



Tópicos em
**Ciências
Agrárias**
do IFRR



Organizadores:

Valéria Polese

Tassiane dos Santos Ferrão

Rafael Pereira Barros



EDITORA
KIRON



Tópicos em
**Ciências
Agrárias**
do IFRR



Organizadores:

Valéria Polese

Tassiane dos Santos Ferrão

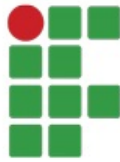
Rafael Pereira Barros



INSTITUTO
FEDERAL
Roraima



EDITORA
KIRON



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Roraima

Reitora do IFRR

Sandra Mara de Paula Dias Botelho

Pró-reitora de Ensino

Sandra Grützmacher

Pró-reitor de Extensão

Nadson Castro dos Reis

Pró-reitora de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação Tecnológica

Fabiana Leticia Sbaraini

Pró-reitora de Administração

Regina Ferreira Lopes

Pró-reitor de Desenvolvimento Institucional

Diogo Saul Silva Santos

Diretora-Geral do *Campus* Boa Vista

Joseane de Souza Cortez

Diretor-Geral do *Campus* Novo Paraíso

Eliezer Nunes Silva

Diretor-Geral do *Campus* Amajari

George Sterfson Barros

Diretora-Geral do *Campus* Boa Vista Zona Oeste

Maria Aparecida Alves de Medeiros

Diretora-Geral do *Campus* Avançado do Bonfim

Leila Márcia Ghedin

Coordenação de Editoração e Divulgação Científica

Leila de Sena Cavalcante

Ficha Catalográfica

Revisores

Everton Hilo de Souza
Professor da UFRB e da FAMAN

Carlos Alberto Alves de Oliveira Filho
Pós-doutorando da UFSJ

Cleiton de Paula Soares
Pós-doutorando da UENF

Edvar de Sousa da Silva
Professor do IFAC

Fernanda Teixeira Macagnan
Professora do IFSC

Gisele Maria Fagundes
Professora da UFRR

Leandro Martins Ferreira
Professor da MAGSUL

Lilian Rosana Silva Rabelo
Professora do IF Goiano

Manuel Rangel Borges Neto
Professor do IF Sertão Pernambucano

Miquéias Permanhani
DSc. em Fitotecnia - UFRRJ

Rayane Barcelos Bisi
DSc. em Fitotecnia UFLA

Renato Valadares de Sousa Moreira
Professor do IFAM

Viviane Antunes Pimente
Professora do UFRR

Organizadores

Valéria Polese
Tassiane dos Santos Ferrão
Rafael Pereira Barros

Criação e Editoração Eletrônica da Capa
Editora Kiron

Produção Digital

Paulo de Tarso Soares Silva

Editora Kiron | editorakiron.com.br

P7581

Polese, Valéria; Ferrão, Tassiane dos Santos; Barros, Rafael Pereira

Tópicos em ciências agrárias do IFRR; Valéria Polese; Tassiane dos Santos Ferrão;
Rafael Pereira Barros. Brasília: Editora Kiron, 2019.

epub; 3,6MB

ISBN 978-85-8113-831-2

1. Ciências da terra. 2. Ciências agrárias. I. Título.

CDU 55

PREFÁCIO

O *E-Book* “Tópicos em Ciências Agrárias do IFRR” apresenta doze capítulos nas áreas da Agronomia, Zootecnia e Agroindústria. Os trabalhos de pesquisa foram realizados em Roraima ou em outros estados brasileiros e possuem grande relevância para o crescimento e desenvolvimento do Setor Agropecuário.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR) possui três pilares, Ensino, Pesquisa e Extensão, cujas ações e projetos propiciam alto impacto social, econômico e científico, proporcionando melhoria na vida de estudantes e na sociedade local. No interior do estado, o IFRR contribui principalmente para o desenvolvimento da Agropecuária regional, através da formação de profissionais qualificados e transferência de conhecimento e tecnologia para os produtores.

Os autores principais deste livro, que fazem parte do corpo docente do IFRR, possuem diferentes áreas de atuação dentro das Ciências Agrárias, com linhas pesquisas sobre Nutrição e Produção Animal, Ciência do Solo, Produção Vegetal, Fixação Biológica de Nitrogênio, Plantas Medicinais, Bioenergia e Agroindústria.

Esta obra é destinada aos alunos do IFRR dos Cursos Técnicos em Agropecuária, Agroindústria e Aquicultura; aos alunos dos Cursos Superiores em Agronomia e Aquicultura do IFRR; além de estudantes e profissionais de áreas afins.

Por fim, fica a certeza que este trabalho incrementará o conhecimento, desenvolverá vocações e despertará o interesse pela pesquisa. Enfatizando que a educação e a pesquisa são as principais maneiras de desenvolver pessoas e regiões.

*Valéria Polese
Tassiane dos Santos Ferrão
Rafael Pereira Barros*

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE RUMINANTES

*Braulio Crisanto Carvalho da Cruz¹,
Denise Araújo da Silva²,
Marconi Bomfim de Santana³*

RESUMO

A demanda por produtos de origem animal, principalmente carne, tem aumentado substancialmente nos últimos anos. Paralelamente a este crescimento, observam-se intensos esforços de diversas ordens na busca por promover melhorias na produtividade dos rebanhos. Para se alcançar uma eficiência produtiva, é necessário conhecer a fisiologia do crescimento e desenvolvimento, bem como os fatores que os envolvem.

PALAVRAS-CHAVE: Fisiologia do Crescimento, Nutrição Animal, Ruminantes.

INTRODUÇÃO

O crescimento corporal desempenha grande importância em diversas áreas da produção animal, devido principalmente aos seus efeitos ao longo da vida produtiva, ao seu significado biológico e à possível existência de relações genéticas e fenotípicas das diversas características do crescimento. Os conhecimentos dos fatores que determinam o crescimento e desenvolvimento dos tecidos e do organismo como um todo são fundamentais para a adequação de programas de melhoramento, de manejo nutricional, ambiência, definição da idade de abate, entre outros, para alterar a quantidade e a qualidade da carne produzida (OSÓRIO et al., 2007).

Segundo Perez e Santos-Cruz et al. (2014), o desenvolvimento corporal é caracterizado por mudanças na forma e nas proporções, associadas com o crescimento, sendo uma consequência do crescimento desigual das diferentes partes em diferentes períodos, com mudanças anatômicas e fisiológicas, ou seja,

na conformação e na função. A mesma autora ainda ressalta que essas definições são teoricamente claras, mas, na aplicação prática, surgem situações equivocadas, motivo que provoca discussões na definição de crescimento e desenvolvimento animal, pois o crescimento de um animal é dependente do desenvolvimento das partes do organismo que o compõem.

Portanto, crescimento e desenvolvimento dos componentes corporais e os rendimentos da carcaça são influenciados pelo sistema de criação, principalmente à alimentação, assim, quando se busca otimizar a produção de carne, deve ser levado em consideração o manejo nutricional dos animais.

Crescimento e desenvolvimento tissular

A maior parte das fibras musculares se forma no período gestacional, o desenvolvimento dos músculos durante esta fase é vulnerável a vários fatores, incluindo a genética e o ambiente. Crescimento inclui não somente multiplicação de células (hiperplasia), mas também aumento de tamanho (hipertrofia) e sofre influência de fatores específicos, como o ambiente (SANTOS CRUZ, 2009). A alimentação pode alterar a qualidade de carne quantitativamente e qualitativamente, tanto a desnutrição quanto a superalimentação durante a gestação podem alterar o crescimento e o desempenho da prole (FORD et al., 2007). Portanto, além do fundo genético, o ambiente pode modificar o desenvolvimento do feto atuando no crescimento potencial de ruminantes (DU et al., 2010).

Para Kristensen et al. (2010), a ordem de maturidade dos principais componentes do corpo é: esqueleto, músculo e gordura, sendo somente a gordura de maturidade tardia. O osso é um tecido dinâmico, complexo, influenciado por fatores fisiológicos, nutricionais e físicos, como estresse mecânico e atividades físicas. Para atender às necessidades de crescimento do organismo os ossos sofrem processo de modelagem, que representa o alongamento longitudinal e do diâmetro. O comportamento ósseo está intimamente relacionado com o crescimento do animal, sofrendo adaptações constantes quanto à sua constituição, podendo estar hipertrofiado, quando é mais exigido, ou atrofiado, quando em desuso (AGUIARI et al., 2008). A velocidade de crescimento muscular depende do manejo nutricional e do genótipo do animal, sendo que os músculos das extremidades são de desenvolvimento precoce, enquanto os

espinhais têm desenvolvimento médio ou tardio. A gordura, por sua vez, embora seja classificada como de maturidade tardia, variam em seu padrão de desenvolvimento na seguinte ordem: gordura interna, intermuscular, subcutânea e intramuscular (DI MARCO et al., 2007).

Desta forma, é possível que o crescimento diferenciado esteja relacionado com as necessidades funcionais, pois um mesmo tipo de tecido cresce em diferentes velocidades dependendo da parte do organismo em que se encontra (COSTA, 2009). No período pós natal, a ordem de desenvolvimento segue fundamentalmente a ordem de uso, o animal, ao nascer, tem que ser capaz de manter-se em pé, andar e mamar, nascendo, portanto, com patas bem desenvolvidas. A partir do desmame, é feita uma diferenciação entre machos e fêmeas, já que os primeiros terão um maior desenvolvimento das massas musculares do pescoço, e as fêmeas desenvolvem mais os músculos da parede abdominal (COSTA, 2009). Estudos dos padrões de crescimento dos ossos, músculos e de tecido adiposo no corpo inteiro ou na carcaça indicam um padrão de crescimento disto - proximal, diferenciando com relação ao sexo, tendo os machos uma maior proporção de músculo e osso e menos gordura que as fêmeas (SANTOS-CRUZ, 2009; FERREIRA, 2010).

A curva de crescimento animal até atingirem a maturidade tem forma sigmoide (DI MARCO et al., 2007). A curva sigmoide é composta por uma fase pré-puberdade de auto aceleração e de outra pós-puberdade de auto inibição. Adequar a disponibilidade de nutrientes às exigências nutricionais durante estas duas fases é de fundamental importância para um adequado sistema de produção (OWENS et al., 1993). Deste modo, a determinação da curva de crescimento dos animais é o primeiro passo para a predição de requerimentos nutricionais dos diferentes genótipos. O conhecimento da curva de crescimento possibilita a adoção de práticas de manejo que otimizem a produção de carne, priorizando as necessidades nutricionais de cada fase de crescimento. Também podem ser empregadas para predizer a idade ótima ao abate, em função da taxa máxima de crescimento (PEREZ, 2008).

A fim de obter uma ideia clara do desenvolvimento diferenciado do corpo de um animal, é necessário observar tanto o crescimento relativo dos tecidos que compõe a carne como o de outras partes que o compõem, uma vez que há diferenças na composição do animal ao longo de sua vida e também como consequência de modificações do peso vivo (PEREZ e SANTOS-CRUZ, et al., 2014).

Fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento de ruminantes

Existem vários fatores no pré-natal que influenciam o crescimento, tais como, raça do pai e da mãe, ordem de parição da mãe, número de fetos, sexo do feto, temperatura ambiental e nutrição da mãe, idade ao parto, número de gestações anteriores (GARCIA et al., 2011; FERREIRA, 2010). Após o nascimento, o sistema de criação com ênfase na alimentação e a condição sexual são os principais fatores que influenciam o crescimento animal.

Influência Materna

Mudanças na alimentação materna podem alterar o desenvolvimento do músculo esquelético fetal, com efeitos em longo prazo sobre o crescimento e desempenho das proles. O desenvolvimento do músculo esquelético fetal envolve principalmente miogênese (desenvolvimento de células do músculo), mas também envolve adipogênese (desenvolvimento de adipócitos) e fibrogênese (desenvolvimento de fibroblastos). Estes tecidos “músculo-fetal” são derivados principalmente de células tronco mesenquimais (MSC). Ao mudar a transformação das MSC de miogênese para adipogênese, aumenta a gordura intramuscular (ou seja, marmoreado), melhorando o grau de qualidade da carne (DU et al., 2010). O músculo esquelético representa a principal porção comestível na carcaça e na carne de ruminantes. Com a mudança nos hábitos alimentares atual, quando se busca carnes mais magras, aumentar a proporção de músculo esquelético é crucial para atender essa demanda dos consumidores (DU et al., 2010).

Segundo Kollias e McDermott (2008), toda a fase de hiperplasia (multiplicação de células) ocorre no período fetal, após o nascimento do animal só ocorre hipertrofia (crescimento do diâmetro das fibras musculares), a miogênese é completada entre 80 e 125 dias de gestação, enquanto a formação dos músculos completa-se aos 140 dias de gestação (ZHU et al., 2004). O controle dos processos regulatórios da miogênese para aumentar o número de fibras musculares é uma estratégia importante para aumentar a massa muscular (KEREN et al., 2006).

O crescimento muscular pós-natal deve-se principalmente a um aumento no tamanho das fibras musculares sem formar novas fibras (KARUNARATNE et al., 2005). Células satélites estão localizadas entre a lâmina basal e o sarcolema das fibras musculares maduras, sua proliferação e a fusão com as fibras musculares existentes são cruciais para o crescimento muscular pós-natal (KUANG et al., 2007). As células satélites são um grupo de células com diferentes graus de compromisso miogênicos. Uma pequena porcentagem destas células são multipotentes e podem diferenciar-se em adipócitos ou fibroblastos, em vez de células miogênicas (KUANG et al., 2008; YABLONKA-REUVENI et al., 2008).

O músculo esquelético é o principal componente econômico em animais de corte, o aumento do número de fibras do músculo esquelético ocorre no período pré-natal, após o nascimento não ocorre miogênese (ZHU et al., 2004.) Portanto, uma diminuição no número de fibras musculares devido a programação fetal reduz permanentemente a massa muscular e afeta negativamente o desempenho animal. Durante o desenvolvimento fetal, os músculos esqueléticos têm menos prioridade na partição de nutrientes do que órgãos, como o cérebro, coração, fígado. Como resultado, o desenvolvimento músculo esquelético é particularmente dependente dos nutrientes disponíveis (ZHU et al., 2006).

A falta de nutrientes durante a gestação reduz a formação de fibras musculares secundárias em animais ruminantes. Já a nutrição pré-natal adequada contribui para que haja hipertrofia das fibras primárias, o que resulta em hiperplasia das fibras secundárias, pois as primárias servem como apoio para as secundárias (Du et al., 2010). Em bovinos, a fibra muscular primária se forma nos primeiros 2 meses de gestação e uma redução na formação das fibras musculares nessa fase traz consequências irreversíveis para a prole (ZAMBRANO et al., 2006; ZHU et al., 2006). O músculo esquelético se completa em ovinos aproximadamente aos 105 dias de gestação e em bovinos aos 210 dias da gestação (ZHU et al., 2006 e ZAMBRANO et al., 2006).

