlor	2400	3	2	2	1
Metribuzin +Pendimethalin	360+750	8	8	7	7
Metribuzin+ Alachlor	360+2400	8	7	7	7
Com capina	-	1	1	1	1
Sem capina	-	1	1	1	1
<i>Pós-emergente</i>	<b>Dose</b>	<b>7 DAP</b>	<b>14 DAP</b>	<b>21 DAP</b>	<b>28 DAP</b>
	<b>(g ha<sup>-1</sup> i.a.)</b>				
Quizalofop-p-ethyl	100	2	1	1	1
Bentazon	720	3	3	3	3
Fomesafen	225	8	7	7	7
Imazethapyr	100	6	6	5	4
Imazamox	50	6	6	6	6
Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	100+100	8	8	7	7
Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	100+168	2	1	1	1
Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	100+720	2	2	1	1
Com capina	-	1	1	1	1
Sem capina	-	1	1	1	1

**Onde:** 1: fitotoxicidade nula; 2: muito leve; 3: leve; 4: moderada; 5: média; 6: quase forte; 7: forte; 8: muito forte; 9: morte da planta (EWRC, 1964).

Ainda neste contexto, Monteiro et al. (2012) avaliaram o efeito de bentazon (1,2 L ha<sup>-1</sup>) e fomesafen (1,0 L ha<sup>-1</sup>) sobre a massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, número de nódulos e massa seca dos nódulos. Eles observaram que o herbicida bentazon apresentou baixa fitotoxicidade ao feijão-caupi e pouco influenciou na nodulação e biomassa da cultura. Já o herbicida fomesafen, apresentou perda significativa da massa seca de nódulos a partir dos 30 dias após a emergência, mesmo com valores de massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e número de nódulos não sendo afetados pelo herbicida.

O número de vagens por planta (NVPP) e o número de grãos por vagem (NGPV), na **Tabela 3**, mostra que dentre os herbicidas pré-emergentes, não houve diferença estatística entre o herbicida alachlor e os herbicidas oxadiazon e sulfentrazone. Também não houve

diferenças nas médias dessas variáveis com as misturas metribuzin + alachlor e metribuzin + pendimethalin quando comparadas ao alachlor e a testemunha capinada. Devido à morte de todas as plantas da parcela, as médias estatisticamente inferiores foram observadas no herbicida metribuzin. A mistura entre metribuzin e pendimethalin ocasionou efeito superior às aplicações isoladas desses herbicidas, o que sugere maiores estudos acerca da interação entre os dois princípios ativos.

**Tabela 3:** Número de vagens por planta (NVPP) e número de grãos por vagem (NGPV) do feijão-caupi em função da aplicação dos herbicidas pré e pós-emergentes e das testemunhas

<b>Herbicidas</b> <i>Pré-emergentes</i>	<b>(NVPP)</b>	<b>Herbicidas</b> <i>Pré-emergentes</i>	<b>(NGPV)</b>
Com capina	14,95A	Com capina	14,90 <sup>a</sup>
Alachlor	14,55A	Alachlor	14,80AB
Metribuzin+ Alachlor	14,00AB	Metribuzin+ Alachlor	14,55AB
Metribuzin +Pendimethalin	11,15ABC	Metribuzin +Pendimethalin	14,10ABC
Oxadiazon	11,05ABC	Oxadiazon	13,85ABC
Sulfentrazone	10,45ABC	Sulfentrazone	13,40ABC
S-metolachlor	8,00BC	Pendimethalin	13,15ABC
Sem capina	7,80BC	S-metolachlor	12,55BC
Pendimethalin	7,30C	Sem capina	12,25C
Metribuzin	0,00D	Metribuzin	0,00D
<b>Herbicidas</b> <i>Pós-emergentes</i>	<b>(NVPP)</b>	<b>Herbicidas</b> <i>Pós-emergentes</i>	<b>(NGPV)</b>
Com capina	13,10 A	Com capina	14,90 A
Imazethapyr	12,95 A	Fomesafen	14,80 AB
Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	8,25 B	Imazethapyr	13,55 AB
Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	8,05 B	Quizalofop-p-ethyl+Imazethapyr	13,55 AB
Quizalofop-p-ethyl	7,90 B	Quizalofop-p-ethyl+Bentazon	13,45 AB
Fomesafen	7,85 B	Quizalofop-p-ethyl	13,40 AB
Com capina	7,85 B	Imazamox	13,40 AB
Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	7,75 B	Bentazon	13,20 AB
Bentazon	6,60 B	Quizalofop-p-ethyl+Imazamox	13,05 AB
Imazamox	6,05 B	Sem capina	12,30 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto aos herbicidas pós-emergentes, foi observado que o NVPP foi superior no tratamento com imazethapyr, sendo estatisticamente equiparado com a testemunha com capina. Todos os demais tratamentos, incluindo as misturas, não apresentaram diferença significativa entre si para esta variável. Por outro lado, o NGPV apenas apresentou diferença

estatística entre a testemunha com capina e sem capina, não sendo observada diferença significativa entre os herbicidas avaliados.

Os resultados apresentados sugerem que mesmo com a leve intoxicação causada por alachlor, este herbicida não interferiu no número de vagens e número de grãos por vagem, o que evidencia uma recuperação total das plantas às injúrias iniciais causadas pela aplicação em pré-emergência. O herbicida oxadiazon não mostrou sintomas durante as avaliações visuais de intoxicação, porém estes resultados mostram que mesmo sem sintomas visuais, ele reduziu levemente estas duas variáveis, o que pode estar relacionado ao prejuízo do processo de nodulação na cultura.

A **Tabela 4** mostra que a testemunha sem capina e os herbicidas pré-emergentes S-metolachlor, pendimethalin, sulfentrazone, oxadiazon e metribuzin + alachlor não apresentaram diferença estatística entre si e a testemunha com capina para a massa de cem grãos (MCG).

**Tabela 4:** Massa de cem grãos (MCG) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) do feijão-caupi em função da aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes e das testemunhas.

<b>Herbicida</b> <i>Pré-emergente</i>	<b>(MCG)</b> <i>g</i>	<b>Herbicida</b> <i>Pré-emergente</i>	<b>(PROD)</b> <i>Kg ha<sup>-1</sup></i>
Com capina	20,57 A	Com capina	1681,62 A
S-metolachlor	20,43 A	Oxadiazon	1668,93 A
Pendimethalin	20,09 AB	Pendimethalin	1436,92 B
Sulfentrazone	20,05 AB	Alachlor	1377,16 B
Oxadiazon	20,01 AB	S-metolachlor	1315,52 B
Metribuzin+ Alachlor	19,92 ABC	Sulfentrazone	617,53 C
Alachlor	19,01 BC	Sem capina	565,90 C
Sem capina	18,61 C	Metribuzin+ Alachlor	559,89 C
Metribuzin +Pendimethalin	18,59 C	Metribuzin +Pendimethalin	395,79 C
Metribuzin	0,00 D	Metribuzin	0,00 D
<b>Herbicida</b> <i>Pós-emergente</i>	<b>(MCG)</b> <i>g</i>	<b>Herbicida</b> <i>Pós-emergente</i>	<b>(PROD)</b> <i>Kg ha<sup>-1</sup></i>
Com capina	20,58 A	Com capina	1710,88 A
Quizalofop-p-ethyl	20,48 A	Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	1453,56 AB
Imazethapyr	20,20 AB	Quizalofop-p-ethyl	1405,45 B
Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	19,68 ABC	Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	1404,43 B
Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	19,67 ABC	Imazethapyr	1256,35 BC
Fomesafen	19,22 BC	Imazamox	1210,23 BCD
Bentazon	19,10 BC	Bentazon	1138,71 CD
Sem capina	18,91 C	Fomesafen	1001,45 CDE
Imazamox	18,68 CD	Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	949,42 DE
Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	17,66 D	Sem capina	915,97 E

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Essa mesma resposta não ocorreu com a variável produtividade (PROD), pois apenas o herbicida oxadiazon apresentou médias estatisticamente iguais à testemunha com capina. Esta resposta se deve à seletividade deste herbicida ao feijão-caupi, que promoveu baixos níveis de toxidez e elevada produtividade.