A fibra muscular tem capacidade contráctil e tem como função a respiração e locomoção, esta, segundo Ramos e Gomide (2007) divide-se em fibras oxidativas ou oxidativas-glicolíticas de contração lenta (tipo I), apresenta menores diâmetros e aparência avermelhada (maior presença de mioglobina) e alto teor lipídico. Por sua vez, as fibras glicolíticas de contração rápida (tipo II) apresentam maior diâmetro e menor quantidade de mioglobina, com aparência clara (brancas), baixo teor lipídico e mais tecido conjuntivo propriamente dito.

Fibras musculares tipo I têm maiores taxas de proteína e são menos eficientes para o crescimento, ao passo que fibras tipo II têm baixa capacidade catabólica e apresentam maior eficiência de crescimento (THERKILDSEN e OKSBJERG, 2009). Desta forma, a nutrição pré-natal também afeta o tipo de fibra no músculo, (ZHU et al., 2006) ao fornecer apenas 50% das exigências nutricionais sugeridas pelo NRC (1985). Durante o 28^a a 80^a dias de gestação, observaram que a proporção de fibras tipo I em relação a fibras tipo II aumentou significativamente no músculo esquelético de cordeiros oriundos destas fêmeas.

A maior parte dos estudos sobre miogênese focaram na miogênese primária, mas os mecanismos que regulam a formação das fibras musculares secundárias, adipócitos e fibroblastos têm sido pouco estudados. Considerando a importância da adipogênese intramuscular e fibrogênese no marmoreio e desenvolvimento do tecido conjuntivo, estudos para compreender a sua geração e desenvolvimento são cruciais para qualidade de carne, pois contribuem para a palatabilidade e maciez da carne. A quantidade de gordura intramuscular é determinada pelo número e tamanho dos adipócitos intramusculares (DU et al., 2010). A maciez da carne está intimamente ligada com o marmoreio (ou seja, a gordura intramuscular) e é crucial para a palatabilidade da carne, e a vida fetal é uma etapa importante para a geração dos adipócitos intramusculares que fornecerão os locais para o acúmulo de gordura intramuscular ou a formação do marmoreio durante a engorda. Portanto, a programação fetal também afeta o marmoreio de ruminantes (TONG et al., 2008).

Sistema de criação e manejo nutricional

A alimentação também é fator que influi no crescimento dos animais e na sua composição corporal, sendo que a restrição alimentar na ovelha durante a gestação afeta o crescimento fetal e o peso ao nascer do cordeiro, dependendo de sua severidade, duração e o momento em que ocorre (MONTEIRO et al., 2009). Os períodos mais críticos são a fecundação e a fase final da gestação, quando a placenta perde um pouco de sua capacidade de compensar o fornecimento inadequado de nutrientes (OSÓRIO, 2009).

O efeito mais pronunciado da nutrição sobre o rendimento e qualidade de carcaça e carne é sobre a proporção dos tecidos depositados. Dietas contendo altos teores de energia favorecem a deposição de gordura quando comparadas a

dietas com baixa energia. Desta forma, é possível utilizar o manejo nutricional como forma de manipular a composição da carcaça e a proporção dos tecidos depositados, favorecendo uma maior deposição de músculo ou de gordura, conforme a necessidade (ROSA et al., 2002).

Em regiões com sazonalidade na produção de massa forrageira decorrente provoca uma escassez de alimento em certo período do ano e gera irregularidade na oferta do produto, com abate de animais em idade avançada, obtenção de cortes sem padrão comercial e, por conseguinte, carne que não mantém os padrões de qualidade, como maciez, cor e suculência (ZEOLA, 2002). Nesse sentido, Neiva et al. (2005) reportaram que, entre as opções existentes para produzir ruminantes durante a seca, época de escassa disponibilidade de forragem, o confinamento surge como alternativa para que a produção seja constante ao longo do ano. Porém, de acordo com Santello et al. (2006), a análise de custos não é favorável ao confinamento.

Algumas tecnologias podem ser utilizadas com o intuito de reduzir tais custos, dentre as quais cabe destaque àquela de submeter os animais confinados ao regime de restrição alimentar seguido de realimentação para se explorar o ganho compensatório. Ben Salem e Smith (2008) afirmaram que a relação custo benefício é um indicador que afeta a adoção dessa técnica pelos ovinocultores. Porém, estudos revelam que o impacto econômico da técnica alivia o impacto da seca no desempenho de pequenos ruminantes.

O ganho compensatório refere-se ao fenômeno manifestado em mamíferos e aves que, após um período de restrição alimentar suficiente para deprimir o crescimento contínuo, ao acabar a restrição e reiniciar uma alimentação adequada, apresentam taxa de crescimento acima do normal em animais da mesma idade e tamanho e em condições similares de ambiente (BEN SALEM e SMITH, 2008). Um dos principais fatores a ser considerado no confinamento e no ganho compensatório é o potencial de desempenho dos animais a serem confinados e compensados, de forma que eles devam responder aos ganhos esperados em função da dieta oferecida (NOBREGA et al., 2013).

Nobrega et al. (2013) estudaram o efeito do ganho compensatório de ovinos Santa Inês após restrição alimentar de 0, 20, 40 e 60% na dieta com duração de 42 dias e uma realimentação também de 42 dias sobre as características de carcaça. Considerando o período experimental total (84 dias), as variáveis peso reconstituído da $\frac{1}{2}$ carcaça esquerda (g) e o peso dos cortes (g) diminuíram linearmente, à medida que aumentou o nível de restrição prévia. Sendo assim,

entende-se que, no período de realimentação, o ganho de peso não foi suficiente para compensar a perda ocorrida durante a fase de restrição prévia, ou seja, não houve ganho compensatório para essas variáveis. Os autores concluem que uma restrição alimentar seguida por realimentação diminui o peso dos cortes e não afeta seu rendimento. Diminui também a proporção de gordura da carcaça, produzindo, assim, cortes mais leves e carne com menor teor de gordura.

Safari et al. (2011) avaliando a taxa de crescimento e as características de carcaça de cabritos castrados autóctones do Oeste africano submetidas a uma dieta contendo palha de trigo tratada ou não com uma solução de ureia e abatidos com 20 meses de idade. O tratamento com ureia favoreceu um maior consumo de matéria seca que refletiu em carcaças 5% mais pesadas, com maior rendimento verdadeiro (49,9 %) e teor de gordura na carcaça também superior aos não tratados, 3,65 e 2,66%, respectivamente. Para conformação, o tratamento da palha do trigo com ureia elevou a conformação em 56% quando comparada a do tratamento sem ureia, 5,9 e 3,3, respectivamente. A conformação tem por objetivo avaliar indiretamente a quantidade de carne na carcaça. Ao avaliarem o músculo *Triceps brachii*, os autores expõem que o tratamento com ureia aumentou a quantidade de gordura 8,1 e 5,7, nesta ordem. Em virtude do aumento de gordura, a umidade, a proteína e os minerais apresentaram comportamento inverso, com valores de 63,9 e 67,1, para umidade, 18,2 e 20,1, para proteína, e 4,4 e 5,7, para minerais, respectivamente, aos tratamentos com e sem ureia. Desta forma, os autores concluem que o tratamento da palha de trigo com ureia favoreceu um crescimento, características de carcaça e carne melhores.

Barros (2012) investigando efeito da inclusão de níveis crescentes (0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84) de glicerina bruta nas medidas morfométricas de ovinos mestiços Dorper x Santa Inês. Não encontraram diferenças para peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente e estado de engorduramento, com valores médios de 14,91; 46,5 e 2,96, respectivamente aos tratamentos. Por outro lado, houve um efeito decrescente sobre a conformação com o aumento da inclusão de glicerina bruta, com valores de 3,7; 3,1; 3,3; 3,0 e 2,7, respectivamente. As características de carne (área de olho de lombo, textura, marmoreio e cor) não diferiram entre os tratamentos. A autora conclui que a inclusão de glicerina visando diminuir custos de produção pode ser incluída em até 10,84% da matéria seca sem afetar as características de carcaça e carne.

O músculo esquelético contém dois principais tipos de fibras musculares que

diferem nas suas propriedades contrácteis e na sua capacidade metabólica. As fibras do tipo II (fibras glicolíticas) têm baixo número de mitocôndrias e gera uma quantidade maior de ATP através do metabolismo glicolítico, enquanto que as fibras do tipo I (fibras oxidativas) são ricas em mitocôndrias e, assim, utiliza a fosforilação oxidativa, principalmente (Peter et al., 1972; Barnard et al., 1971). O tipo de fibra pode ser alterado por diversos fatores, tais como: exercício físico, descarga mecânica e taxa de crescimento, que resulta numa alteração de fenótipo funcional e metabólica do músculo (CASSANO et al., 2006).

Khan et al. (2013) testaram o efeito da suplementação de niacina sobre o tipo de fibra do músculo *Longissimus dorsi* - LD, *Semimembranosus* - SB e *Semitendinosus* - ST de cordeiros com 11 semanas de idade. Após 4 semanas, o percentual de fibras tipo I (fibra oxidativa de contração lenta) no LD, SB e ST foi maior no grupo recebendo niacina do que no grupo controle, enquanto o número percentual de fibras tipo II (fibra glicolítica de contração rápida) foi menor no grupo niacina do que no grupo controle. Os autores concluem que a suplementação com niacina aumenta a atividade transcricional dos reguladores de transição da fibra muscular e proporciona assim uma explicação para o aumento de fibras do tipo I nos músculos estudados.

Mexia et al. (2006) avaliaram o desempenho e as características das fibras musculares esqueléticas de cordeiros nascidos de ovelhas Santa Inês criadas a pasto e que receberam suplementação alimentar em diferentes períodos da gestação. Os tratamentos consistiam em suplementar as ovelhas do 1^a ao 50^a dia (Tratamento 1), dos 50^a ao 100^a dia (Tratamento 2), do 100^a até a parição (Tratamento 3) e o controle que recebeu suplementação durante toda a gestação. Os autores avaliaram o músculo *Semitendinosus* dos cordeiros abatidos aos 60 dias de idade, apesar de não encontrarem diferença entre os tratamentos para peso ao nascimento no grupo controle (3,76 kg), que foi 6,47% inferior ao valor da média (4,02 kg) e 16,26% abaixo do peso dos cordeiros cujas ovelhas receberam suplementação no terço inicial de gestação (4,49 kg). O peso ao desmame também não diferiu entre os tratamentos, porém o grupo controle foi 10,2% inferior aos demais tratamentos. O diâmetro não foi afetado pelos tratamentos, com média de 11,8 µm no nascimento e 27,6 µm no desmame. O feito tratamento também não influenciou o número de fibras, peso e comprimento com valores médios de 1.456.229, 21,05 g e 8,42 cm, respectivamente.

Sexo ou condição sexual

As carcaças podem ser classificadas em fêmea, macho castrado e macho inteiro. De acordo com Pérez e Carvalho (2003), as fêmeas apresentam carcaças mais maduras, enquanto os machos castrados estão em uma condição intermediária e os machos inteiros em condições mais tardias. A produção de gordura é maior nas fêmeas, intermediária nos machos castrados e menor nos machos inteiros, enquanto que a proporção de músculo na carcaça é inversamente proporcional (ROSA et al., 2002).

A castração é um manejo comum na criação, utilizado para melhorar a produção de carne, permitindo, desta forma, uma oferta regular ao longo do ano, além de atender as necessidades do mercado consumidor (PEREIRA, et al., 2002). A castração é uma prática relativamente comum nos sistemas de produção de ruminantes, e diferentes técnicas têm sido empregadas na aplicação deste método, cada uma com suas vantagens e desvantagens, tanto sob o ponto de vista da aplicação do procedimento, como dos cuidados pós-operatórios, com o objetivo de fornecimento de carne durante o ano (ROCHA, et al., 2010).

Jacewicz et al. (2003) compararam animais inteiros e castrados em diferentes idades e verificaram que, apesar de apresentarem rendimentos de carcaças similares (em torno de 52%), os animais inteiros apresentaram melhor conformação do que os castrados, indicativo de maior musculosidade e resultado de maior deposição de tecido muscular devido ao efeito anabolizante dos hormônios testiculares. Os animais castrados apresentaram maior valor para a gordura de cobertura. Ribeiro et al. (2004) verificaram maior peso ao abate, maior rendimento de carcaça, maior proporção de músculo na carcaça dos animais inteiros, maior proporção de gordura na carcaça e maior marmorização na carne dos animais castrados.

Rocha et al. (2010) avaliaram o efeito da castração em cordeiros SRD (sem raça definida) criados a pasto e abatidos aos 4 meses. Os animais iniciaram o experimento com 15,2 kg e foram abatidos após 4 meses com 33,8 kg. Os cordeiros não castrados, apresentaram peso vivo e morfologia similares nas diferentes variáveis estudadas. Com valores médios de rendimento verdadeiro e medidas subjetivas de engorduramento, marmoreio e textura de 47,3; 2,53, 1,56 e 4,0, respectivamente.

Climaco et al. (2006) avaliaram o efeito da castração nas características de

carcaça de bovinos da raça Nelore criados em piquetes com *Brachiaria brizanhtha*, os animais foram abatidos com 488 kg. Segundo os autores, os animais inteiros atingiram peso de abate 78 dias antes dos animais castrados, no entanto, o rendimento de carcaça fria dos animais castrados foram superiores aos não castrados, com médias de 53,1 e 50,9, respectivamente. Não foram observadas diferenças em relação à condição sexual para o rendimento dos cortes comerciais.

Genética

O desempenho reprodutivo de um rebanho e a taxa de crescimento de seus descendentes são aspectos importantes para o sucesso da produção animal. O nascimento de animais com maior velocidade de ganho de peso é necessário e pode ser obtido utilizando-se cruzamento aliado a um manejo nutricional adequados às fêmeas em gestação (MEXIA et al., 2006).

A raça é um dos principais fatores que afetam a velocidade de crescimento e o desenvolvimento dos diferentes tecidos. Em semelhantes condições alimentares, as raças de menor tamanho são mais precoces, mas crescem em ritmo menor (PEREZ, 2008).

Ribeiro et al. (2003), avaliando o peso ao nascimento (PN) e os ganhos de peso do nascimento ao desmame (GPND) de cordeiros inteiros e castrados, filhos de reprodutores Hampshire Down, Ile de France e Suffolk com ovelhas Corriedale, verificaram PN de 3,77; 4,21 e 3,68 kg e GPND de 0,169; 0,160 e 0,138 kg/dia para os respectivos cruzamentos.