Apesar das misturas metribuzin + alachlor e metribuzin + pendimethalin apresentarem valores relativamente bons de NVPP e NGPV, a baixa produtividade do feijão-caupi foi positivamente relacionada com o grau de toxidez da planta.

Resultados contrários foram observados por Lamengo et al. (2011) em *Phaseolus vulgaris*, onde o herbicida S-metolachlor não alterou a produtividade e o número de vagens por planta, independentemente da dose aplicada, apresentando resultados semelhantes aos da testemunha capinada. Ainda no estudo desses autores, o herbicida alachlor, reduziu a produtividade da cultura em todas as doses estudadas, embora o número de vagens por planta tenha sido alterado apenas nas duas maiores doses.

A mistura entre os herbicidas pós-emergentes quizalofop-p-ethyl + imazamox foi a única que apresentou médias de produtividade estatisticamente semelhantes à média da testemunha capinada. Apesar disso, os tratamentos quizalofop-p-ethyl+ imazamox, quizalofop-p-ethyl, quizalofop-p-ethyl + bentazon, imazethapyr e imazamox não diferenciaram entre si nesta variável. A mistura quizalofop-p-ethyl + imazethapyr evidenciou o prejuízo à produtividade do feijão-caupi, o que foi reflexo do elevado grau de toxidez causado pela mistura, e não sendo observado esse prejuízo na mesma dimensão quando esses herbicidas foram aplicados de forma isolada.

Trezzi (2010) também observaram, na cultura do feijão, o efeito das doses dos herbicidas pós-emergentes bentazon + imazamox sobre a produtividade de grãos, entre as doses de 0 e 0,7 L ha<sup>-1</sup>, houve incremento da produtividade de 1.875 para 2.150 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, um incremento de 13% em relação à testemunha.

#### 4.6 CONCLUSÕES

- Houve relação direta entre os graus de toxidez avaliados pela escala de European Weed Research Council e a produtividade de feijão-caupi em Roraima.
- Em pré-emergência o herbicida oxadiazon foi seletivo para o feijão-caupi.
- Em pós-emergência os herbicidas quizalofop-p-ethyl + imazamox, em mistura, foram seletivos para o feijão-caupi.

## 5 ARTIGO B - EFEITO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES SOBRE A NODULAÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI EM RORAIMA

### 5.1 RESUMO

A competição com plantas daninhas é citada como um dos fatores que mais comprometem a produtividade do feijão-caupi. O uso de herbicidas se destaca devido à elevada eficiência, no entanto, é limitado pela falta de recomendações e falta de conhecimento sobre a interação destes com outros componentes ambientais, como as bactérias nitrificantes. Neste sentido objetivou-se avaliar o efeito de herbicidas pré-emergentes sobre a nodulação de feijão-caupi em Roraima. Para tanto, foi elaborado um experimento de campo na Universidade Federal de Roraima, onde se utilizou a cultivar BRS Aracê, inoculada com *Bradyrhizobium* BR 3262, a qual foi submetida aos tratamentos com herbicidas aplicados em pré-emergência: Metribuzin, Sulfentrazone, S-metolachlor, Pendimethalin, Oxadiazon, Alachlor, Metribuzin + Pendimethalin, Metribuzin+ Alachlor, uma testemunha com capina e outra sem capina. As variáveis foram: número de nódulos por planta, massa seca de nódulos e massa seca de raízes. O feijão-caupi não apresentou tolerância ao herbicida Metribuzin, portanto, este não deve ser recomendado para a cultura. Por outro lado, o Pendimethalin não prejudicou nenhuma das variáveis analisadas. A mistura dos herbicidas com Metribuzin foi prejudicial à cultura do feijão-caupi, pois apresentou valores inferiores de número de nódulos por planta, massa seca de nódulos e massa seca de raízes.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, plantas daninhas, controle químico.

## 5 ARTICLE B - PRE-EMERGENT HERBICIDES EFFECT ON COWPEA NODULATION IN RORAIMA, BRAZIL

### 5.2 ABSTRACT

The weed competition is related as the mean factor of crop losses in *Vigna unguiculata*. Herbicide management stands out from other methods because of its high efficiency, however, it is limited by absence of recommendations and lack of knowledge about the environmental and bacteria interactions with herbicides. In this context, the present work had the objective to evaluate the effects of herbicides on *Vigna unguiculata* nodulation in Roraima, Brazil. For this, it was designed a field test in Roraima Federal University, where was used the Aracê cultivar, inoculated with *Bradyrhizobium* BR 3262 race, and the pré-emergent herbicides: Metribuzin, Sulfentrazone, S-metolachlor, Pendimethalin, Oxadiazon, Alachlor, Metribuzin + Pendimethalin, Metribuzin + Alachlor, one control treatment with weeding and other without weeding. The variables were: number of nodules per plant, nodules dry mass and root dry mass. The *Vigna unguiculata* doesn't show tolerance for the Metribuzin herbicide, therefore, this doesn't have to be recommended for this culture. On the other hand, the Pendimethalin herbicide doesn't damaged none of the variables of this study. The mixture with Metribuzin herbicide was harmful to *Vigna unguiculata*, because presented the lowest values of number of nodules per plant, nodules dry mass and root dry mass.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, weed, chemical control.



### 5.3 INTRODUÇÃO

Perdas na produtividade, dificuldades na colheita, abrigo para pragas e doenças e depreciação no valor da terra são prejuízos causados por plantas daninhas conhecidos há muitos anos, por diversos autores, que relatam o uso eficiente ou não de herbicidas nas atividades agrícolas do Brasil (PROCÓPIO et al., 2011).

Este método químico de controle ganhou relevância no país devido ao rendimento operacional e ao custo de controle, quando comparado com outros métodos. Contudo, a aplicação desses agrotóxicos sobre culturas que se associam com bactérias fixadoras de N pode prejudicar a eficiência de assimilação deste elemento (SANTOS et al., 2005). Além dessas bactérias, outros microorganismos que desempenham papel importante na ciclagem de nutrientes, relações de antagonismo e/ou sinergismo, processos de sucessão ecológica e estabilização da matéria orgânica, podem sofrer alterações drásticas em sua atividade devido aos herbicidas no solo (ZILLI et al., 2007).

Apesar da expressiva quantidade de estudos realizados com herbicidas, tem-se dado ênfase aos estudos sobre a eficiência no controle de plantas daninhas e sobre a seletividade das culturas (TIRONI et al., 2009; PIRES et al., 2005). Procópio et al. (2011) reafirmam a necessidade de mais estudos acerca da interação entre herbicidas e microorganismos, pois em seu trabalho não foi observado efeito deletério de metribuzin, clomazone e S-metolachlor sobre o crescimento de colônias de *Azospirillum brasilense* in vitro. Efeitos positivos de herbicidas sobre o crescimento de populações de bactérias cultivadas in vitro têm sido relatados por Das e Debnath, (2006), porém, as causas desse benefício ainda necessitam ser mais bem elucidadas.

Ainda nesse viés, Sudhashana et al. (2013) observaram que o herbicida pré-emergente Pendimethalin não afetou o número total de nódulos e o número de nódulos ativos de *Arachis hypogaea*, enquanto para o herbicida Imazethapyr houve redução significativa dessas variáveis apenas quando foi aplicado o dobro da dosagem recomendada. Ainda assim, ambos os herbicidas apresentaram maior número de nódulos que o tratamento sem herbicidas, o que pode ser explicado pela depleção do crescimento da cultura devido à competição com as plantas daninhas.