Santello et al. (2010) avaliaram a morfologia muscular de cordeiros meio sangue (Dorper x Santa Inês), ao observarem o tipo de fibra no músculo *Semitendinosus* encontraram uma maior frequência de fibras intermediárias, do que glicolíticas e oxidativas, com valores médios de 42,5; 37,7 e 19,4, respectivamente, no músculo *Longissimus lomborum*, observou-se uma frequência de 38,4; 31,9 e 29,6 para os músculos intermediários, glicolíticos e oxidativos.

Crescimento e desenvolvimento de ovinos

O crescimento das regiões da carcaça, assim como a determinação do ritmo

de crescimento de cada constituinte corporal, são informações importantes para a eficiência da produção (PEREZ e SANTOS-CRUZ, et al., 2014). A proporção do animal vivo que se transforma em carcaça é conhecida como rendimento de carcaça, e é um componente que apresenta grande variação na espécie ovina, influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos, os fatores intrínsecos que têm influência sobre o rendimento de carcaça são raça, idade, conformação, peso vivo, sexo e tipo de nascimento; já os fatores extrínsecos estão representados pelo sistema de criação, alimentação, período de jejum e estresse (OSÓRIO, 2009).

A forma do corpo dos animais traduz a forma da carcaça, que constitui o componente quantitativo mais importante e o produto final comercializado de maior incidência econômica. A forma da carcaça depende de três fatores: a massa absoluta ou relativa de cada componente, a forma de cada um de seus componentes para uma mesma massa e a posição que cada um deles ocupa no conjunto. Estes fatores modificam não somente a impressão visual do conjunto de músculo, osso e gordura, ou carcaça, mas também o resultado das medidas objetivas que sobre ela se realizam (OSÓRIO et al., 2007).

O peso vivo é a mais simples medida de crescimento, sendo um dos fatores que mais afetam a composição da carcaça, e determinante da morfologia (BUTTERFIELD, 1988). O peso vivo e da carcaça são resultados de vários fatores: genótipo, sexo, sistema de alimentação, idade (PEREZ, 2009). O peso vivo e o peso de carcaça são critérios importantes quando se busca alta qualidade de carne em cordeiros (OSÓRIO et al., 2009), sendo que o aumento no peso vivo ocasiona um aumento na proporção de carcaça, havendo relação entre o peso vivo e a composição corporal. Ao aumentar o peso de carcaça, aumentam absolutamente tanto suas dimensões, como o peso de todas as frações que a compõem, aumentando o conteúdo de gordura, o que, segundo Osório (2009), pode não ser econômico, pois eleva o custo de produção.

No Brasil, estudos com curva de crescimento de ovinos ainda são pouco comuns, principalmente quando se considera diferentes grupos genéticos. Todavia, o conhecimento da curva é de extrema importância, pois possibilita manipular seu formato, de forma a interferir na eficiência do crescimento e da produção de carne (LÔBO, 2006). As curvas de crescimento que relacionam o peso do animal com sua idade utilizam modelos não-lineares para condensar grande volume de informações num pequeno conjunto de parâmetros que podem ser interpretados biologicamente (Perez, 2008). Segundo Freitas (2005), a

possibilidade de interpretação biológica dos fatores, no caso os parâmetros, estimativa de peso ao nascer, peso assintótico e índice de maturidade, é outro importante critério na avaliação dos modelos de curva de crescimento. As análises desse tipo de informação podem ser conduzidas de várias formas. Uma possibilidade é a utilização de regressão sobre o tempo, utilizando-se os modelos não-lineares, sendo uma das principais vantagens desse método o agrupamento de várias informações de pesagens associadas à idade, durante o crescimento, em poucos parâmetros biologicamente interpretáveis (SARMENTO, 2006).

Vários pesquisadores têm utilizado modelos não-lineares em estudo de crescimento de ovinos (MCMANUS et al., 2003; SANTOS et al., 2003; FREITAS, 2005), sobretudo os modelos de Gompertz, Logístico, Brody, Von Bertalanffy e Richards.

Para ovinos, vários modelos são avaliados. Sarmento et al. (2006) estudaram a curva de crescimento de ovinos deslanados e relataram que a diferença no ajuste entre os modelos Gompertz e Von Bertalanffy são mínimas. Santos et al. (2003) citam que em estudo com ovinos deslanados da raça Santa Inês o modelo Gompertz proporcionou resultados adequados. McMaus et al. (2003) recomendaram o modelo Logístico, após estudar as curvas de crescimento de ovinos Bergamácia. Freitas (2005), estudou diferentes modelos de curvas de crescimento em diferentes espécies animal e concluiu que os modelos Logístico e Von Bertalanffy foram os mais versáteis para ajustar dados de crescimento animal.

O valor das carcaças de ovinos depende principalmente do peso, conformação, proporção e distribuição dos principais tecidos, espessura do músculo e qualidade da carne. O tipo de carcaça ideal, segundo Butterfield (1988), é aquela que possui a máxima porcentagem de músculo, mínima porcentagem de osso e a porcentagem de gordura exigida pelo mercado. A qualidade da carcaça fornece a primeira medida do produto e é um critério de seleção para o melhoramento genético (Osório, 2009).

A velocidade de crescimento do cordeiro está relacionada com o tamanho da mãe, e, quanto maior for a ovelha, mais rápido será o crescimento do cordeiro. Ovelhas de raças de grande porte parem cordeiros mais pesados, e, dentro de cada raça, ovelhas maiores têm crias com maior peso ao nascimento (PEREZ, 2008). Além do tamanho, o peso ao nascer depende da idade e do nível nutricional da mãe, sendo que borregas geralmente parem cordeiros com menores pesos em relação às ovelhas adultas. Cordeiros nascidos de ovelhas

com menos de 2 anos crescem mais lentamente que os filhos de ovelhas adultas, sendo que, em determinadas raças e nas mesmas condições de criação, o maior peso ao desmame obtém-se quando as mães têm de 5 a 6 anos de idade (COSTA, 2009). Um déficit alimentar durante a gestação traz efeitos negativos na taxa de sobrevivência do recém-nascido, na eficiência de alimentação e crescimento, afetando a composição corporal e qualidade de carne (PEEL et al., 2012). Ao avaliarem o desenvolvimento pós-natal de cordeiros provenientes de fêmeas recebendo uma dieta recomendada para manutenção e uma dieta *ad libitum* (PELL et al., 2012), aduziram que a circunferência abdominal durante a gestação não foi afetada pelas diferentes dietas, com valores de 20,5 e 20,4 cm; no entanto, as fêmeas que foram alimentadas em dieta *ad libitum* produziram cordeiros com maior peso ao nascimento e um maior comprimento da cabeça à base da calda, com valores de 5,7 kg e 50,2 cm, em comparação ao tratamento manutenção 5,1 kg e 46,2 cm, respectivamente. Os cordeiros provenientes das fêmeas avaliadas após nascimento foram criados em condições iguais e abatidos quando atingiram 18 kg de peso vivo, porém, não houve diferença em relação ao tempo de abate, peso da carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura; mostrando que fêmeas superalimentadas durante a gestação geram crias com melhores características físicas, mas, em condições iguais de produção após o desmame, estas crias se igualam em termos de produção.

Crescimento e desenvolvimento de bovinos

A produção de carne é baseada no processo de crescimento do animal, que depende de vários fatores ambientais, práticas de manejo, efeitos genéticos, idade e sexo dos animais, nutricionais e ambientais. A composição da carcaça de várias espécies difere consideravelmente em termos de peso, porcentagens de gordura, músculo e osso (GUERREIRO, 2013).

À medida que os animais se tornam mais velhos e mais pesados, a proporção de gordura em suas carcaças aumenta e a proporção de músculos e ossos diminui. Animais machos não castrados produzem carcaças com mais músculos do que machos castrados. Em um determinado nível de gordura, o valor de uma carcaça é influenciado pela relação músculo/osso. Uma proporção maior é obviamente melhor, uma vez que equivale a carne magra mais vendável, bem como melhor conformação de carcaça. Morales et al. (2003) observaram que

alguns animais abatidos precocemente possuem uma conformação de carcaça com características organolépticas mais desejáveis ao mercado consumidor como peças de tamanho constante, cobertura de gordura, coloração, maciez e sabor.

Com relação aos fatores genéticos, as características de crescimento e composição da carcaça diferem entre raças dentro de todas as espécies de animais de criação. À medida que um animal amadurece, ele sofre um aumento na proporção de músculo para osso, seguido por uma diminuição na taxa de crescimento muscular e um aumento na proporção de gordura para músculo (COSTA, 2002). No entanto, diferentes raças diferem em sua taxa de maturação e peso médio maduro. Portanto, a padronização das medições da composição corporal (proporções de músculo, gordura e osso) para o mesmo estágio de maturidade do peso corporal (razão entre peso real e peso adulto esperado) resulta em muito menos variação na composição de carcaça do que a padronização para a mesma idade ou peso (GUERREIRO, 2013).

As raças podem dividir gordura e músculo de forma diferente na formação da carcaça. As raças leiteiras de bovinos têm uma maior proporção de gordura corporal em depósitos internos do que raças de carne, que têm maiores proporções de gordura subcutânea. Durante o crescimento e desenvolvimento, a gordura intermuscular é depositada antes da gordura subcutânea, que é depositada antes da gordura intramuscular (WARRISS, 2000). Portanto, em relação à gordura subcutânea, as raças grandes de maturação tardia têm mais gordura intermuscular do que as pequenas raças de maturação precoce, que têm níveis aumentados de gordura intramuscular (por exemplo, raças britânicas de carne bovina comparadas às raças continentais europeias) (IRSHAD et al., 2012).

Avaliando vários parâmetros relacionados à qualidade e características de carcaça de quinze raças bovinas europeias, Albertí et al. (2008) observaram diferenças significativas entre as raças para as variáveis analisadas, como medidas de tamanho corporal e características de carcaça. Monsón et al. (2005) observaram efeito significativo de maciez, associada à quantidade, solubilidade e organização espacial da atividade do colágeno, gordura, calpaína e calpastatina, ao compararem a carne bovina de 4 raças com diferentes biótipos. Pacheco et al. (2010) encontraram maiores valores de área de olho-de-lombo para animais taurinos comparados a animais mestiços, e observaram aumento considerável nesse parâmetro conforme o grau de sangue taurino.

Ao tratar da influência dos gêneros no crescimento dos ruminantes (fêmeas, machos e castrados), estas estão intrinsicamente correlacionadas principalmente à quantidade de gordura depositada, local de deposição e rendimento de carcaça. A conformação da carcaça é mais afetada pelo gênero, sendo as fêmeas mais afetadas que os machos, devido a sua maior precocidade, enquanto os novilhos mantêm uma posição intermediária (ROSCONI, 2009).

Diferenças na carcaça, gordura e conformação também podem afetar outros parâmetros de qualidade da carne. Panea et al. (2011), ao estudarem o efeito do gênero na qualidade sensorial e instrumental de carnes derivadas da raça bovina espanhola (Avileña-Negra Ibérica), constataram que nos dois testes a carne das fêmeas foi mais apreciada que a dos machos, sendo considerada mais suculenta.

Outro fator que pode afetar a composição da carcaça é o nível de ingestão de nutrientes digestíveis, sendo o maior efeito observado na proporção de gordura. Uma dieta formulada com menor quantidade de concentrados no decorrer da fase de engorda implicará numa proporção mais baixa de deposição de gordura, enquanto, numa dieta com teores elevados de concentrados, a proporção de gordura corporal será maior (MOLETTA et al., 2014).

A utilização de um programa alimentar inadequado poderá comprometer a competitividade do sistema de produção e resultar em animais que não atendam aos padrões exigidos pelas cadeias produtivas de carne bovina. A nutrição e, mais especificamente, o nível de ingestão de nutrientes digestíveis, pode interferir na composição da carcaça do animal, sendo o maior efeito observado na proporção de gordura. Uma dieta com menor quantidade de concentrados durante a fase de engorda implicará em uma menor proporção de gordura, enquanto que, em uma alimentação com o teor de concentrados mais elevado, resultará numa maior proporção de gordura na carcaça (PRADO, 2010).

A influência da alimentação na maciez da carne está relacionada principalmente com o grau de acabamento (espessura de gordura subcutânea) e com o teor de gordura intramuscular na carcaça (BRONDANI et al., 2006). Segundo Brondani (2006), animais terminados em dietas ricas em grãos apresentam maior porcentagem de gordura de marmoreio que animais terminados com dietas à base de forragens. Pethick et al. (2004) observaram que, ao compararem animais confinados submetidos a dietas com alta energia e animais terminados a pasto, a gordura intramuscular dos confinados pode ser 40% superior. Segundo esses autores, as diferenças observadas podem ser explicadas pela diferença na energia líquida disponível para o animal, sendo

maior para animais em confinamento devido principalmente à maior densidade energética da dieta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento dos fatores que influenciam o crescimento, como o controle fetal, tipo de parto, idade, peso ao nascimento, sistema de criação e genética, auxiliam na produção de animais com carcaças de boa qualidade. Como visto, as bases zootécnicas, de manejo e processamento e de avaliação da qualidade das carcaças e da carne, necessárias para alcançar os padrões almejados de qualidade, já estão em grande medida estabelecidas.

Em virtude de o Brasil ser uma grande potência no mercado mundial de carnes, deve-se redobrar os cuidados desde a criação dos animais até a industrialização da carne, aplicando estes conhecimentos existentes de forma ampla e eficiente, tanto para ter cada vez mais credibilidade entre os países importadores quanto para atender ao crescente nível de exigência do consumidor brasileiro, fazendo com que nosso mercado cresça cada vez mais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIARI, P.; LEO, S.; ZAVAN, B.; VINDIGNI, V.; RIMESSI, A.; BIANCHI, K.; FRANZIN, C.; CORTIVO, R.; ROSSATO, M.; VETTOR, R.; ABATANGELO, G.; POZZAN, T.; PINTON, P.; RIZZUTO, R. High glucose induces adipogenic differentiation of muscle-derived stem cells. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 4, p. 1226-1231, 2008.

ALBERTI, P.; PANEA, B.; SAÑUDO, C.; OLLETA, J. L.; RIPOLL, G.; ERTBJERG, P.; CHRISTENSEN, M.; GIGLI, S.; FAILLA, S.; CONCETTI, S.; HOCQUETTE, J. F.; JAILLER, R.; RUDEL, S.; RENAND, G.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; WILLIAMS, J. L. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. **Livestock Science**, v. 114, n. 1, p. 19-30, 2008.

BEN SALEM, H.; SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. **Small Ruminant Research**. v. 77, p. 174-194, 2008.

BRONDANI, I. L.; SAMPAIO, A. A. M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, L. S.; AMARAL, G. A.; SILVEIRA, M. F.; CEZIMBRA, I. M. Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2034-2042, 2006.

BUTTERFIELD, R. M. **News concepts of sheep growth**. Sydney: Sydney University Press, 168 p, 1988.