Por outro lado, são identificados na literatura diversos mecanismos prejudiciais de herbicidas sobre a microfauna do solo, sendo um deles a inibição de processos bioquímicos como a síntese de aminoácidos. Herbicidas a base de glyphosate e o grupo das imidazolinonas são relatados no trabalho de Wachowska e Banaszkiwicz (1999) por inibirem duas

importantes vias de síntese de aminoácidos, a via do chiquimato e a via dos aminoácidos ramificados, respectivamente. Embora, os efeitos sejam considerados brandos para animais, podem ser severos aos microrganismos, pois estes possuem as duas vias de síntese de aminoácidos mencionadas.

A ação de herbicidas sobre os microrganismos pode ocorrer pela absorção indireta de endossimbiontes em plantas tratadas com essas substâncias, enquanto a absorção via solução do solo é menos expressiva, pois a inativação de algumas moléculas nesse ambiente é rápida (REIS et al., 2010). Procópio et al. (2015) relatam que os herbicidas podem afetar a formação e crescimento dos pelos radiculares, que podem afetar a infecção das bactérias. Além disso, o déficit de fotoassimilados provocado pelo estresse dos herbicidas às plantas pode reduzir a atividade da nitrogenase.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de herbicidas pré-emergentes na nodulação de feijão-caupi no estado de Roraima.

#### 5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro à dezembro de 2014 no Centro Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, Campus Cauamé, município de Boa Vista no estado de Roraima, latitude 2° 52' 15,49" N, longitude 60° 42' 39,89" W e 85 m de altitude, com precipitação média anual de 1.678 mm (ARAÚJO et al., 2001).

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Tb Distrocoeso (BENEDETTI et al., 2011), para a análise química foram coletadas amostras na área total do experimento (600 m<sup>2</sup>) de 0-20 cm, constituindo uma amostra composta por dez amostras simples, que apresentou as seguintes características segundo a análise realizada no Laboratório de Fertilidade de Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA): 0,5 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,3 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,02 cmolc dm<sup>-3</sup> de K; 30 mg dm<sup>-3</sup> de P; 0,8 cmolc dm<sup>-3</sup> de Al; 0,4 cmolc dm<sup>-3</sup> de SB; V de 1,4%; pH 5,4 em água; 1,5% de matéria orgânica; textura de 720 g kg<sup>-1</sup> de areia, 35 g kg<sup>-1</sup> de silte e 180 g kg<sup>-1</sup> de argila.

Com base na interpretação da análise química, o solo foi corrigido segundo a recomendação de (UCHÔA et al., 2009) utilizando-se 1500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário, 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio.

Cada parcela experimental foi constituída de seis fileiras com 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,5 m. A área útil de cada parcela foi composta pelas duas fileiras centrais, sendo consideradas bordaduras as duas fileiras laterais e também 0,5 nas suas extremidades frontais.

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a cv. BRS Aracê, as sementes foram inoculadas com estirpe de *Bradyrhizobium* BR 3262 recomendada para o estado de Roraima por Zilli et al. (2006). A concentração mínima de rizóbios foi da ordem de  $10^8$  células  $g^{-1}$  de inoculante, foi utilizado 500 g de inoculante para 50 kg de sementes umedecidas com uma solução açucarada (10%  $p\ v^{-1}$ ) segundo Hungria et al. (2001). A semeadura foi feita com plantadeira mecanizada em sistema de plantio direto, com 10 sementes por metro linear de fileira.

Os herbicidas pré-emergentes foram aplicados um dia após o plantio, onde utilizou-se um pulverizador costal, equipado com dois bicos TT 110.02, espaçados de 0,5 m, mantidos a pressão de 2 bar, e volume de calda de  $170\ L\ ha^{-1}$ .

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e 10 tratamentos, sendo eles: metribuzin,  $360\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; sulfentrazone,  $600\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; S-metolachlor,  $1200\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; pendimethalin,  $750\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; oxadiazon,  $1000\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; alachlor,  $2400\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; metribuzin + pendimethalin,  $360\ g\ ha^{-1}\ i.a. + 750\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; T8 – metribuzin + alachlor,  $360\ g\ ha^{-1}\ i.a. + 2400\ g\ ha^{-1}\ i.a.$ ; testemunha com capina e testemunha sem capina.

A avaliação do efeito dos herbicidas na nodulação foi feita aos 30 dias após o plantio do feijão-caupi, e consistiu na coleta de 10 plantas das duas linhas centrais de cada parcela (CAMPO e HUNGRIA, 2007). As plantas foram colhidas com auxílio de uma pá reta, coletando-se cuidadosamente uma porção de solo juntamente com a raiz, após isso foi utilizado jato d'água para retirada do solo e a parte aérea foi separada das raízes com um corte feito na base do caule. Após a lavagem das raízes com auxílio de peneira de 2 mm, os nódulos foram retirados e contados. As variáveis avaliadas no experimento foram: número de nódulos por planta (NN), massa seca de nódulos (MSN) e massa seca da raiz (MSR). Os nódulos e a parte radicular das plantas foram secas em estufa por 72 horas a  $65\ ^\circ C$  até atingir peso constante (COSTA et al., 2006).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,01$ ), foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias. A análise estatística foi realizada utilizando-se o software SAEG 9.0.

## 5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores médias de número de nódulos foram observadas nos tratamentos testemunha com capina, testemunha sem capina, alachlor, pendimethalin e oxadiazon, os quais não diferiram estatisticamente entre si (**Tabela 1**).

**Tabela 1:** Médias do número de nódulos por planta em função dos tratamentos com herbicidas em feijão-caupi

Tratamentos	Variável
	--- Número de nódulos ---
Testemunha c/ capina	366,00 A
Testemunha s/ capina	364,50 A
Alachlor	360,50 A
Pendimethalin	351,50 A
Oxadiazon	336,50 A
Metribuzin +Pendimethalin	266,75 B
Metribuzin+ Alachlor	262,25 B
S-metolachlor	234,50 B
Sulfentrazone	128,75 C
Metribuzin	0,00 D
CV (%)	8,01

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferiram estatisticamente no teste de Tukey (5%).

Os tratamentos com S-metolachlor e a mistura de pendimethalin + metribuzin e alachlor + metribuzin apresentaram valores inferiores de número de nódulos quando comparados com os valores de pendimethalin e alachlor isoladamente. Os menores valores de número de nódulos foram observados com os herbicidas sulfentrazone e metribuzin, sendo que neste último não houve nodulação, devido à morte de todas as plantas que foram submetidas à sua aplicação, o que evidencia sua ação prejudicial para o feijão-caupi.

O mesmo efeito prejudicial de metribuzin foi observado por Fernandes et al. (2012) no feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). No estudo destes autores esse herbicida (na dosagem de 1.440 g.ha<sup>-1</sup>) causou a morte de 100% das plantas, sendo que este produto é recomendado para a cultura da soja e amendoim. Para estes autores o herbicida S-metolachlor pode ser indicado como seletivo para o feijão comum, pois este apresentou baixas porcentagens de fitointoxicação (em média 15% em todo o ciclo) com a dose de 1.920 g.ha<sup>-1</sup>, dose menor que a utilizada neste estudo (1.200 g.ha<sup>-1</sup>).

Para o feijão-caupi herbicida S-metolachlor apresentou médias intermediárias entre os maiores valores e os inferiores de número de nódulos, massa seca de nódulos. Quanto à

massa seca de raízes, o S-metolachlor apresentou um dos menores valores, o que foi reflexo da fitotoxicidade para esta espécie de feijão. O herbicida sulfentrazone também foi avaliado por Fernandes et al. (2012) no feijão comum, sendo observada porcentagem de 50% de fitotoxicidade (na dosagem de 600 g.ha<sup>-1</sup>).

Procópio et al. (2011) avaliou o efeito de metribuzin (inibidor do fotossistema II), S-metolachlor (inibidor da divisão celular) e Sulfentrazone (inibidor da protoporfirinogênio oxidase) na capacidade de suporte de crescimento e na atividade da nitrogenase de *Azospirillum brasilense* e observou que estes não afetaram de forma significativa esta variável. Contudo, o trabalho desses autores foi realizado em colônias de bactérias in vitro, o que indica que a nodulação do feijão-caupi nesse trabalho em campo foi prejudicada de forma indireta, devido ao estresse ou morte da planta.