CASSANO, P.; SCIANCALEPORE, A.G.; PESCE, V.; FLÜCK, M.; HOPPELER, H.; CALVANI, M.; MOSCONI, L.; CANTATORE, P.; GADALETA, M. N. Acetyl-L-carnitine feeding to unloaded rats triggers in soleus muscle the coordinated expression of genes involved in mitochondrial biogenesis. **Biochim Biophys Acta**, v. 1757, p. 1421-1428, 2006.

CLIMACO, S. M.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTIL, I. Y.; ROCHA, M. A.; SILVA, L. D. F.; PEREIRA, E. S. Desempenho e características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados e suplementados ou não durante o inverno. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 2, p. 209-214, 2006.

COSTA, D.; ABREU, J. B. R.; MOURÃO, R. C. Características de carcaça de novilhos inteiros Nelore e F1 Nelore x Holandês. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 687-696, 2007.

COSTA, E. C.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; VAZ, F. N.; ALVES FILHO, D. C.; ARBOITTE, M. Z. Desempenho de novilhos Red Angus superpreoces, confinados e abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 129-138, 2002.

COSTA, J. C. C.; OSORIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; FARIA, H. V.; MENDONÇA, G.; ESTEVES, R. M. G.; SILVA, A. F. Produção de carne de ovinos Corriedale terminados em três sistemas de alimentação. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, p. 83-87, 2009.

COSTA, J. O. Crescimento e desenvolvimento dos componentes corporais de cordeiros Texel X Corriedale em distintos sistemas. 2009, 51f., Dissertação (Mestrado em produção animal) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, 2009.

DU, S.; BHATTACHARYA, C. B.; SEN, S. Strengthening consumer relationships through corporate social responsibility. Working paper, Simmons College School of Management. **International Journal of Management**

Reviews, 2010.

FREITAS A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 786-795, 2005.

GUERRERO, A.; SAÑUDO, C; ALBERTÍ, P.; RIPOLL, G.; FIELD, M. M.; OLLETA, J. L.; PANEA, B.; KHIJI, S.; SANTOLARIA, P. Effect of the production system before the finishing period on carcass quality, meat and fat of beef. **Animal, an international journal of biosciences**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2013

IRSHAD, A.; KANDEEPAN, G.; KUMAR, S.; ASHISH, KUMAR, A.; VISHNURAJ, M. R.; SHUKLA, V. Factors Influencing Carcass Composition of Livestock: a Review. **Animal Production Research Advances**, v. 3, n. 5, p. 177-186, 2012

KEREN, A.; TAMIR, Y.; BENGAL. E. The p38 MAPK signaling pathway: A major regulator of skeletal muscle development. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v. 252, p. 224-230. 2006.

KRISTENSES, N. B.; ENGBAEK, M.; VESTERGAARD, M.; HARMON, D. L. Technical note: ruminal cannulation technique in young Holstein calves: effects of cannulation on feed intake, body weight gain, and ruminal development at six weeks of age. **Journal of Dairy Science**. v. 93, p. 737-742, 2010.

KUANG, S.; KURODA, K.; LE GRAND, F.; RUDNICKI, M. A. Asymmetric self-renewal and commitment of satellite stem cells in muscle. **Cell Stem Cell**, v. 129, p. 999-1010, 2007.

KUANG, S.; GILLESPIE, M. A.; RUDNICKI, M. A. Niche regulation of muscle satellite cell self-renewal and differentiation. **Cell Stem Cell**, v. 2, p. 22-31, 2008.

LOBO, R. N. B.; VILLELA, L. C. V.; LOBO, A. M. B. O.; PASSOS, J. R. de S.; OLIVEIRA, A. A. de. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 03, p. 1012-1019, 2006.

MCMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L. A. C.; MIRANDA, R.M.; MORENO-BERNAL, F. E.; SANTOS, N. R.; LOUVANDINI, H. Curva de crescimento de ovinos Bergamácia Criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1207-1212, 2003.

- MEXIA, A. A.; MACEDO, F. A. F.; ALCALDE, C. R.; SAKAGUTI, E. S.; MARTINS, E. N. Desempenhos reprodutivo e produtivo de ovelhas santa Inês suplementadas em diferentes fases da gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 658-667, 2006.
- MOLETTA, J. L.; TORRECILHAS, J. A.; ORNAGHI, M. G. Feedlot performance of bulls and steers fed on three levels of concentrate in the diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, p. 323-328, 2014.
- MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influência da raça e do tempo de envelhecimento na qualidade sensorial da carne e na aceitabilidade do consumidor em carne intensivamente cultivada. **Meat Science**, v. 71, n. 3, p. 471-479, 2005
- MORALES, D. C. Avaliação da qualidade da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, p. 171-175, 2003.
- NEIVA, J. N. M.; SOARES, A. N.; MORAES, S. A. Farelo de glúten de milho em dietas para ovinos em confinamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, p. 111-117, 2005.
- NÓBREGA, G. H.; CÉZAR, M. F.; PEREIRA FILHO, J. M.; SOUSA, W. H.; SOUSA, O. B.; CUNHA, M. G. G.; SANTOS, J. R. S. Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: composição regional e tecidual da carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 2, p. 469-476, 2013.
- OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; Calidad Y. sus determinantes en la cadena productiva y comercial de la carne ovina. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 2, p. 251-256, 2006.
- OSÓRIO, J. C. da S.; OSÓRIO, M. T. M.; GONÇALVES, M. da S. Desenvolvimento tecnológico na avaliação da carne e da carcaça: qualidade e padronização. In: Simpósio mineiro de ovinocultura: Sustentabilidade e perspectivas, 2009, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 212-250, 2009.
- OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; HASHIMOTO, J. H.; ESTEVES, R. G. Organização da cadeia produtiva da carne ovina com enfoque no consumidor e na qualidade do produto. In: BRIDI, A. M.; FONSECA, N. A. N.; SILVA, C. A.; PINHEIRO, J. W (Eds). **A zootecnia Frente a Novos Desafios**. Londrina, PR: Universidade Estadual de Londrina, 2007, p. 277-295.

PACHECO, P. S.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Grupo genético, sistema de acasalamento e efeitos genéticos aditivos e não-aditivos nas características de musculabilidade da carcaça de novilhos oriundos do cruzamento rotativo Crarolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 494-502, 2010.

PANEA, B.; RIPOLL, G.; OLLETA, J.L.; SAÑUDO, C. Effect of sex and crossbreeding on the instrumental and sensorial quality and on the acceptance of the meat of Iberian black-avenian-black philosophers. **ITEA - Technical Economic Information Agrarian**, v. 107, n. 3, p. 239-250, 2011b.

PELL, R. K.; ECKERLE, G. J.; ANTHONY, R. V. Effects of overfeeding naturally-mated adolescent ewes on maternal, fetal, and postnatal lamb growth. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 3698-3708, 2012.

PEREIRA, P. H. S.; OSORIO, J. C. S., OSORIO, M. T. M.; OLIVEIRA, N. M.; FARIA, H.; PIMENTEL, M. A. Componentes do peso vivo em cordeiros castrados e não castrados. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 8, n. 1, p. 57-60, 2002.

PEREZ, H. Desempenho Produtivo e Reprodutivo de Ovinos Lanados. 2008. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

[PÉREZ, J. R. O.](#); SANTOS-CRUZ, C. L. Crescimento e Desenvolvimento de Cordeiros. In: Selaive-Villaruel, A.B.; Osório, J. C. S. (Org.). **Produção de Ovinos**. 1ed. São Paulo: Editora ROCA LTDA do Grupo GEN, v. 7, 2014, p. 193-209.

PÉREZ, J. R. O.; CARVALHO, P. A. **Considerações sobre carcaças ovinas**. Boletim Técnico, 61, Lavras, Universidade Federal de Lavras (UFLA), 2003.

PETER, J. B.; BARNARD, R. J.; EDGERTON, V. R.; GILLESPIE, C. A.; STEMPEL, K. E. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. **Biochemistry**, v. 11, p. 2627-2633, 1972.

PETHICK, D. W.; HARPER, G.; ODDY, H. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle. A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 705-715. 2004.

PRADO, I.N. **Produção de bovinos de corte e qualidade da carne**. Maringá-PR, 242 p., 2010.

RESCONI, V.C.; FIELD, M.M.; FONT I FURNOLS, M.; MONTOSI, F.;

SAÑUDO, C. Sensorial evaluation of castrated lambs in different pasture ratios and concentrate feeding systems. **Meat Science**, v. 83, n. 1, p. 31-37, 2009.

RIBEIRO, E. L.; SILVA, L. D. F.; ROCHA, M. Desempenho de cordeiros inteiros ou submetidos a diferentes métodos de castração abatidos aos 30 kg de peso vivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 745-752, 2004.

ROCHA, H. C.; VIEIRA, M. I. B.; FONSECA, R. S.; COSTA, L. O.; CECCHETTI, D.; NADAL, R. P.; ROCHA, F. S. Produção de carne e características da carcaça de cordeiros não castrados, castrados e induzidos ao criptorquidismo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 783-792, 2010.

ROSA, G.T.; PIRES, C.C.; SILVA, J.H.S. Proporções e coeficientes de crescimento dos não componentes da carcaça de cordeiros e cordeiras em diferentes métodos de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2290-2298, 2002.

ROTTA, P. P.; PRADO, I. N.; PRADO, R. M. Desempenho, qualidade da carcaça e da carne em bovinos. In: I. N. PRADO (ed.) **Produção de bovinos de corte e qualidade da carne** Maringá: Eduem, 2010, p. 191-242.

SAFARI, J.; MUSHI, D. E.; MTENGA, L. A.; KIFARO, G.C.; EIK, L. O. Growth, carcass and meat quality characteristics of Small East African goats fed straw based diets. **Livestock Science**, v. 135, p. 168-176, 2011.

SANTELLO, G. A.; MACEDO, F. A. F.; LOURENÇO, F. J.; MACEDO, R. M. G.; JACOBS DIAS, F.; ALCALDE, C. R. Morfologia muscular e características qualitativas da carne de cordeiros ½ Dorper-Santa Inês. **Revista Brasileira Saúde e Produção animal**, v. 11, n. 3, p. 876-887, 2010.

SANTELLO, G. A.; MACEDO, F. A. F.; MEXIA, A. A. Características de carcaça e análise do custo de sistemas de produção de cordeiros ½ Dorset Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1852-1859, 2006.

SANTOS, C. L.; PÉREZ, J. R. O.; MUNIZ, J. A. LUZ, A. O. Parâmetros da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003, CD-ROM.

SANTOS-CRUZ, C. L., Pérez, J. R. O., MUNIZ, J.A., CRUZ, C.A.C., VASCONCELOS, T.R.V. Desenvolvimento dos componentes do peso vivo de cordeiros Santa Inês e Bergamácia abatidos em diferentes pesos. **Revista**

Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 5, p. 923-932. ISSN 1806-9290, 2009.

SARMEMTO, J. L. R.; REGAZZI, A. J.; SOUSA, W. H.; TORRES, R. A.; BREDA, F. C. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 435-442, 2006.

TONG, J.; ZHU, M. J.; UNDERWOOD, K. R.; HESS, B. W.; FORD, S. P.; DU, M. AMP-activated protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3-L1 cells. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1296-1305, 2008.

WARRISS P. D. **Meat science- An introductory text**. New York: CABI Publishing. 2000, p320.

YABLONKA-REUVENI, Z., DAY, K.A., VINE, A., SHEFER, G. Defining the transcriptional signature of skeletal muscle stem cells. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 207-216, 2008.

ZAMBRANO, E.; BAUTISTA, C. J.; DEAS, M. P. M.; MATTINEZ-SAMAYOA, M. H.; LEDESMA, J. A low maternal protein diet during pregnancy and lactation has sex- and window of exposure-specific effects on offspring growth and food intake, glucose metabolism and serum leptin in the rat. **The Journal of Physiology**, v. 571, p. 221-230, 2006.

ZEOLA, N. M. B. L. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. **Revista nacional da carne**, v. 26, p. 36-56, 2002.

ZHU, M. J.; FORD, S. P.; NATHANIELSZ, P. W.; DU, M.. Effect of maternal nutrient restriction in sheep on the development of fetal skeletal muscle. **Biology of Reproduction**, v. 71, p. 1968-1973, 2004.

ZHU, M. J., FORD, S. P., MEANS, W. J.; HESS, B. W.; NATHANIELSZ, P. W.; DU, M. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. **The Journal of Physiology**, v. 575, p. 241-250, 2006.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, Roraima, Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, Roraima, Brasil.

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, Roraima, Brasil.

USO DE PASTAGEM DIFERIDA COMO ALTERNATIVA PARA RECRIA DE BOVINOS DE CORTE NO PERÍODO DE SECA: UMA BREVE REVISÃO

Alessandra de Campos Fortes⁴,

Elisa Cristina Modesto⁵,

Emerson Alexandrino⁶

RESUMO

O diferimento da pastagem é uma das estratégias de manejo que podem ser adotadas para minimizar o déficit de forragem durante o período seco. Sendo assim, objetiva-se realizar uma revisão sobre o uso do diferimento de pastagens para recria de bovinos de corte no período de seca, uma vez que a bovinocultura de corte é uma das mais importantes atividades agropecuárias do país. E, apesar da produção ser elevada, a produtividade e a eficiência dessa atividade ainda ficam aquém da capacidade de produção brasileira. A alimentação dos animais é baseada nas pastagens, que sofrem variação de produção ao longo do ano, gerando concomitantemente variação na produção de bovinos, ganho de peso nas águas e perda de peso na seca. Como consequência, grande parte do rebanho ainda apresenta um longo ciclo de produção, em média de três a quatro anos para os animais atingirem o abate. Sendo assim, é preciso buscar alternativas para reduzir o efeito causado pela sazonalidade e manter o ganho de peso constante, independente da época do ano. Nesse contexto, o uso do diferimento aliado à suplementação a pasto é uma alternativa, pois são manejos fáceis e de baixo custo que podem levar à manutenção ou mesmo até ganho de peso dos bovinos no período de seca, e serão abordados nessa revisão.

Palavras-chave: Ganho de peso, Oferta de forragem, Suplementação.

INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte é uma atividade relevante para o Brasil, pois, desde 2003, o país sempre está se mantendo entre os três maiores exportadores de carne bovina do mundo. Os sistemas de produção de carne bovina no país apresentam o fato comum de utilizarem as pastagens como substrato básico, constituindo 99,0% da dieta dos animais ruminantes (PAULINO et al., 2003). E a pastagem, quando ofertada de forma direta pelo processo de pastejo, fornece alimentação econômica para os bovinos, em especial nos rebanhos estabelecidos em regiões tropicais.

Entretanto, geralmente, a produtividade e demais índices zootécnicos de bovinos de corte criados a pasto são baixos. Por isso, torna-se prioridade aumentar a utilização das pastagens via controle da oferta diária de forragem para a otimização do consumo de matéria seca dos animais em pastejo, pois o desempenho animal é função da interação forragem ofertada \times consumo \times digestão e conversão para atendimento das exigências nutricionais, as quais podem ou não ser satisfatórias (CANESIN et al., 2007).