Para Cavalcanti et al. (2002) testes in vitro mantêm o microrganismo exposto ao máximo ao produto fitossanitário, o que não ocorre em campo, já que há fatores externos que agem sobre o produto, principalmente radiação solar, deriva e ventos, amenizando a ação do princípio ativo.

Também é importante ressaltar que as diferentes formulações comerciais podem afetar diretamente a ação dos herbicidas sobre os microorganismos, pois se sabe que alguns adjuvantes reduzem a tensão superficial e facilitam a penetração do produto. Essa hipótese pode ser confirmada pelos trabalhos que avaliaram o crescimento de outras bactérias fixadoras de N sob efeito de diversas formulações comerciais do herbicida glyphosate, vez que os resultados variaram desde a insensibilidade da bactéria à completa falta de crescimento, em função do produto testado (SANTOS et al., 2005a).

Os dados observados neste trabalho corroboram o que Sudhashana et al. (2013) observaram que a aplicação de 750 e 1.500 g.ha<sup>-1</sup> de pendimethalin não afetou o número total de nódulos por planta e o número total de nódulos ativos por planta em *Arachis hypogaea*, sendo este tratamento estatisticamente superior ao tratamento sem herbicida com capina.

Quanto à massa seca de nódulos, pode-se observar na Tabela 2 que o tratamento com Sulfentrazone prejudicou a nodulação, pois foram encontrados valores estatisticamente inferiores a todos os tratamentos. Devido à morte das plantas no tratamento com metribuzin, não houve massa seca de nódulos a serem avaliadas. Por seu turno, os tratamentos testemunha com capina, alachlor e pendimethalin apresentaram as maiores médias para esta variável.

A testemunha sem capina não apresentou o mesmo padrão de resposta ocorrida com o número de nódulos, o que indica que o elevado número de nódulos não correspondeu à elevada massa seca dos nódulos, provavelmente pelo efeito da competição com plantas

daninhas, que prejudicou a eficiência no processo formação do nódulo. Por outro lado, o número de nódulos observados nos herbicidas alachlor e pendimethalin teve correlação positiva com a elevada massa seca de nódulos. Os tratamentos com sulfentrazone e metribuzin + pendimethalin apresentaram valores inferiores para esta variável, não havendo diferença estatística entre ambos.

**Tabela 2:** Médias da massa seca de nódulos (g) em função dos tratamentos com herbicidas no feijão-caupi

Tratamentos	Variável
--- Massa seca de nódulos	
---	
Testemunha c/ capina	2,72 A
Alachlor	2,44 AB
Pendimethalin	2,32 B
Oxadiazon	1,71 C
Metribuzin+ Alachlor	1,63 C
S-metolachlor	1,53 CD
Testemunha s/ capina	1,16 D
Sulfentrazone	0,53 E
Metribuzin +Pendimethalin	0,47 E
Metribuzin	0,00 F
<i>CV(%)</i>	<i>11,03</i>

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferiram estatisticamente no teste de Tukey (5%).

As misturas de herbicidas são comuns em lavouras, contudo, poucos agricultores conhecem os efeitos deletérios desse manejo sobre os microorganismos, especialmente na cultura do feijão-caupi, onde há carência de informações nessa área. Pode-se avaliar que os dois herbicidas misturados com metribuzin (alachlor e pendimethalin) obtiveram médias estatisticamente inferiores aos valores obtidos com eles sem a mistura.

A morte de todas as plantas no tratamento com metribuzin refletiu na massa seca de raízes (**Tabela 3**). O efeito da mistura desde herbicida com os herbicidas pendimethalin e alachlor também foi prejudicial para esta variável. O herbicida S-metolachlor apresentou um dos menores valores para massa seca de raízes, indicando que não houve estreita relação entre a nodulação e a massa de raízes, já que este herbicida apresentou valores intermediários de número de nódulos e massa seca de nódulos.

**Tabela 3:** Médias da massa seca de raízes (g) em função dos tratamentos com herbicidas no feijão-caupi

Tratamentos	Variável
--- Massa seca de raízes ---	
	-
Testemunha c/ capina	9,36 A
Pendimethalin	8,68 AB
Oxadiazon	7,91 BC
Alachlor	7,85 BCD
Sulfentrazone	6,76 CDE
Testemunha s/ capina	6,60 DE
Metribuzin +Pendimethalin	6,35 E
Metribuzin+ Alachlor	5,89 E
S-metolachlor	5,79 E
Metribuzin	0,00 F
CV(%)	7,98

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferiram estatisticamente no teste de Tukey (5%).

Os herbicidas pendimethalin, oxadiazon e alachlor se destacaram neste trabalho pelo bom desempenho nas médias, sendo que não houve diferença significativa entre eles. Por outro lado, na pesquisa de Lamengo et al. (2011) sobre a seletividade de alachlor e S-metolachlor em *Phaseolus vulgaris*, a injúria sobre a cultura, quando avaliada aos 20 DAE, foi elevada quando se aplicou o herbicida alachlor, com níveis de intoxicação acima de 58%, apresentando redução de crescimento das plantas de feijão, apesar da boa porcentagem de controle de plantas daninhas (acima de 90%). Já nos tratamentos que envolveram aplicação do herbicida S-metolachlor, observou-se apenas leve injúria, inferior a 5%, na maior dose do herbicida (1.920 g ha<sup>-1</sup>).

Diversos fatores ambientais e da espécie de feijão podem influenciar na dinâmica de ação dos herbicidas, fato que justifica a pesquisa in loco para cada realidade no Brasil. Nesse contexto estão inseridas as cloroacetamidas, que são herbicidas residuais utilizados para controle de plantas daninhas em pré-emergência nas culturas de soja, milho, café, feijão comum e cana-de-açúcar. O mecanismo primário de ação desses herbicidas está na inibição da síntese de ácidos graxos de cadeias longas (SILVA et al., 2007). Nesse grupo químico destacam-se os herbicidas acetochlor, alachlor e S-metolachlor; suas atividades são influenciadas pelos teores de argila e matéria orgânica, pela umidade do solo e pela cobertura do solo com palha (LAMENGO et al., 2011), o que provavelmente justifica a resposta diferenciada dos herbicidas no feijão-caupi neste estudo.

## 5.6 CONCLUSÕES

- O herbicida pendimethalin não prejudicou a nodulação nem o crescimento radicular da cultura avaliada.

- O herbicida alachlor não afetou a nodulação da cultura, mas prejudicou o desenvolvimento de raízes.

- As misturas de pendimethalin + metribuzin e alachlor + metribuzin foram prejudiciais à nodulação na cultura do feijão-caupi.



## 6 ARTIGO C - EFEITO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES SOBRE A NODULAÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI EM RORAIMA

### 6.1 RESUMO

Os herbicidas podem apresentar efeitos adversos para a atividade microbiana e para os componentes produtivos de diversas leguminosas. A cultura do feijão-caupi possui o entrave de não possuir registro de herbicidas para o controle de plantas daninhas. Nesse contexto objetivou-se avaliar o efeito de herbicidas pós-emergentes sobre a nodulação de feijão-caupi em Roraima. Para tanto, foi implantado um experimento de campo na Universidade Federal de Roraima, onde se utilizou a cultivar Aracê, inoculada com *Bradyrhizobium* BR 3262, a qual foi submetida aos herbicidas: Imazamox, Bentazon, Quizalofop-p-ethyl, Fomesafen, Imazethapyr, Quizalofop-p-ethyl + Imazamox, Quizalofop-p-ethyl + Bentazon, Quizalofop-p-ethyl + Imazethapyr, uma testemunha com capina e outra sem capina. As variáveis foram: número de nódulos por planta, massa seca de nódulos e massa seca de raízes. O herbicida bentazon foi o que prejudicou menos as variáveis ligadas à nodulação. Não houve relação positiva entre o bom desenvolvimento radicular e o baixo número de nódulos e massa seca de nódulos. O herbicida fomesafen apresentou bom número de nódulos por planta, mas não demonstrou o mesmo desempenho quanto à massa seca de raízes, o que evidencia que a quantidade de nódulos não está atrelada à eficiência destes para esta cultura em Roraima.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, plantas daninhas, controle químico.

## 6 ARTICLE C - POST- EMERGENT HERBICIDES EFFECT ON COWPEA NODULATION IN RORAIMA, BRAZIL

### 6.2 ABSTRACT

The herbicides can promote random effects on microbial activity and yield compounds of crops. Cowpea doesn't have an herbicide registry in Brazil, and this is the main problem to promote an efficient weed control. The present work had the objective to evaluate the effects of post-emergent herbicides on cowpea nodulation in Roraima, Brazil. For this, it was designed a field test in Roraima Federal University, where was used the Aracê cultivar, inoculated with *Bradyrhizobium* BR 3262 race, and the following herbicides: Imazamox, Bentazon, Quizalofop-p-ethyl, Fomesafen, Imazethapyr, Quizalofop-p-ethyl + Imazamox, Quizalofop-p-ethyl + Bentazon, Quizalofop-p-ethyl + Imazethapyr, one control treatment with weeding and other without weeding. The variables were: number of nodules per plant, nodules dry mass and root dry mass. Bentazon was the herbicide that least damage nodulation variables. There wasn't positive relationship between the good root development and the low number of nodules and nodules dry mass. The Fomesafen herbicide showed a good number of nodules per plant, but doesn't had the same answer for root dry mass, and this evidence that the quantity of nodules (number of nodules per plant) isn't linked to nodule efficiency (nodules dry mass) for this crop in Roraima, Brazil.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, weed, chemical control.

### 6.3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é amplamente cultivado no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, sendo registrada a expansão dos plantios para a região Centro-oeste. O sistema de cultivo na região Norte emprega baixo nível tecnológico, com colheita manual, uso de sementes de má qualidade e precário controle de pragas e plantas daninhas, fatores que contribuem para a baixa produtividade nessa região (FILGUEIRAS et al., 2009).

A falta ou deficiência no controle de plantas daninhas reduz o estande, o número de vagens por planta, o peso de mil grãos e o rendimento de grãos do feijão-caupi (FREITAS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010). As plantas daninhas constituem um dos fatores que mais influenciam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade dessa cultura (OLIVEIRA et al., 2010), pois competem por fatores essenciais (água, luz e nutrientes), dificultam a operação de colheita, servem como hospedeiras de pragas e doenças e também depreciam a qualidade do produto final (PROCÓPIO et al., 2011).

Esses prejuízos tem justificado a aplicação de herbicidas em plantio de feijão-caupi, mesmo sem recomendação dos fabricantes, e apesar de os danos serem amplamente conhecidos, não existem artigos publicados sobre a aplicação de herbicidas nessa cultura no estado de Roraima. Também não foram registrados os efeitos desses produtos sobre a nodulação do feijão-caupi nas condições agroclimáticas deste Estado, sendo a realidade mais próxima a avaliada por Monteiro et al. (2012) no estado do Tocantins e Zilli et al. (2007) com o efeito de herbicidas em bactérias nitrificantes cultivadas in vitro em Roraima.

Os principais trabalhos sobre feijão-caupi em Roraima versam sobre as pragas (BANDEIRA et al., 2015), fixação biológica de nitrogênio (ZILLI et al., 2009a; ZILLI et al., 2009b), ocorrência de doenças (NECHET; HALFELD-VIEIRA, 2007), avaliação de produtividade em consórcio com mandioca (ALVES et al., 2010), adubação (SILVA et al., 2010) e manejo da irrigação (OLIVEIRA et al., 2011). Neste sentido, o presente trabalho faz uma contribuição científica importante para a regularização e recomendação de herbicidas pós-emergentes para o feijão-caupi.

Estes herbicidas se caracterizam pela possibilidade de controle de plantas daninhas em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura principal (CAVALIERI et al., 2008). São identificados na literatura diversos mecanismos prejudiciais de herbicidas sobre a microfauna do solo, sendo um deles a inibição de processos bioquímicos como a síntese de aminoácidos. Herbicidas a base de glyphosate e o grupo das imidazolinonas são relatados no trabalho de

Wachowska e Banaszkiwicz (1999) por inibirem duas importantes vias de síntese de aminoácidos, a via do chiquimato e a via dos aminoácidos ramificados, respectivamente. Embora, os efeitos sejam considerados brandos para animais, podem ser severos aos microrganismos, pois estes possuem as duas vias de síntese de aminoácidos mencionadas.

A ação de herbicidas sobre os microrganismos pode ocorrer pela absorção indireta de endossimbiontes em plantas tratadas com essas substâncias, enquanto a absorção via solução do solo é menos expressiva, pois a inativação de algumas moléculas nesse ambiente é rápida (REIS et al., 2010). Procópio *et al.* (2015) relatam que os herbicidas podem afetar a formação e crescimento dos pelos radiculares, que por sua vez afeta o processo de infecção pelas bactérias. Além disso, o déficit de fotoassimilados provocado pelo estresse dos herbicidas às plantas pode reduzir a atividade da nitrogenase.

Os efeitos deletérios de herbicidas foram descritos por Procópio et al. (2015), que observaram o herbicida fomesafen aplicados em meio de cultura para crescimento de *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 5019) e que reduziram em mais de 40% o crescimento dessa estirpe na soja. Santos et al. (2006) constataram que a mistura entre os herbicidas fluazifop-p-butyl e fomesafen causou maior inibição de crescimento das colônias de bactérias de uma das estirpes de *Rhizobium tropici*, em relação ao uso isolado de cada um dos herbicidas na soja. Observaram ainda inibição do crescimento das colônias de bactérias ao longo do período de avaliação com o aumento da concentração do fomesafen, isolado ou em mistura.

Entretanto os resultados não estão consolidados, pois Dvoranen et al. (2008) observaram que uma dose sequencial de fomezafen (duas aplicações de 0,125 kg ha<sup>-1</sup> cada, aos 12 e 24 dias após a emergência) não provocou redução significativa na massa seca total de nódulos, número total de nódulos e massa seca total de raízes da soja.

Ainda neste contexto, Monteiro et al. (2012) avaliaram o efeito de bentazon (1,2 L ha<sup>-1</sup>) e fomezafen (1,0 L ha<sup>-1</sup>) sobre a massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, número de nódulos e massa seca dos nódulos. Eles observaram que o herbicida bentazon apresentou baixa fitotoxicidade ao feijão-caupi e pouco influenciou na nodulação e biomassa da cultura. Já o herbicida fomezafen, apresentou perda significativa da massa seca de nódulos a partir dos 30 dias após a emergência, mesmo com valores de massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e número de nódulos não sendo afetados pelo herbicida.

Portanto, o conhecimento sobre a tolerância das variedades e bactérias de feijão-caupi aos herbicidas deve ser estudado para consubstanciar o emprego de técnicas eficientes no controle das plantas daninhas nesta cultura. (HARRISON JUNIOR e FERY 1993; FONTES

et al., 2010). Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de herbicidas pós-emergentes na nodulação de feijão-caupi no estado de Roraima.

#### 6.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro à dezembro de 2014 no Centro Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, Campus Cauamé, município de Boa Vista no estado de Roraima, latitude 2° 52'15,49" N, longitude 60° 42'39,89" W e 85 m de altitude, com precipitação média anual de 1.678 mm (ARAÚJO et al., 2001).

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Tb Distrocoeso (BENEDETTI et al., 2011), para a análise química foram coletadas amostras na área total do experimento (600 m<sup>2</sup>) de 0-20 cm, constituindo uma amostra composta por dez amostras simples, que apresentou as seguintes características segundo a análise realizada no Laboratório de Fertilidade de Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA): 0,5 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,3 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,02 cmolc dm<sup>-3</sup> de K; 30 mg dm<sup>-3</sup> de P; 0,8 cmolc dm<sup>-3</sup> de Al; 0,4 cmolc dm<sup>-3</sup> de SB; V de 1,4%; pH 5,4 em água; 1,5% de matéria orgânica; textura de 720 g kg<sup>-1</sup> de areia, 35 g kg<sup>-1</sup> de silte e 180 g kg<sup>-1</sup> de argila.