A sazonalidade das gramíneas forrageiras nos trópicos, que se caracteriza pela diminuição da produção e do valor nutritivo do capim em determinadas épocas do ano, impõe restrição na nutrição dos animais criados a pasto, reduzindo ganho de peso e conseqüentemente, tornando a bovinocultura de corte de ciclo longo, caracterizada pela avançada idade de abate dos animais e idade ao primeiro parto das novilhas. No sistema tradicional de criação de bovinos de corte, devido à fase de recria ser longa, os animais passam, pelo menos, por duas estações secas, e esta é caracterizada como um importante gargalo para a produção na bovinocultura de corte nacional (SANTOS et al., 2004).

A fase de recria compreende o período entre a desmama e o momento em que o animal é encaminhado para a reprodução ou terminação. Nessa fase, o bezerro passa por um período de ganho eficiente, pois tem baixa exigência de manutenção, elevado crescimento muscular e baixa deposição de gordura (MEDEIROS et al., 2010).

No sistema tradicional de produção de bovinos em pastagem, a perda de peso alcança de 20 a 30 kg durante o período de seca, como resultado da perda de peso médio diário da ordem de 100 a 200g por animal. No entanto, a técnica da vedação estratégica do pasto, ou diferimento de pastagens, pode permitir ganhos médios diários da ordem de 100 a 200g por animal e, se associado à suplementação, poderá melhorar esse desempenho diário para 300 a 700g por animal (ANUALPEC, 2010), proporcionando redução da idade de abate destes.

A vedação estratégica da pastagem consiste em isolar do pastejo dos animais uma determinada área durante o terço final das águas e, com isso, ter pasto em quantidade e qualidade suficiente para ser utilizado durante o período de seca. No entanto, a forma como o pasto é utilizado pelos animais sob método de lotação contínua ou rotacionada, pode interferir no desempenho do sistema, uma vez que a desfolhação da forrageira ocasiona estresse à planta, que tende a ajustar a mobilização de suas reservas orgânicas, podendo intensificar o processo de senescência e, conseqüentemente, interferir também no seu valor nutritivo, uma vez que, durante a seca, os recursos naturais são limitantes à reconstituição da planta forrageira (CARVALHO et al., 2010).

Nesse sentido, uma alternativa para melhorar a digestibilidade do pasto vedado e atender às exigências nutricionais dos animais é o uso da suplementação estratégica, pois, uma vez reduzidas as deficiências dos nutrientes, a suplementação favorece o crescimento microbiano, garantindo uma eficiente fermentação microbiana para máxima extração de carboidratos da forragem (GOMES JÚNIOR et al., 2002).

Diante do contexto, objetivou-se realizar uma breve revisão sobre pastagem diferida como alternativa alimentar no período de seca para bovinos em recria.

RECRIA DE BOVINOS DE CORTE NO BRASIL

A bovinocultura de corte é uma atividade de muita importância para o Brasil, que dispõe do maior rebanho comercial do mundo, com mais de 221,81 milhões de cabeças e número de abates de 39,2 milhões de cabeças (ABIEC, 2018). Esse efetivo está distribuído em aproximadamente 164 milhões de hectares e 2.521.249 estabelecimentos (IBGE, 2018). Segundo a ABIEC (2018), em 2017, o PIB do agronegócio representou 22% do PIB total. Já o PIB da pecuária correspondeu a 31% do PIB do agronegócio.

Os sistemas de produção de carne bovina em todo o país caracterizam-se pela dependência quase que exclusiva de pastagens. Comparando com outros países, esse sistema de criação obtém, via de regra, custos de produção relativamente baixos (ZEN et al., 2010). Entretanto, a produtividade animal nas regiões tropicais ainda é de baixa eficiência, principalmente devido a estacionalidade de produção forrageira. Portanto, o efeito dos fatores que levam a essa sazonalidade da produção e do valor nutritivo das forrageiras necessitam ser reduzidos.

A produção da pecuária de corte pode ser dividida em três fases: Cria: compreende o período de cobertura até a desmama; Recria: compreende a período entre a desmama até a fase de terminação; e Engorda: última fase que pode ser feita a pasto ou em confinamento (QUADROS, 2005). Marion (2007) sugere a classificação dessas fases em: (1) cria: a atividade básica é a produção de bezerro que só será vendido após o desmame; (2) recria: a partir do bezerro adquirido, a produção e a venda do novilho magro para a engorda; (3) engorda: a partir do novilho magro adquirido, a produção e a venda do novilho gordo.

O crescimento animal envolve interações entre fatores hormonais, nutricionais, genéticos e de metabolismo. Caracteriza-se como o aumento da massa dos tecidos do corpo, seja pela produção e multiplicação de novas células, o que defina a hiperplasia; ou pelo aumento do tamanho das células existentes (hipertrofia) (OWENS et al., 1993).

Segundo Berg e Butterfield (1979), após o nascimento, por intermédio de manejo e alimentação adequados, os bovinos crescem segundo uma curva sigmoideal, em maior intensidade durante a fase de recria, diminuindo à medida que se aproximam da fase adulta. Os bovinos em recria apresentam uma maior necessidade de proteína na dieta, porém suas exigências de energia são mais reduzidas do que na fase de engorda (MELLO, 2002). Isto ocorre porque as exigências de proteína dos animais reduzem à medida que estes alcançam a maturidade (NRC, 1996) e passam a depositar mais gordura, aumentando a razão gordura:músculo na carcaça animal (VALADARES FILHO et al., 2016). Sendo assim, entre o nascimento e a puberdade, os bovinos apresentam maior taxa de crescimento, proporcionando melhor conversão alimentar (OWENS et al., 1993). Portanto, para aumentar a rentabilidade da produção de bovinos de corte, devemos investir na suplementação durante a recria.

Mateus et al. (2011) também destacam que o ganho de peso durante a fase de recria é considerado de grande importância na exploração de animais destinados ao abate, pois são de baixo custo e mais econômicos que aqueles obtidos em idades mais avançadas, o que torna esta fase a mais rentável do ciclo pecuário (cria-recria-engorda). Corroborando com Villares, que, em 1984, já destacava que a recria é a fase que mais contribui para reduzir a eficiência do processo produtivo de criação de bovinos nos trópicos, uma vez que reúne o maior contingente populacional, com cerca de 50% dos bovinos nessa fase, e estes animais permanecem nesta por longo tempo, entre 12 e 36 meses, abrangendo 58,3% do ciclo de produção. Um fator que apresenta grande contribuição para

determinação deste longo ciclo da recria é a sazonalidade das pastagens.

EFEITO DA SAZONALIDADE SOBRE OS PASTOS BRASILEIROS

Os pastos brasileiros são constituídos, geralmente, de forrageiras tropicais ou gramíneas C4, que se caracterizam por apresentar baixa disponibilidade de forragem e forragem de baixa qualidade na estação seca do ano. Isso ocorre devido à avançada idade fisiológica das plantas forrageiras aliada à baixa taxa de rebrota, que é decorrente da inibição causada pela presença de grande quantidade de perfilhos maduros, baixa umidade no solo, das temperaturas mais baixas e dos dias mais curtos. Dessa forma, se a criação é conduzida exclusivamente em ambiente de pastagens, a sazonalidade da produção forrageira conduzirá frequentemente à sazonalidade da produção animal (SANTOS et al., 2004).

Segundo Euclides et al. (1990), as gramíneas tropicais sofrem alterações em suas características morfológicas e químicas em razão do seu próprio desenvolvimento, da maturidade fisiológica e da senescência natural da planta forrageira, que afetarão a qualidade e a oferta diária de forragem, assim como a estrutura do relvado, influenciando o consumo e o desempenho dos animais. Nesse contexto, a oferta diária de forragem mostra-se como um dos principais fatores determinantes do consumo de animais criados a pasto (EUCLIDES et al., 1999). Pois, de acordo com o nível de forragem ofertada, ocorre modificação da seletividade animal (MENEZES, 2004).

Existem várias alternativas de sistemas de manejo que buscam proporcionar uma melhor distribuição de alimento durante o ano, reduzindo, assim, o efeito da sazonalidade da produção de forragem. O diferimento de pasto é uma opção ao aumento da oferta diária de forragem para a época seca do ano. Do mesmo modo, a avaliação da qualidade de forragem ofertada também é uma necessidade em qualquer sistema de uso de forragem através do pastejo, e, portanto, a pastagem deve ser suplementada quando necessário.

Diante do exposto, o diferimento ou vedação de pastagens é uma técnica que promove elevada oferta diária de forragem na seca e que vem sendo bastante aceita pelos pecuaristas, devido ao manejo simples e de baixo custo. Essa técnica também ficou conhecida como “produção de feno-em-pé” (EUCLIDES FILHO e QUEIROZ, 2000); entretanto, essa terminologia caiu em desuso. O diferimento consiste em vedar uma determinada área da pastagem durante parte de seu

período vegetativo, ao final do período das águas, de modo a favorecer o acúmulo de forragem para consumo durante a época seca (ANDRADE, 1993).

Um correto manejo para vedação da pastagem deve levar em consideração a espécie a ser utilizada e o melhor período para o diferimento. Para tanto, deve-se conhecer bem a região quanto aos seus aspectos edafoclimáticos e, com base nestes fatores, escolher a forrageira que mais se adapte a essas condições e também ao manejo de vedação (SANTOS et al., 2009a).

É um fato bem definido e inevitável que ocorra redução do valor nutritivo de plantas forrageiras submetidas a longos períodos de crescimento, principalmente, na seca, uma vez que ocorre aumento das proporções de hastes e material morto em detrimento das folhas verdes, ocorrendo também redução da relação folha: haste e aumento da deposição de componentes estruturais na célula com consequente redução dos componentes solúveis (LEITE e EUCLIDES, 1994; MARTHA JÚNIOR e CORSI, 2001).

Nesse contexto, as plantas forrageiras mais indicadas para essa prática são aquelas que apresentam baixo acúmulo de colmos e boa retenção de folhas verdes, resultando em menor redução no valor nutritivo com o decorrer do tempo de pastejo, ou seja, espécies forrageiras que se destaquem por apresentar capacidade de manutenção das características estruturais e nutricionais após considerável período de crescimento livre (isto é, acima de 90 dias), principalmente durante o final da estação de crescimento, período em que teriam condições de proporcionar a manutenção ou pequenos ganhos de peso no animal em pastejo (MENEZES, 2004).

Segundo Martha Júnior e Corsi (2001), as espécies dos gêneros *Cynodon* e *Brachiaria* são as mais indicadas e utilizadas para o diferimento, em especial a *B. decumbens* e *B. brizantha*. Pois essas espécies caracterizam-se por perder mais lentamente seu valor nutritivo ao longo do tempo (PAULINO, 1999). Entretanto, a *B. decumbens* sofre intenso ataque de cigarrinhas da pastagem, em especial no início do diferimento, podendo afetar o sucesso do manejo. Já a *Brachiaria brizantha* apresenta maior resistência ao ataque de pragas e de doenças, sendo, portanto, a mais indicada por ser a mais segura (SILVEIRA NETO, 1994; MENEZES, 2004).

Escolhida a forrageira, o próximo passo é verificar o adequado período de diferimento, pois este é um dos fatores determinantes da produção e das características estruturais do pasto, que se modificam durante o período de pastejo (SANTOS et al., 2009b; EUCLIDES et al., 2007).

A área escolhida para ser vedada é excluída do pastejo ao final do período das águas com o intuito de acumular forragem para ser ofertada aos animais no período de estiagem. Esse manejo tem como base a rebrota das plantas forrageiras, que é afetada por fatores climáticos e de manejo. Dessa forma, o período de diferimento determinará a idade do pasto no momento de sua utilização, influenciando a produção, a composição morfológica e o valor nutritivo da forragem (SANTOS et al., 2009a).

De acordo com alguns autores (EUCLIDES et al., 1990; COSTA et al., 1993), a época de diferimento ocorre de janeiro até abril, e o uso da pastagem diferida vai de maio até setembro. Diferimento precoce, iniciando entre janeiro e fevereiro, gera maior acúmulo de forragem para a seca, entretanto, se for muito precoce, pode gerar uma proporção muito elevada de material senescente, propensão ao acamamento, reduzida digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e reduzido teor de proteína bruta (PB) na forragem. Essas condições são ainda piores na metade final da seca. Os maiores valores de DIVMS e PB foram encontrados em pastos cujo diferimento iniciou-se no final da estação de crescimento, entre março e abril (COSTA e OLIVEIRA, 1992; LEITE et al., 1998; BUENO et al., 2000). Tais resultados corroboram com Carvalho et al. (2006) e Santos et al. (2009b) que afirmaram que a estrutura da pastagem diferida se caracteriza pela variação da massa de seus componentes morfológicos com o decorrer do tempo e do próprio pastejo.

Segundo Hodgson (1990), pós-desfolhação e na ausência de animais, o acúmulo de forragem na pastagem é decorrente do fluxo de novos tecidos foliares, definido como crescimento bruto, e também dos processos de senescência e decomposição de tecidos foliares mais velhos.

Para uma rebrota mais vigorosa, recomenda-se, antes do diferimento, que seja feito um corte de uniformização e/ou um superpastejo, seguido de adubação de acordo com análise de solo, em especial, adubação nitrogenada, indicada por Euclides Filho e Queiroz (2000) como uma estratégia para o acúmulo de forragem. Segundo Menezes (2004), o uso de fertilizantes em pastagens diferidas acelera o crescimento da planta, promovendo incrementos na produção de forragem e até mesmo diminuindo a área a ser vedada.

Segundo Santos et al. (2009a; 2009b; 2009c) o período de diferimento e a adubação nitrogenada aumentam as massas de forragem total, forragem verde e de colmo, a altura e a densidade volumétrica em pastos de capim-braquiária. Esses autores destacam também que a adubação nitrogenada permite a

diminuição do período de diferimento do pasto, sem reduzir a sua produção de forragem.

Uma característica importante da pastagem diferida é que a forrageira é submetida a um longo período de crescimento, gerando alterações importantes principalmente na estrutura do pasto, tais como a distribuição e o arranjo espacial dos componentes da parte aérea das plantas dentro de uma comunidade (LACA e LEMAIRE, 2000; TEIXEIRA et al., 2011) e também alterando o valor nutritivo. Diversos autores comprovaram que, conforme aumenta o período de vedação, ocorre redução no acúmulo de forragem e decréscimos no seu valor nutritivo (EUCLIDES et al., 1990; COSTA et al., 1998; LEITE et al., 1998).

Segundo Poppi et al. (1987) e Menezes (2004) a qualidade da forragem é influenciada tanto por fatores nutricionais (valor nutritivo) quanto por fatores não nutricionais (oferta diária de forragem e consumo desta pelo animal em pastejo).