Com base na interpretação da análise química, o solo foi corrigido segundo a recomendação de (UCHÔA et al., 2009) utilizando-se 1500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário, 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio.

Cada parcela experimental foi constituída de seis fileiras com 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,5 m. A área útil de cada parcela foi composta pelas duas fileiras centrais, sendo consideradas bordaduras as duas fileiras laterais e também 0,5 nas suas extremidades frontais.

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a cv. BRS Aracê, as sementes foram inoculadas com estirpe de *Bradyrhizobium* BR 3262 recomendada para o estado de Roraima por Zilli et al. (2006). A concentração mínima de rizóbios foi da ordem de 10<sup>8</sup> células g<sup>-1</sup> de inoculante, foi utilizado 500 g de inoculante para 50 kg de sementes umedecidas com uma solução açucarada (10% p v<sup>-1</sup>) segundo Hungria et al. (2001). A semeadura foi feita com plantadeira mecanizada em sistema de plantio direto, com 10 sementes por metro linear de fileira.

Os herbicidas pós-emergentes foram aplicados 14 dia após o plantio, quando as plantas de feijão-caupi apresentavam o terceiro trifólio formado e as plantas daninhas dicotiledôneas

estavam com três a cinco pares de folhas. Para a aplicação utilizou-se um pulverizador costal, equipado com dois bicos TT 110.02, espaçados de 0,5 m, mantidos a pressão de 2 bar, e volume de calda de 130 L ha<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e 10 tratamentos (**Tabela 01**) aplicados aos 14 Dias Após o Plantio (DAP), sendo eles:

**Tabela 01:** Relação de herbicidas aplicados em pós-emergência e dose utilizada no feijão-caupi

<b>Herbicidas</b>	<b>Dose (g ha<sup>-1</sup> i.a.)</b>
Quizalofop-p-ethyl	100
Bentazon	720
Fomesafen	225
Imazethapyr	100
Imazamox	50
Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	100+100
Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	100+168
Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	100+720
Com capina	-
Sem capina	-

A avaliação do efeito dos herbicidas na nodulação foi feita aos 30 dias após o plantio do feijão-caupi, e consistiu na coleta de 10 plantas das duas linhas centrais de cada parcela (CAMPO e HUNGRIA, 2007). As plantas foram colhidas com auxílio de uma pá reta, coletando-se cuidadosamente uma porção de solo juntamente com a raiz, após isso foi utilizado jato d'água para retirada do solo e a parte aérea foi separada das raízes com um corte feito na base do caule. Após a lavagem das raízes com auxílio de peneira de 2 mm, os nódulos foram retirados e contados. As variáveis avaliadas no experimento foram: número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e massa seca da raiz (MSR). Os nódulos e a parte radicular das plantas foram secas em estufa por 72 horas a 65 °C até atingir peso constante (COSTA et al., 2006).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,01$ ), foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias. A análise estatística foi realizada utilizando-se o software SAEG 9.0.

## 6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As menores médias de número de nódulos por planta foram observadas nos tratamentos quizalofop-p-ethyl + bentazon, quizalofop-p-ethyl + imazethapyr e imazethapyr, sendo que esses herbicidas isolados não provocaram efeito negativo sobre essa variável (**Tabela 02**). As misturas de herbicidas são estratégias eficientes no controle de plantas daninhas (BARROSO et al., 2014) e tais misturas são comuns em lavouras, contudo, poucos agricultores conhecem os efeitos deletérios desse manejo sobre os microorganismos, especialmente na cultura do feijão-caupi, onde há carência de informações nessa área.

**Tabela 02:** Médias do número de nódulos por planta em função dos tratamentos com herbicidas em feijão-caupi

Tratamentos	Número de nódulos
Com capina	375,50 A
Sem capina	366,50 AB
Imazamox	364,75 AB
Bentazon	347,00 AB
Quizalofop-p-ethyl	339,25 AB
Fomesafen	323,00 AB
Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	315,25 B
Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	199,25 C
Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	192,75 C
Imazethapyr	159,25 C
<i>CV(%)</i>	<i>7,91</i>

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferiram estatisticamente no teste de Tukey (5%).

Os resultados obtidos para bentazon ( $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ ) no número de nódulos por planta são corroborados por Monteiro et al. (2012), o qual que este herbicida não prejudicou essa variável no feijão-caupi cultivado no estado do Tocantins. Entretanto, esses autores observaram prejuízos causados nessa variável pelo herbicida fomezafen, o que não foi observado no presente trabalho. Contribuindo com esses resultados, Santos et al. (2006) também não observaram efeitos prejudiciais sobre crescimento *in vitro* de estirpes de *Rhizobium tropici* após a aplicação dos herbicidas bentazon ( $14,19 \text{ mg L}^{-1}$ ), imazamox ( $0,69 \text{ mg L}^{-1}$ ) e fomezafen ( $4,92 \text{ mg L}^{-1}$ ).

A massa seca de nódulos (**Tabela 03**) apresentou relação negativa com os resultados obtidos para o número de nódulos por planta, o que indica a independência dessas duas variáveis. Todos os tratamentos apresentaram efeitos prejudiciais a essa variável, e mesmo no

tratamento sem aplicação, na testemunha sem capina, essa variável foi prejudicada pela competição com plantas daninhas. O pior resultado foi observado no tratamento com fomesafen, o que indica a baixa eficiência dos nódulos das raízes, mesmo que o número total de nódulos não tenha sido afetado.

Tais resultados podem variar muito em função de espécie cultivada, Dvoranen et al. (2008), não observaram diminuição no número de nódulos e na massa seca de nódulos com a aplicação de fomesafen na soja transgênica (Soja Roundup Ready) no Paraná. Entretanto, os efeitos prejudiciais de fomesafen sobre bactérias nitrificantes (*Bradyrhizobium elkanii*) cultivadas *in vitro* por Procópio et al. (2015), foram da ordem de 40% no crescimento dessa estirpe.

**Tabela 03:** Médias da Massa Seca de Nódulos (MSN) em função dos tratamentos com herbicidas em feijão-caupi

Tratamentos	MSN
Com capina	2,60 A
Sem capina	2,05 B
Bentazon	1,97 B
Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	1,93 B
Imazethapyr	1,91 BC
Imazamox	1,74 BCD
Quizalofop-p-ethyl+ mazethapyr	1,71 BCD
Quizalofop-p-ethyl	1,60 BCD
Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	1,46 CD
Fomesafen	1,32 D
CV(%)	10,39

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferiram estatisticamente no teste de Tukey (5%).

Küçük e Cevheri (2012) observaram o efeito de quizalofop-p-ethyl no crescimento *in vitro* de diversos isolados de bactérias nitrificantes, sendo observada redução drástica nesta variável com a dosagem de 50 ml L<sup>-1</sup>, quando comparado com uma testemunha sem herbicidas. O aumento da dosagem para 100 e 150 ml L<sup>-1</sup> causou a morte de quase todas as colônias de bactérias nitrificantes estudadas por este autor. No entanto, esses autores consideram que estudos de campo são fundamentais para a consolidação do conhecimento acerca da influência de herbicidas nas bactérias nitrificantes. Isso porque, segundo eles, a dinâmica desses produtos no solo pode variar em função da umidade, temperatura, pH, matéria orgânica do solo, tipo de argila e estrutura da molécula de herbicida.

A massa seca de raízes (**Tabela 04**) não foi afetada pelos herbicidas Imazethapyr, Imazamox e pela mistura quizalofop-p-ethyl + bentazon. Essa resposta indica que a planta



pode ter meios para metabolizar uma determinada molécula de herbicida, mas isso não isenta as bactérias de serem afetadas por tais moléculas (REIS et al., 2010). O que exemplifica essa resposta é a maior massa seca de raízes apresentada pelos três herbicidas supracitados, os mesmos não apresentaram bom desempenho quanto ao número de nódulos e a massa seca de nódulos.