Como já destacado anteriormente, o diferimento de pastagens tropicais para utilização na seca tem proporcionado grande disponibilidade de forragem para a época de estiagem, entretanto, esta é de baixo valor nutritivo, garantindo somente a manutenção da vida do animal. E, devido ao baixo consumo de matéria seca digestível (CMSD), estes animais podem perder peso (EUCLIDES et al., 1990; NOLLER et al., 1997 e REIS et al., 1997).

Santos et al. (2004) avaliando o diferimento da pastagem de capim-braquiária, encontrou grande produção de forragem de baixa qualidade, devido à baixa concentração de proteína, alta de fibra e à baixa digestibilidade *in vitro* da matéria seca. No início do estágio vegetativo, os pastos tropicais possuem alto teor de proteína bruta (PB) e alta digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, mas, conforme as plantas amadurecem, ocorre espessamento e lignificação da parede celular vegetal com consequente redução do conteúdo celular; diminuindo a concentração dos componentes potencialmente digestíveis e aumentando o teor de fibra (LEITE e EUCLIDES, 1994).

Por fim, segundo Souza (2015), existem algumas possibilidades que podem ser utilizadas quando se pretende programar um diferimento na propriedade: diferimento e utilização única (toda a área é diferida em um único momento e utilizada durante todo o período seco); diferimento escalonado e utilização única (a área é diferida paulatinamente e utilizada durante todo o período seco); diferimento único e utilização escalonada (toda a área é diferida em um único momento e utilizada paulatinamente durante o período seco), diferimento

escalonado e utilização escalonada (a área é diferida paulatinamente e da mesma forma é utilizada durante o período seco). O que determina qual alternativa escolher é a estrutura física da propriedade, principalmente ao tocante das divisões, a mão de obra e o manejo alimentar da fazenda.

SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR EM PASTAGEM DIFERIDA

Em pasto diferido, os teores de fibra são elevados, e os percentuais de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca são baixos, determinando um alimento de reduzido valor nutritivo e, dessa forma, restringindo o consumo e desempenho de bovinos (EUCLIDES et al., 1990). Segundo Euclides (2001), mesmo quando ocorre uma vedação correta e a oferta diária de forragem é alta, sua qualidade não é adequada e, portanto, recomenda a combinação do “feno-em-pé” com a suplementação alimentar durante o período seco, gerando melhoras para produtividade do rebanho.

Bovinos pastejando em área vedada expressam desempenho modesto ou apenas mantêm seu peso corporal, pois a forragem diferida é, geralmente, de baixa qualidade (GOMES Jr. et al., 2002; SANTOS et al., 2004; SANTOS et al., 2009c). Dessa forma, Euclides e Medeiros (2005) também recomendam a adoção da suplementação do pasto diferido quando se deseja obter um melhor desempenho animal, com o intuito de complementar o valor nutritivo da forragem ofertada e/ou melhorar a conversão alimentar (EUCLIDES e MEDEIROS, 2005).

Na seca, as pastagens apresentam baixa disponibilidade de folhas verdes e aumento de colmo mais bainha e material morto. E, mesmo que o suprimento de forragem total seja elevado, fato que ocorre na pastagem diferida, essas frações de colmo mais bainha e material morto são menos consumidas pelos animais, uma vez que eles têm preferência por selecionar as folhas verdes (Cavalcanti Filho et al., 2008). Nesse contexto, ocorre um baixo consumo de matéria seca pelos animais em pastejo, afetando também o consumo de energia, proteína e minerais. Daí a importância da suplementação como forma de corrigir os nutrientes em deficiência na pastagem, otimizando o consumo de matéria seca e dos nutrientes da forragem (SANTOS et al., 2004).

Segundo Carvalho et al. (2003), devido ao desequilíbrio entre os ganhos na época das águas e da seca, é necessária a suplementação alimentar em certos

períodos, em especial, na seca, para que se possa obter animais para o abate com idades inferiores a 30 meses. Além disso, tão importante quanto o ganho de peso esperado, a espécie forrageira, quantidade e qualidade da forragem ofertada, raça/grau de sangue e peso dos animais em uso, são variáveis a serem avaliadas por ocasião da formulação dos suplementos, procurando compatibilizar consumo de suplemento e ganhos de peso desejado (PAULINO, 1999).

Segundo Euclides et al. (2001), quando o objetivo da suplementação é um ganho de peso de até 250 gramas/dia, há necessidade de se incluir energia e proteína no sal mineral. Nesse caso, a mistura é denominada de “Mistura Mineral Múltipla” e deve complementar os macro e os microelementos das forrageiras e suplementar proteína e energia. Geralmente, são constituídas de cloreto de sódio, que tem função de controlar a ingestão, mistura mineral, uréia, uma fonte de proteína verdadeira e uma fonte de carboidrato solúvel.

Segundo Minson (1990), 7,0% é o valor mínimo de proteína bruta para uma correta atividade do metabolismo microbiano, valores abaixo deste limitam o desenvolvimento dos microrganismos do rúmen, a digestibilidade e o consumo da forragem, resultando em baixo desempenho dos animais. E, no período seco do ano, geralmente, os pastos tropicais apresentam valores abaixo deste limite (PAULINO, 1999; REIS et al., 2009). Portanto, o primeiro objetivo da suplementação, nesta época, seria atender à demanda das bactérias ruminais por nitrogênio, através da suplementação proteica (CARLOTO, 2008).

O fornecimento de suplementos proteínados permite a manutenção da curva de crescimento de bovinos, evitando que ocorra o “efeito sanfona” no ganho de peso dos animais, caracterizado pelo ganho de peso nas águas e perda de peso na seca (MEDEIROS et al., 2010). Com isso, os animais atingem peso de abate mais precocemente, reduzindo a duração do ciclo de produção. Entretanto, o uso da suplementação pode encarecer os custos com alimentação e, conseqüentemente, o custo de produção, reduzindo os lucros do produtor.

Nesse contexto, deve-se buscar alternativas economicamente viáveis, tais como a inclusão de uréia, uma vez que possui menor preço por unidade de equivalente proteínado em relação a outros ingredientes proteínados tradicionais, tais como a soja. Além de acrescentar nitrogênio em sistemas de produção com forragens de baixo valor proteínado, a adição de uréia na suplementação mantém a concentração de amônia ruminal em níveis elevados, aumentando o consumo devido à melhora na fermentação ruminal (SALES et al., 2008).

Fortes (2013) avaliou a recria de garrotes no Norte do Tocantins durante o

período de seca em pastagem diferida, sendo manejada sob lotação contínua mais sal mineral e sob lotação rotacionada mais sal proteinado, e verificou maior tempo de pastejo e ganhos de peso corporal de aproximadamente 21 Kg/animal (4,1 @/ha), no primeiro método, e menor tempo de pastejo e ganhos de 66 Kg/animal (13,3 @/ha), no segundo, possibilitando melhor produtividade e, conseqüentemente, ciclos de produção mais curtos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diferimento é uma técnica de manejo de pastagens que tem como principal objetivo aumentar a oferta de forragem disponível no período de seca, que é quando ocorre restrição hídrica e, conseqüentemente, queda no crescimento das plantas forrageiras.

Como essa sazonalidade de produção forrageira é um dos principais responsáveis pela perda de peso dos bovinos no período de seca, o diferimento é então indicado para aumentar a quantidade de forragem na pastagem. Mas, como a forragem diferida, geralmente, terá um baixo valor nutricional, recomenda-se o uso da suplementação a pasto para complementar os nutrientes em deficiência na pastagem. A suplementação mais indicada para a seca é a proteica, pois a proteína é o nutriente em maior deficiência na pastagem nessa época do ano, apresentando-se como principal fator limitante ao crescimento e ganho de peso de bovinos, em especial, aos que estão na fase de recria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC. 2018. Brazilian Beef Exports. **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne.** Disponível em: <http://www.abiec.com.br/download/estatisticas-mar18.pdf>. Acesso em 05/12/2018.

ANDRADE, I. F. Efeito da época de vedação na produção e valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) cv. Mineiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 1, p. 53-63, 1993.

ANUALPEC 2010: **Anuário estatístico da pecuária de corte.** São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **Nuevos conceptos sobre desarrollo de Ganado vacuno**, Zaragoza: Acribia, 297 p., 1979.

BUENO, M. F.; MATTOS, H. B.; COSTA, M. N. X.; PIEDADE, S. M. S.; LEITE, W. B. O. Épocas de vedação e de uso no capim marandu. I. Produção de matéria seca e valor nutritivo. **Boletim da Indústria Animal**, N. Odessa, v. 57, n. 1, p. 1-9, 2000.

CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; REIS, R. A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 411-420, 2007.

CARLOTO, M. N. **Suplementação de bovinos na estação da seca**. 2008. Disponível em: <http://www.mca.ufms.br/producao/seminarios/2008/Suplementacao_de_%20bo> Acesso em 17/12/2012.

CARVALHO, C. F.; GONÇALVES, E. N.; POLI, C. H. E. C. Ecologia do pastejo. In: Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. 2006, Viçosa. **Anais...Viçosa**, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 43-72, 2006.

CARVALHO, D. M. G.; ZEVOUDAKIS, J. T.; CABRAL, L. S.; OLIVEIRA, A. A.; KOSCHECK, J. F. W.; BENATTI, J. M. B.; SILVA, J. J. Suplementação de bovinos em sistema de pastejo: aspectos relacionados à forragem e ao uso de fontes alternativas de energia para suplementos múltiplos. **UniCiências**, v. 14, n. 2, p. 241-270, 2010.

CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; McDOWELL, L. R. **Nutrição de bovinos a pasto**. Belo Horizonte: Papelform, 438 p., 2003.

CAVALCANTI FILHO, L. F. M., SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; LIRA, M. A.; MODESTO, E. C., DUBEUX JR., J. C. B.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, M. J. Caracterização de pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Pernambuco. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 220, p. 391-402, 2008.

COSTA, N. L.; OLIVEIRA, J. R. C.; TOWNSEND, C. R. Efeito do diferimento sobre a produção e composição química do capim elefante cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 497- 500, 1998.

COSTA, N. L.; OLIVEIRA, J. R. C.; PAULINO, V. T. Efeito do diferimento sobre o rendimento de forragem e composição química de *Brachiaria brizantha*

cv. Marandu em Rondônia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, p. 495-505, 1993.

COSTA N. L., OLIVEIRA, J. L. Épocas de vedação e utilização do *Andropogon guayanus* cv. Planaltina em Rondônia. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)/CPAF Rondônia, 4 p., 1992. (Comunicado técnico 103).

EUCLIDES FILHO, K.; QUEIROZ, H. P. **Manejo de pastagens para produção de feno-em-pé**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 4 p., 2000.

EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F. P.; FIGUEIREDO, G. R. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 470-481, 2001.

EUCLIDES, V. P. B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. In: Simpósio de produção de gado de corte, 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 55-82, 2001.

EUCLIDES, V. P. B.; FLORES, R.; MEDEIROS, R. N., OLIVEIRA, M. P. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 273-280, 2007.

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S.R. Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização da pastagem. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 33-70, 2005.

EUCLIDES, V. P. B.; THIAGO, L. R. S.; MACEDO, M. C. M. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1177-1185, 1999.

EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; SILVA, J. M. Avaliação de forrageiras tropicais manejadas para produção de feno-em-pé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 393-407, 1990.

FORTES, A. C. Métodos de lotação e suplementação em pastagens diferidas de capim-piatã para recria de gado de corte no período seco no Norte do Estado do Tocantins. 2013. 73 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

GOMES JR., P.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; ZERVOUDAKIS, J. T.; LANA, R. P. Desempenho de novilhos mestiços na fase de crescimento suplementados durante a época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 139-147, 2002.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex: Longman Scientific e Technical, 203 p., 1990.

IBGE. 2018. Censo Agropecuário. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria>. Acesso em 05/12/2018.

LACA, E. A.; LEMAIRE, G. Measuring sward Structure. In: Marnette, L., Jones, R. M. Eds. **Field and Laboratory Methods for Grassland and Production Research**. Wallingford: CAB International, 2000, p. 103-121.

LEITE, G. G.; COSTA, N. L.; GOMES, A. C. **Épocas de diferimento e utilização de gramíneas cultivadas na região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 23 p., 1998. (Embrapa-CPAC. Boletim de pesquisa, 40).

LEITE, G. G., EUCLIDES, V. P. B. Utilização de pastagens de *Brachiaria* ssp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 267-297, 1994.

MARION, J. C. **Contabilidade Rural**. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M. Diferimento de pastagens. **Preços agrícolas**, v. 15, n. 173, p. 15-18, 2001.

MEDEIROS, S. R., ALMEIDA, R., LANNA, D. P. D. Manejo da recria – Eficiência da desmama do crescimento a terminação. In: PIRES, A. V. **Bovinocultura de corte**. 2010, Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, v. 1, p. 159, 2010.

MELLO, A. O. Aguiar. **Alternativas viáveis para a suplementação de bovinos**. Boviplan Consultoria Agropecuária: curso Boviplan de intensificação da pecuária de corte no Brasil. Piracicaba: Boviplan, p. 65-84, 2002.

MENEZES, M. J. T. Eficiência Econômica de fontes nitrogenadas e de associações de fertilizantes no processo de diferimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press. 483p, 1990.

NOLLER, C.H.; NASCIMENTO, J.D.; QUEIROZ, D.S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 319-352, 1997.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants**. 1st edition. Washington: National Academy Press, 362 p, 2006.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 3128-3150, 1993.

PAULINO, M. F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: Simpósio de produção de gado de corte, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 137-156, 1999.

PAULINO, M.F.; ACEDO, T.S; SALES, M.F.L. Suplementação como estratégia de manejo das pastagens. In: Volumosos na produção de ruminantes: Valor alimentício de forragens. 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, p. 87-100, 2003.

POPPI, D. P.; HUGUES, J. P.; L'HUILLIER, P. J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A. M. (Ed.). **Feeding livestock on pasture**. New Zealand: Society of Animal Production, 1987, p. 55-63.

QUADROS, D. G. **Apostila técnica do Curso sobre “Sistemas de produção de bovinos de corte”**. Universidade do Estado da Bahia, 2005.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; PEREIRA, J. R. A. A suplementação como estratégia de manejo da pastagem. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 123-150, 1997.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; CASAGRANDE, D. R.; PÁSCOA, A. G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 147-159, 2009.

SALES, M. F. L.; PAULINO, M. F.; PORTO, M. O.; VALADARES FILHO S. C.; ACEDO, T. S.; COUTO, V. R. M. Níveis de energia em suplementos múltiplos para terminação de novilhos em pastagem de capim-braquiária no

período de transição águas-seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 724-733, 2008.

SANTOS, B. R. C.; VOLTOLINI, T. V.; SALLA, L. E.; Comportamento de Pastoreio. **Revista Redvet**, v. 11, n. 04, 2010.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROZ, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; FONSECA, D. M.; LANA, R. P. Avaliação de pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf.: 1. Características químico-bromatológicas da forragem durante a seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 203-213, 2004.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. S.; SILVA, S. P. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 650-656, 2009a.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; EUCLIDES, V. P. B. NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, A. C.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 626-634, 2009b.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; EUCLIDES, V. P. B.; RIBEIRO JR., J. I.; NASCIMENTO JR., D.; MOREIRA, L. M. Produção de bovinos em pastagem de capim-braquiária diferido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 635-642, 2009c.

SILVA, C. S.; MONTAGNER, D. B.; EUCLIDES, V. P. B.; QUEIROZ C. D. A.; ANDRADE, R. A. S. Steer performance on deferred pastures of *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1998-2004, 2016.

SILVEIRA NETO, S. Controle de insetos nocivos às pastagens de *Brachiaria* spp. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 73-98, 1994.

SOUZA, D. R.; SILVA, F. F.; ROCHA NETO, A. L.; SILVA, V. L.; DIAS, D. L. S.; SOUZA, D. D.; ALMEIDA, P. J. P.; PONDÉ, W. P. S. T. S. Suplementação proteica a pasto sob o consumo, digestibilidade e desempenho na terminação de novilhos Nelore na época das águas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 1121-1132. 2015.

TEIXEIRA, F. A.; BONOMO, Paulo; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; MARTINS, G. C. F.; CARDOSO, E. O. Características estruturais de pastos de *Brachiaria decumbens* diferidos por 140 dias e estratégias de adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 333-339, 2011.

Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F.; Lopes, S. A.; Prados, L. F.; Chizzotti, M. L.; Machado, P. A. S.; BISSARO, L. Z.; FURTADO, T. 2016. Br-Corte 3.0. **Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados.** Disponível em www.brcorte.com.br. Acesso em 05/12/2018.

VILLARES, J. B. Zebu e produtividade de bovinos nos trópicos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Belo Horizonte, 1984. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 76p., 1984.

ZEN, S.; BARROS, G. S. Evolução do mercado brasileiro da carne bovina. In: PIRES, A. V. **Bovinocultura de corte.** Piracicaba: FEALQ, v. 1, p. 41, 2010.

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Amajari, Roraima, Brasil.

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁶ Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, Brasil.

EXTRATO ALCALOÍDICO DE *PROSOPIS JULIFLORA* EM ALTERNATIVA À MONESINA SÓDICA

*Edileusa de Jesus dos Santos⁷,
Mara Lúcia Albuquerque Pereira⁸,
Larisse Borges de Sousa⁹,
George Soares Correia¹⁰*

RESUMO

Os aditivos utilizados na alimentação animal, em especial nos ruminantes, alteram o padrão de fermentação dos alimentos e proporcionem benefícios nutricionais, metabólicos e do desempenho animal. Durante muito tempo os aditivos sintéticos foram utilizados, contudo, até o presente momento não se sabe qual o efeito dos aditivos sintéticos, como a monensina, para a saúde humana. A prova disso é que em muitos países da União Europeia é vetada a utilização de monensina. Portanto, vem crescendo os estudos com a utilização de aditivos naturais provenientes de plantas, a exemplo dos extratos alcaloídicos da *Prosopis juliflora*, que vem se destacando por possuir propriedades antimicrobianas semelhantes às dos ionóforos. Portanto, o extrato alcaloídico da algarobeira seria uma boa opção para ser adicionado às rações.

Palavras-chave: Aditivo natural; Alcaloides piperidínicos, Ionóforos.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a nutrição adequada é fundamental em qualquer sistema de produção animal (GONZAGA NETO et al., 2006). É comum que o manejo nutricional adequado não ocorra em função das condições edafoclimáticas, uma vez que os animais ruminantes são criados, em sua maioria, no sistema extensivo. Atualmente tem se buscado métodos não invasivos, coletas de curta duração com redução do estresse animal, manejos adequados com a finalidade de melhorar o desempenho, a eficiência produtiva com aumento da síntese de

proteína microbiana e a utilização de alimentos alternativos abundantes na região, objetivando reduzir custos com alimentação nesse sistema e, por conseguinte, acrescer a rentabilidade.

A vegetação do semiárido brasileiro apresenta grande potencial de produção de forragem, constituindo, na maioria das vezes, a principal fonte de alimentação animal. Dentre as espécies forrageiras destaca-se a algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.), um membro da família Leguminosae muito apreciada como alimento para ruminantes, principalmente na época seca do ano, sendo recomendada por diversos autores (REBOUÇAS, 2007; OLIVEIRA, 2009; ARGOLO et al., 2010; ALVES et al., 2012; PEREIRA et al., 2013) para utilização em substituição ao milho e/ou como componente adicional à dieta, no entanto, há poucos estudos sobre a influência dos alcaloides da algaroba sobre o perfil da fermentação ruminal. Sabe-se que as propriedades antimicrobianas dos alcaloides assemelham-se as dos ionóforos (SINGH et al., 2011), que são utilizados largamente como aditivos na nutrição de ruminantes.

Dentre os ionóforos, a monensina sódica se sobressai em função de seus benefícios, sendo o ionóforo mais utilizado. Entretanto, a utilização do ionóforo está proibida na União Europeia (EUROPEAN UNION, 1998) pelo seu poder residual, o que reforça a importância de pesquisas para testar a eficácia de extrato de alcaloide como aditivo alternativo sem representar risco à saúde humana.

Extratos alcaloídicos retirados de várias partes da algaroba foram avaliados por Singh et al. (2011) quanto à propriedade antibacteriana e observaram que os extratos das folhas apresentaram maior atividade em relação as demais partes da planta. Quando compararam a zona de inibição criada por alcaloides com a da sulfa e dos antibióticos padrões, como ampicilina, tetraciclina, cloranfenicol, oflaxacin, refampin, estreptomicina, estes demonstraram zona de inibição similar. Deste modo, sugere-se que as propriedades antimicrobianas dos alcaloides assemelham-se as dos ionóforos, que são utilizados largamente como aditivos na nutrição de ruminantes.

REVISÃO DE LITERATURA

Ionóforos

Os ionóforos são antibióticos da classe de compostos heterocíclicos, contendo oxigênio, e da subclasse de antibióticos polieter. Surgiram na década de 70 como resultado da fermentação de vários tipos de actinomicetos, produzidos principalmente por bactérias do gênero *Streptomyces* (REIS, 2006). Inicialmente a monensina foi utilizada como coccidiostático em aves. Em 1975 o Food and Drug Administration aprovou o seu uso para bovinos em confinamento como promotor de crescimento (MCGUFFEY, 2001).

Existem em média 120 diferentes tipos de ionóforos, entretanto, apenas a monensina, lasalocida, salinomicina e laidlomocina propionato são aprovadas como aditivos alimentares para ruminantes (REIS, 2006). São inúmeros os efeitos dos ionóforos nos ruminantes em função das diferenças entre animais, condições corporais, dietas, estágios fisiológicos, entre outros. Contudo, seus efeitos para o metabolismo ruminal e, conseqüentemente, na eficiência produtiva do animal são positivos (ARAÚJO et al., 2006).

Os ionóforos têm pequenas diferenças entre si, como a especificidade por cátions e a capacidade de atingir determinadas concentrações ruminais (PRESSMAN, 1976). Cada ionóforo é capaz de se ligar conforme seu tamanho com um cátion apropriado. O complexo formado, ionóforo-cátion, fixado na superfície da bactéria, se solubiliza na bicamada lipídica das membranas celulares. Uma vez solubilizada na membrana celular, o complexo realiza o “antiporte” com um hidrogênio protonado. Dessa forma, desenvolvem-se gradientes catiônicos e as relações de afinidade entre ionóforo e cátions levam aos resultados primários de aumento da concentração intracelular de H⁺ e mudanças iônicas secundárias (MCGUFFEY, 2001).

Monensina sódica

A monensina é um ionóforo, antibiótico relativamente estável no fluido ruminal, líquido abomasal e fezes, e, aparentemente, não é absorvida e nem tão pouco degradada pelos microrganismos (DONOHO, 1984). É utilizada com o objetivo de aumentar o desempenho dos animais, bem como melhorar a sua eficiência energética, pois esta modifica os produtos finais da fermentação dos alimentos por meio da inativação das bactérias gram positivas por apresentar uma membrana porosa, não seletiva.

O efeito da monensina sobre as bactérias gram positivas decorre da própria

estrutura química da molécula de monensina, que é altamente lipofílica e com aptidão para se ligar à prótons. Esta se adere à membrana celular da bactéria, rica em lipídios, catalisando a entrada ou saída de determinados íons (RUSSELL et al., 1987), enquanto que, de acordo com Russell e Wallace (1997); Russell e Strobel (1989), as bactérias gram negativas possuem uma parede celular de peptídeoglicanos e uma membrana externa de proteção com canais que não permitem que as mesmas sofram os efeitos dos ionóforos, de modo que a membrana interna permanece protegida da ação da monensina.

Desse modo, a monensina sódica inibe as bactérias gram positivas, produtoras de acetato, butirato, H_2 e CH_4 , por selecionar as bactérias gram negativas no rúmen, produtoras de propionato e succínico (CHEN e WOLIN, 1979; MACHADO e MADEIRA, 1990; RUSSELL e WALLACE, 1997), alterando os produtos finais da fermentação, com aumento da proporção de propionato e redução das proporções de acetato, butirato e produção de metano em até 30%, podendo ocorrer aumento da energia líquida das dietas, além da diminuição da produção de ácido láctico e redução nas perdas de aminoácidos, que seriam potencialmente fermentados no rúmen (MCGUFFEY et al., 2001).

Monensina sódica faz o antiporte de sódio/potássio, com decréscimo na concentração de potássio celular e influxo de prótons, resultando na diminuição do pH intracelular e, com esse abaixamento de pH, a monensina catalisa efluxo de prótons em mudança com sódio (RUSSEL, 1987; CHEN e RUSSEL, 1989; RUSSEL e STROBEL, 1989). Na tentativa de parar a queda de pH, a célula transporta prótons para fora, por meio das bombas de Na^+/K^+ e de próton ATPase. Inicialmente, a célula ainda continua capaz de metabolizar glicose, entretanto, após um tempo, ocorre diminuição do metabolismo interno pelo gasto de energia com as bombas de Na^+/K^+ e de próton ATPase, com posterior declínio da concentração de ATP intracelular, o qual ocasiona letargia ou morte celular (RUSSEL e STROBEL, 1989).

Em síntese, o processo de ação da monensina ocorre inicialmente porque o ionóforo se liga a uma substância polar e atua como agente transportador de íons H^+ e de cátions, principalmente K^+ e Na^+ , o que leva ao acúmulo de H^+ no interior da célula bacteriana, causando redução do pH. O acúmulo de H^+ no citoplasma promove uma quebra do equilíbrio de geração de energia pela célula bacteriana, além de gasto de energia para a retirada do excedente de H^+ interno, levando a célula à morte por tentar estabilizar o pH, assumindo, assim, um nicho

microbiano sem expressão ruminal (RUSSELL e STROBEL, 1989).

O ionóforo monensina diminui ainda o crescimento de bactérias proteolíticas (HINO e RUSSEL, 1986) e a degradação de proteína dietética (RUSSEL e MARTIN, 1984; BARBOSA et al., 2001), reduzindo a produção de proteína microbiana, aumentando a quantidade de proteína alimentar que chega ao duodeno para ser digerida. Assim, esse ionóforo é eficiente em melhorar a conversão alimentar de animais confinados quando a dieta utilizada possui fontes de proteína verdadeira e inclusão adequada de lipídios, especialmente de fontes insaturadas (LANA e FOX, 2001).

De acordo com Araújo et al. (2006), o ionóforo inibe o apetite devido ao gosto amargo, e a monensina tem causado redução no consumo de alimento, entretanto, não afeta negativamente o desempenho dos animais. Além disso, reduz a viscosidade do fluido ruminal em animais com timpanismo, melhora o desempenho em função da estabilização do ambiente ruminal e protege o trato gastrointestinal dos agentes patogênicos.

A monensina atua das mais diversas formas, sendo influenciada pela qualidade e proporção de volumoso: concentrado da dieta. Em razão disso, Araújo et al. (2007), estudando o efeito da monensina na dieta de ovelhas alimentadas com 78% de cana-de-açúcar, notaram diminuição linear nos consumos e na digestibilidade da FDN e FDA. Estes atribuíram a diminuição do consumo à interferência da monensina na população das bactérias celulolíticas que, em sua maioria, são Gram positivas, e à baixa qualidade da fibra ofertada. Em contrapartida, Araújo et al. (2006), ao ofertarem 70% de feno de Tifton como volumoso para ovinos alimentados com dietas contendo níveis de monensina sódica, não observaram efeitos sobre o consumo de matéria seca, assim como o pH ruminal.

Já Rodrigues et al. (2001) relataram que a monensina pouco influenciou o consumo de ovinos quando consumiram dieta com maior proporção de volumoso. Entretanto, ocorreu uma diminuição acentuada (36,7%) no consumo da dieta mista, enquanto que, para o consumo da dieta concentrada, não houve variação. Para a retenção de nitrogênio, ocorreu um aumento linear a medida que se acrescia a proporção de concentrado na dieta e das doses de monensina. Os autores verificaram, ainda, aumento da digestibilidade da proteína e da fibra em decorrência do menor consumo de alimento, o que os levou a afirmar que os efeitos da monensina são mais acentuados em dietas predominantemente com volumoso ou concentrado, em detrimento das dietas mistas.

A inclusão de monensina na dieta, de acordo com Oliveira et al. (2007), reduziu os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais. Todavia, a digestibilidade não foi afetada. A monensina reduziu a perda de nitrogênio pelas fezes, no entanto, notou-se maior retenção de nitrogênio nos animais que foram alimentados com a dieta sem monensina.

Já Ricke et al. (1984) observaram que a monensina aumenta a produção de propionato e diminui os níveis de amônia ruminal ao compararem com a lasalocida como aditivo na alimentação de cordeiros. Enquanto que Gastaldello Junior et al. (2010), ao utilizarem tamponantes associados ou não à monensina sódica em dietas com alta proporção de concentrado para cordeiros da raça Santa Inês, evidenciaram melhor conversão alimentar dos animais que consumiram rações contendo monensina sódica.

Alcaloides de *Prosopis juliflora*

Alcaloides são compostos nitrogenados biologicamente ativos, produto do metabolismo secundário de alguns vegetais, derivados de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácido chiquímico, e também de aminoácidos alifáticos (ornitina, lisina) (PERES, 2008). São conhecidos cerca de 12.000 alcaloides e muitos vêm sendo utilizados como fármacos, estimulantes, entorpecentes e venenos (COZIER et al., 2006). Alguns alcaloides têm sido testados para conhecer seu impacto sobre a função imunológica e outros pelos efeitos imunossupressores.