**Tabela 04:** Médias da Massa Seca de Raízes (MSR) em função dos tratamentos com herbicidas em feijão-caupi

<b>Tratamentos</b>	<b>MSR</b>
Imazethapyr	11,78 A
Imazamox	11,76 A
Quizalofop-p-ethyl + Bentazon	11,29 A
Com capina	8,33 B
Quizalofop-p-ethyl	7,18 BC
Quizalofop-p-ethyl+ Imazethapyr	7,15 BC
Quizalofop-p-ethyl+ Imazamox	6,63 C
Sem capina	6,54 C
Fomesafen	6,39 C
Bentazon	5,96 C
<i>CV(%)</i>	<i>7,11</i>

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferiram estatisticamente no teste de Tukey (5%).

Essa dinâmica observada no presente trabalho pode ser confirmada pelos estudos de Ram et al. (2011), onde concluíram que os herbicidas imazethapyr ( $50 \text{ g ha}^{-1}$ ) e quizalofop-p-ethyl ( $60 \text{ g ha}^{-1}$ ) não afetaram a altura das plantas, número de ramos, número de vagens e o número de sementes por vagens de ervilha (*Pisum sativum* L.). Contudo, houve comprometimento da produtividade de grãos por hectare com a aplicação desses dois herbicidas, pois a afetação da atividade das bactérias nitrificantes comprometeu o enchimento dos grãos.

Ainda neste contexto, Kundu et al. (2011) avaliaram o efeito de quizalofop-p-ethyl sobre o número de nódulos e a massa seca de nódulos de *Vigna radiata* (L.), e observaram que houve redução significativa dessas variáveis com o uso deste herbicida quando comparado com a testemunha capinada. Por outro lado, esses autores também verificaram que não houve diferença entre a testemunha capinada e o herbicida quizalofop-p-ethyl nos componentes produtivos dessa espécie, sendo eles o estande de plantas ( $\text{m}^2$ ), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa de mil sementes.

## 6.6 CONCLUSÕES

- O herbicida bentazon foi o que menos prejudicou as variáveis ligadas à nodulação.
- Não houve relação positiva entre o bom desenvolvimento radicular e o baixo número de nódulos e massa seca de nódulos proporcionado pelo herbicida imazethapyr e pelas misturas quizalofop-p-ethyl + imazethapyr e quizalofop-p-ethyl + imazamox.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os herbicidas oxadiazon, em pré-emergência, e quizalofop-p-ethyl + imazamox, em pós-emergência, foram considerados seletivos para o feijão-caupi em Roraima.
- A cultura do feijão-caupi não apresentou seletividade ao herbicida Metribuzin.
- Em pré-emergência o herbicida pendimethalin não prejudicou a nodulação do feijão-caupi.
- Em pós-emergência o herbicida bentazon foi o que menos prejudicou a nodulação do feijão-caupi.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELHAMID, M. T.; EL-METWALLY, I. M. Growth, nodulation, and yield of soybean and associated weeds as affected by weed management. **Planta Daninha**, v. 26(4), p. 855-863, 2008.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 532-538, 2012.

ALBUQUERQUE, J. A. A. Plantas daninhas na cultura da mandioca no estado de Roraima. In: SOUZA, E. D. de. (Org.). **O cultivo da mandioca em Roraima**. Sistemas de Produção 05. Boa Vista, Embrapa Roraima, 90 p., 2014.. 1ed. Brasília-DF: EMBRAPA - BRASIL, 2014, v. 1, p. 35-43.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; EVANGELISTA, M. O.; KUYAT, A. P. M.; ALVES, J. M. A.; OLIVEIRA, N. T.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. Occurrence of weeds in cassava savanna plantations in Roraima. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 91-98, 2014.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; MELO, V. F.; SOARES, M. B.; FINOTO, L. F.; SIQUEIRA, R. H. S.; MARTINS S. A. Fitossociologia e características morfológicas de plantas daninhas após cultivo de milho em plantio convencional no cerrado de Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 313-321, 2013.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da; ALVES, J. M. A.; FINOTO, E. L.; NETO, F. de A. Desenvolvimento da cultura de mandioca sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 37-45, 2012.

ALVES, J. M. A., DE ARAÚJO, N. P., UCHÔA, S. C. P., DE ALBUQUERQUE, J. D. A. A., DA SILVA, A. J., RODRIGUES, G. S.; DA SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 3, p. 15-30, 2010.

ARAÚJO, A. S. F.; FIGUEIREDO, M. V. B.; MONTEIRO, R. T. R. Potential of biological nitrogen fixation as indicator of soil pollution. In: **Nitrogen Fixation Research Progress**. Editor: Guilherme N. Couto, pp. 1-13, 2008.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MEDEIROS, R. D. de; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.

BARROSO, A. A. M., ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C. Accase and glyphosate diferent formulations herbicides association interactions on sourgrass control. **Planta Daninha**, v. 32, p. 619-627, 2014.

BECANA, M.; MATAMOROS, M. A.; UDVARDI, M.; DALTON, D. A. Recent insights into antioxidant defenses of legume root nodules. **New Phytologist**, v. 188, p. 960-976, 2010.

BENEDETTI, U. G.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R, MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos

plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte da amazônica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 299-312, 2011.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. 2007. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. **In: XIII Reunião da Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologias de Inoculantes de Interesse Agrícola (RELARE). Embrapa Soja, 2006.** Anais. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 89-123 (Embrapa Soja. Documentos, 290).

CAVALCANTI, R. S.; MOINO JUNIOR, A.; SOUZA, G. C.; ARNOSTI, A. **Efeito dos produtos fitossanitários fenpropatrina, imidacloprid, iprodione e tiametoxam sobre o desenvolvimento do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.** Arq. Inst. Biol., v. 69, n. 1, p. 17-22, 2002.

CAVALIERI, S.D.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008.

COSTA, J. V. T. et al. Desenvolvimento de nódulos e plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) por métodos destrutivos e não destrutivos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 11-19, 2006.

DA SILVA BANDEIRA, H. F., STRUCKER, A., TRASSATO, L. B., DIONISIO, L. F. S., & LIMA, A. C. S. Preferência do pulgão-preto e da cigarrinha-verde em diferentes genótipos de feijão-caupi em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, p. 79-85, 2015.

DAS, A. C.; DEBNATH, A. Effect of systemic herbicides on N<sub>2</sub>-fixing and phosphate solubilizing microorganisms in relation to availability of nitrogen and phosphorus in paddy soils of West Bengal. **Chemosphere**, v. 65, n. 6, p. 1082-1086, 2006.

DOS SANTOS, J. B., FERREIRA, E. A., KASUYA, M. C. M., DA SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O. Tolerance of *Bradyrhizobium* strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, 24(6), 543-547, 2005 a.

DVORANEN, E. C., OLIVEIRA JR, R. S., CONSTANTIN, J., CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta daninha**, 26(3), 619-625, 2008.

FERNANDES, C., BRAZ, A.; PROCOPIO, S. D. O.; DAN, H. D. A.; BRAZ, G.; BARROSO, A. D. L.; BRAZ, L. Seletividade de Herbicidas Registrados para Uso em Pré e Pós-Emergência na Cultura da Cana-de-Açúcar ao Feijoeiro-Comum. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas** V. 6, N. 2, p. 8, 2012.

FILGUEIRAS, G. C.; SANTOS, M. A. S.; HOMMA, A. K. O.; REBELLO, F. K.; CRAVO, M. S. Aspectos socioeconômicos. In: Zilli JE, Vilarinho AA, Alves JMA (Ed.) **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, p. 23-58, 2009.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R. de. Tolerância do feijão-caupi ao herbicida oxadiazon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 110-115, jan./mar. 2010.

FREITAS, F.C.L.; MEDEIROS, V.F.L.P.; GRANGEIRO, L.C.; SILVA, M.G.O.; NASCIMENTO, P.G.M.L.; NUNES, G.H. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.241- 247, 2009.

HARRISON JUNIOR, H. F.; FERY, R. L. Differential bentazon response in cowpea (*Vigna unguiculata*). **Weed Technology**, v. 7, n. 3, p. 756-758, 1993.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p.

KARUPPANAPANDIAN T.; WANG H. W.; PRABAKARAN, N.; JEYALAKSHMI, K.; KWON, M.; MANOHARAN, K.; KIM, W. 2,4- dichlorophenoxyacetic acid-induced leaf senescence in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) and senescence inhibition by co-treatment with silver nanoparticles. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, p. 168–177, 2011a.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J. C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, p. 709-725, 2011b.

KÜÇÜK, Ç.; CEVHERI, C. Tolerance of rhizobia isolated from trifolium species in southeast region, şanlıurfa, turkey. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, p. 1462-1467, 2012.

KUNDU, R., BERA, P. S., BRAHMACHARI, K., & MALLICK, R. Integrated weed management in summer greengram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under gangetic alluvial soil of West Bengal. **Journal of Botanical Society Bengal**, v. 65, p. 35-43, 2011.

LAMEGO, F. P.; BASSO, C. J.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M.; SANTI, A. L.; RUCHEL, Q.; GALLON, M. Seletividade dos herbicidas S-metolachlor e alachlor para o feijão-carioca. **Planta Daninha**, 29(4), 877-883, 2011.

LOZOVAYA, V.; LYGIN, A.; ZERNOVA, O.; LI, S.; HARTMAN, G.; WIDHOLM, J. Isoflavonoid accumulation in soybean hairy roots upon treatment with *Fusarium solani*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 671–679, 2004.

MARTINEZ, C. O.; SILVA, C. M.; FAY, E. F.; ABAKERLI, R. B.; MAIA, A. H.; DURRANT, L. R. Microbial degradation of sulfentrazone in a Brazilian Rhodic Hapludox Soil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 209-217, 2010.

MONTEIRO, F. P. D. R., JUNIOR, A. F. C., REIS, M. R., DOS SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Efeitos de herbicidas na biomassa e nodulação do feijão-caupi inoculado com rizóbio. **Revista Caatinga**, v.25, p. 44-51. 2012.

NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Reação de cultivares de feijão-caupi à mela (*Rhizoctonia solani*) em Roraima. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 424-428, 2007.

NÓBREGA, J. C., LEITE, L. F.; DA SILVA, J. A. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, p. 364-369, 2010.

OLIVEIRA, G. A., ARAÚJO, W. F., CRUZ, P. L. S., SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, O.M.S.; SILVA, J.F.; GONÇALVES, J.R.P.; KLEHN, C.S. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzeas no Amazonas. **Planta daninha**, v.28, n.3, p.523-530, 2010.

PANDEY, B.; SHARMA, P.; PANDEY, D. M.; VARSHNEY, J.; SHEORAN, S.; SINGH, M.; SINGH, R.; SHARMA, I.; CHATRATH, R. Comprehensive computational analysis of different classes of Glutathione S-transferases in *Triticum aestivum* L., v. 5, p. 518-531, 2012. PEREIRA, J. L. Effects of glyphosate and endosulfan on soil microorganisms in soybean crop. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 825-830, 2008.

PIRES, F. R., SOUZA, C. M. D., CECON, P. R., SANTOS, J. B. D., TÓTOLA, M. R., PROCÓPIO, S. D. O.; SILVA, C. S. W.. Rhizospheric activity of potentially phytoremediative species for tebutiuron-contaminated soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 627-634, 2005.

PROCOPIO, S. D. O.; DOS SANTOS, J. B.; JACQUES, R. J.; KASUYA, M. C. M.; DA SILVA, A. A.; WERLANG, R. C. Crescimento de estirpes de *Bradyrhizobium* sob influência dos herbicidas glyphosate potássico, fomesafen, imazethapyr e carfentrazone-ethyl. **Revista Ceres**, v. 51, p. 294, 2015.

PROCOPIO, S. D. O.; FERNANDES, M. F.; TELES, D. A.; SENA FILHO, J. G. Toxicidade de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar à bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*. **Planta Daninha**, 29, 1079-1089, 2011.

RAM, B.; PUNIA, S. S.; MEENA, D. S.; TETARWAL, J. P. Bio-efficacy of post emergence herbicides to manage weeds in field pea. *Journal of Food Legumes*, v. 24, p. 254-257, 2011.

REIS, M. R.; SILVA, A. A.; COSTA, M. D.; GUIMARÃES, A. A.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B.; CECON, P. R. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 26, 323-331, 2008.

REIS, M.; SILVA, A.; PEREIRA, J.; FREITAS, M.; COSTA, M.; SILVA, M.; FERREIRA, G. Impactos do glyphosate associado com endossulfan e tebuconazole sobre microrganismos endossimbiontes da soja. **Planta daninha**, v. 28(1), p. 113-121, 2010.

SANTOS, J. B. Ação de herbicidas sobre o crescimento de estirpes de *Rhizobium tropici*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 457-465, 2006.

SANTOS, J. B., JAKELAITIS, A., SILVA, A. A., VIVIAN, R., COSTA, M. D.; SILVA, A. F. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 683-691, 2005.

SANTOS, J. B., SILVA, A. A., COSTA, M. D., JAKELAITIS, A., VIVIAN, R., & SANTOS, E. A. Ação de herbicidas sobre o crescimento de estirpes de *Rhizobium tropici*. **Planta Daninha**, 24(3), 457-465, 2006.

SHAW, L. J.; MORRIS, P.; HOOKER, J. E. Perception and modification of plant flavonoid signals by rhizosphere microorganisms. **Environmental Microbiology**, v. 8, p. 1867-1880, 2006.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. **Herbicidas: classificação e mecanismo de ação**. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 83-148.

SILVA, A. D., UCHÔA, S. C. P., ALVES, J. M. A., LIMA, A. C. S., SANTOS, C. D., OLIVEIRA, J. D., & MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, p. 31-36, 2010.

SINGH, G.; WRIGHT, D. In vitro studies on the effects of herbicides on the growth of rhizobia. **Letters in applied microbiology**, v. 35, p. 12-16, 2002.

SUDHARSHANA, C.; PRAKASH, T. R.; JAYASREE, G.; REDDY, A. Effect of Pendimethalin and Imazethapyr on Nodulation, Nitrogen Fixation and Nitrogenase Activity and Yield in Groundnut (*Arachis Hypogaea* L.). **International journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 4(2), p. 309-313, 2013.

TIRONI, S.; REIS, M.; SILVA, A.; FERREIRA, E.; BARBOSA, M.; COSTA, M.; GALON, L. Impacto de herbicidas na biomassa microbiana e nos microrganismos solubilizadores de ortofosfato do solo rizosférico de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1053-1062, 2009.

TREZZI, M. M. Paradoxo da dose de herbicidas: comprovação da teoria na cultura do feijão. **In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, Ribeirão Preto, SBCPD, p. 1635-1639, 2010.

UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; CRAVO, M. da S.; SILVA, A. J. da; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B.; FERREIRA, M. M. M. Fertilidade do solo. **In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009. p. 131-183.**

WACHOWSKA, U.; BANASZKIEWICZ, T. Effect of herbicide roundup on microorganisms in the rhizosphere of grasses. **Natural Science**, v. 2, p. 191-200, 1999.

ZILLI, J. E., MARSON, L. C., MARSON, B. F., RUMJANEK, N. G., & XAVIER, G. R.. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazônica**, v. 39(04), p. 749-758, 2009.

ZILLI, J. E.; SMIDERLE, O. J.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. População microbiana em solo cultivado com soja e tratado com diferentes herbicidas em área de cerrado no estado de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 37(2), p. 201-212, 2007.



ZILLI, J. É.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; FREIRE FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.811-818, 2006.

ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2009. 356p.