Esses metabólitos, provenientes do metabolismo secundário da planta, ainda não possuem suas funções fisiológicas completamente elucidadas, no entanto, sua produção é associada à defesa da planta contra herbivoria, ataque de patógenos, radiação solar (MONTANARI Jr, 2002) e, ainda, atua na competição entre plantas e atração de organismos benéficos, como polinizadores, dispersores de sementes e microrganismos simbiotes (PERES, 2008), bem como em alelopatias (SANTOS, 2002).

As propriedades antimicrobianas dos extratos de plantas de *Prosopis juliflora* estão bem estabelecidas, mas há preocupações quanto aos seus efeitos tóxicos.

Os alcaloides extraídos da *Prosopis juliflora* induzem a ativação glial, citotoxicidade e estimula a produção de óxido nítrico, causando danos neurais em

animais intoxicados, segundo relatado por Silva et al. (2007). Esses autores afirmaram que a dosagem de 30 mg/ml de extrato de alcaloides apresentou maior citotoxicidade, medida em função do acúmulo de nitrito, que apresentou valor médio de 15.0871.41 mM. Os mesmos efeitos foram descritos por Figueiredo et al. (1995) e Tabosa et al. (2000), que relataram alterações neuromusculares, incluindo atrofia muscular do masséter, gliose, lesões dos neurônios do núcleo do nervo trigêmeo, também conhecida como doença “cara-torta”. Do mesmo modo, Hughes et al. (2005), ao avaliarem os efeitos citotóxicos de um extrato contendo alcaloides obtidos da vagem da algaroba em células de glioblastoma, constataram inibição do crescimento e alterações morfológicas nas células gliais.

Ao avaliarem os efeitos *in vitro* dos extratos metanólicos dos frutos e o extrato aquoso das folhas de *Prosopis juliflora*, sobre cultivos de larvas de nematódeos gastrintestinais de caprinos, Batatinha et al. (2011) notaram redução expressiva do número de larvas infectantes para os diferentes gêneros, quando utilizaram o extrato metanólico dos frutos, demonstrando que apenas o extrato metanólico da algaroba apresentou efeito no tratamento *in vitro* de nematódeos gastrintestinais de caprinos.

Os efeitos antibiótico de várias partes da *Prosopis juliflora* foram estudados por Singh et al. (2011), que encontraram alcaloides de piperidina em todas as frações analisadas. Observaram, ainda, dois grupos de alcaloides, um com anel indolizidina no centro da molécula e outro sem anel, sendo que a juliprosopina, juliprosina e juliprosinina pertencem ao primeiro grupo dos alcaloides, enquanto que a julifloridina, projulina e prosafrinina ao segundo grupo. Relataram também que juliprosopina e a julifloridina estão presentes em concentrações mais elevadas da fração ativa, sendo, portanto, os principais responsáveis pela atividade antibacteriana de vagem, folha e flor.

Muitos alcaloides, tais como juliflorina, julifloricina, julifloridina (AHMAD et al., 1978), e juliprosina (DAETWYLER et al., 1981), juliprosinina e juliflorinina (AHMAD et al., 1989b), 3'-oxojuliprosopina, seceojuliprosopinol, 3-oxojuliprosina e 3'-oxo-juliprosina (NAKANO et al., 2004) foram isolados a partir de folhas e demonstraram ser farmacologicamente ativos (AHMAD et al., 1989; AQEEL et al., 1989), contudo, pouco trabalho tem sido feito para avaliar a atividade biológica e caracterização química das outras partes das plantas.

Os extratos alcaloídicos retirados da algaroba apresentaram propriedade antibacteriana com potencial de inibir cepas resistentes a antibióticos. Quando compararam a zona de inibição formada por frações ricas em alcaloides com a

dos antibióticos padrões, como ampicilina, tetraciclina, cloranfenicol, oflaxacin, refampin, estreptomina e sulfa, observou-se uma zona de inibição similar. Assim, sugere-se que as propriedades biocidas dos alcaloides, principalmente de juliprosopina, assemelham-se as dos ionóforos, que são largamente utilizados como aditivos na nutrição de ruminantes (SINGH et al., 2011), por aderir-se à membrana celular das bactérias e protozoários, facilitando o movimento de determinados cátions através da membrana. Consequentemente, culminando em baixa concentração intracelular de K^+ , baixo pH e elevada concentração intracelular de Na^+ , forçando as bactérias gram positivas a desenvolver mecanismos de transporte celular para diminuir as concentrações de H^+ e Na^+ e manter o equilíbrio celular, com gasto de ATP, por intermédio da bomba de sódio e potássio. Portanto, a reduzida concentração de K^+ intracelular leva a célula a um desgaste energético, redução da síntese de proteína e menor capacidade de divisão celular. Por fim, a bomba de sódio e potássio não opera eficientemente, levando ao aumento da pressão osmótica, excesso de água na célula com consequente rompimento e morte (BERCHIELLI et al., 2011).

O caráter polar, que confere as propriedades anfotéricas dos alcaloides, deve-se aos anéis indólicos e heterocíclicos, já o caráter apolar deve-se às longas cadeias de carbono. Esta característica de dupla polaridade pode promover um efeito desorganizador da membrana celular, alterando o transporte de íons e outras importantes substâncias, resultando em morte celular, quando em altas concentrações. O mecanismo de ação dos alcaloides da *Prosopis juliflora* consiste na atividade citotóxica gerada pelo bloqueio dos canais de cálcio da membrana celular, o que caracteriza sua propriedade de ionóforo (CHOURDARY et al., 2005).

Sousa (2018), avaliando a adição da monensina e do extrato alcaloídico da algaroba nas dietas para ovinos, observou uma redução de 13,3% na produção de CH_4 (em g/kg FDNcp) quando adicionado o extrato, comparado a monensina.

Por fim, os aditivos fotogênicos como os extratos alcaloídicos podem ter a finalidade de substituir o uso de ionóforos, como a monensina, para manipular a fermentação ruminal, uma vez que os benefícios farmacológicos e antimicrobianos de extratos alcaloídicos de diferentes partes da *Prosopis juliflora* são relatados na literatura, reforçando a importância da realização de novas pesquisas para utilização do extrato alcaloídico da folha e do farelo de vagem *in natura* da *Prosopis juliflora* como aditivo alimentar natural.

REFERÊNCIAS

AHMAD V. U.; BASHA A.; HAQUE W. New Alkaloids from *Prosopis juliflora* DC. **Zeitschrift für Naturforschung**, v. 33, p. 347, 1978.

AHMAD, A.; KHURSHEED, A. K.; SABIHA, Q.; VIQARUDDIN, A. Antifungal activity of some hydrosoluble *Prosopis juliflora* alkaloids, **Fitoterapia**, v. 60, p. 86-89, 1989.

AHMAD, V. U.; SULTANA, A.; QAZI, S. Alkaloids from the leaves of *Prosopis juliflora*. **Journal Natural Products**. v. 52, n. 3, p. 497–501, 1989.

ALVES, E. M.; PEDREIRA, M. S.; PEREIRA, M. L. A.; ALMEIDA, P. J. P; NETO, J. G.; FREIRE, L. D. R. Farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia na alimentação de ovinos: balanço de nitrogênio, N-ureico no plasma e parâmetros ruminais. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 34, n. 3, p. 287-295, 2012.

AQEEL, A.; KHURSHEED, A. K.; VIQARUDDIN, A.; SABIHA, Q. Antimicrobial activity of julifloricine isolated from *Prosopis juliflora*. [Arzneimittel Forschung](#), v. 39, n. 6, p. 652–655, 1989.

ARAÚJO, J. S.; PÉREZ, J. R. O.; OLIVEIRA, V.; BRAGA, G. C.; PEIXOTO, E. C. T. M. Monensina sódica no consumo e digestibilidade aparente das fibras em detergente neutro e ácido da dieta em ovinos. **Archives of Veterinary Science** v. 12, n. 1, p. 28-34, 2007.

ARAÚJO, J.S.; PEREZ, J.R.O.; PAIVA, P.C.; PEIXOTO, E.C.T.M.; BRAGA, G.C.; OLIVEIRA, V.; VALLE, L.C.D. Efeito da monensina sódica no consumo de alimentos e pH ruminal em ovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 1, p. 39-43, 2006.

ARGÔLO, L. S.; PEREIRA, M. L. A.; DIAS, J. C. T.; CRUZ, J. F.; DEL REI, A. J.; OLIVEIRA, C. A. S. Farelo da vagem de algaroba em dietas para cabras lactantes: parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 541-548, 2010.

BARBOSA, N. G. S.; LANA, R. P.; MÂNCIO, A. B.; BORGES, A. C.; QUEIROZ, A. C.; OLIVEIRA, J. S. Fermentação da proteína de seis alimentos por microrganismos ruminais, incubados puros ou com monensina ou Rumensin®. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1316-1324, 2001.

BATATINHA, M. J. M.; ALMEIDA, G. N.; DOMINGUES, L. F.; SIMAS, M. M. S.; BOTURA, M. B.; CRUZ, A. C. F. G.; ALMEIDA, M. A. O. Efeitos dos extratos aquoso e metanólico de algaroba sobre culturas de larvas de nematódeos gastrintestinais de caprinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 514-519, 2011.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011, 616p.

CHEN, G.; RUSSELL, J. B. More monensin-sensitive, ammonia producing bacteria from the rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, p. 1052-1057, 1989.

CHEN, M.; M. J. WOLIN. Effect of monensina and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 38. n. 1, p. 72-77, 1979.

CHOUDHARY, M. I.; NAWAZ, S. A.; ZAHEER-UL-HAQ; AZIM, M. K.; GHAYUR, M. N.; LODHY, M. A.; JALIL, S.; KHALID, A.; AHMED, A.; RODE, B. M.; ATTA-UR-RAMAN; GILANI, A. H.; AHMAD, V. U. Juliflorine: A potent natural peripheral anionic-site-binding inhibitor of acetylcholinesterase with calcium-channel blocking potential, a leading candidate for Alzheimer's disease therapy. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 332, p. 1171-1179, 2005.

COZIER, A.; CLIFFORD, M.N.; ASHIHARA, H. Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. **Blackwell Publishing**, Oxford, p. 372, 2006.

DAETWYLER, P.; OTT-LONGONI, R.; SCHÖPP, E.; HESSE, M. Juliprosine, a further alkaloid from *Prosopis juliflora* A. DC, Helvetica Chimica Acta. v. 64: p. 1959-1963, 1981.

DONOHO, A. L. Biochemical studies on the fate of monensin in animals and in environmente. **Journal of Animal Science**, v. 58, p. 1528-1539, 1984.

EUROPEAN UNION. **Agriculture Council**. 14 December 1998, press released n°14127, 1998.

FIGUEIREDO L. J. C., FERREIRA M. M., TÁVORA J. P. F., DANTAS J.; SIMÕES S. D. Estudo clínico e anatomopatológico da doença “cara torta” em bovinos no nordeste brasileiro. **Arquivo de Medicina Veterinária– UFBA** v.

18, n. 1, p.v175–183, 1995.

GASTALDELLO JUNIOR, A. L.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C. Q.; FERREIRA, E. M.; MOURÃO, G. B. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 556-562, 2010.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A. G.; ZEOLA, N. M. B. L.; MARQUES, C. A. T.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA FILHO, J. M.; FERREIRA, A. C. D. Características quantitativas da carcaça de cordeiros deslanados Morada Nova, em função da relação volumoso: concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1487-1495, 2006.

HUGHES, J. B.; SOUSA, J. S.; BARRETO, R. A.; SILVA, A. R.; SOUZA, C. S.; SILVA, V. D. A.; SILVA, B. M. P.; FREITAS, S. R. V. B.; COSTA, M. F. D.; EL-BACHÁ, R. S.; BATATINHA, M. J. M.; TARDY, M.; VELOSO, E. S.; COSTA, S. L. Cytotoxic effects of an extract containing alkaloids obtained from *Prosopis juliflora* Sw. D.C. (Algaroba) pods on glioblastoma cells. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 6, n. 1, p. 31–41, 2005.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção da Pecuária**, v. 37, 2012. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagrop> Acesso em: 20 de março de 2019.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção da Pecuária**, v. 37, 2013. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagrop> Acesso em: 20 de março de 2019

LANA, R. P.; FOX, D. G. Interações entre monensina sódica, óleo de soja e fontes de nitrogênio no desempenho de novilhos Aberdeen angus em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 247-253, 2001.

MACHADO, P. F.; MADEIRA, H. M. F. Manipulação de nutrientes em nível de rúmen – efeitos do uso de ionóforos. In: **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: Fealq, p.79-96, 1990.

MCGUEFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: Currents status and future outlook. **Journal of Animal Science**. v. 84, p. 194-203, 2001.

MONTANARI JÚNIOR, I. **Aspectos da produção comercial de plantas medicinais nativas**. Campinas: CPQBA-UNICAMP, 2002. 7p. Disponível em: <http://www.cpqba.unicamp.br/plmed/artigos/producao.htm>>. Acesso em 20 de março de 2019.

NAKANO, H.; NAKAJIMA, E.; HIRADATE, S.; FUJII, Y.; YAMADA, K.; SHIGEMORI, H.; HASEGAWA, K. Growth inhibitory alkaloids from mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) leaves. **Phytochemistry**, v. 65, n. 5, p. 587–591, 2004.

OLIVEIRA, C.A.S. **Farelo da Vagem de Algaroba em Substituição ao Milho Grão Moído em Dietas para Cabras em Lactação**. 2009. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga, 2009.

OLIVEIRA, J. S.; QUEIROZ, A. C.; LANA, R. P.; MANTOVANI, H. C.; GENEROSO, R. A. R. Efeito da monensina e da própolis sobre a atividade de fermentação de aminoácidos *in vitro* pelos microrganismos ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 275-281, 2006.

OLIVEIRA, J. S.; ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. **Uso de aditivos na nutrição de ruminantes**. *Revista Electrónica de Veterinária REDVET*, v. 6, n. 11, 2005. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111105.html>. Acesso em 20 de março de 2019.

OLIVEIRA, M. V. M.; LANA, R. P.; EIFERT, E. C.; LUZ, D. F.; PEREIRA, J. P.; PÉREZ, J. R. O.; VARGAS JUNIOR, F. M. Influência da monensina sódica no consumo e na digestibilidade de dietas com diferentes teores de proteína para ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 643-651, 2007.

PEREIRA, T. C. J.; PEREIRA, M. L. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; ARGOLO, L. S.; SILVA, H. G. O.; PEDREIRA, M. S.; ALMEIDA, P. J. P.; SANTOS, A. B. Mesquite pod meal in diets for lactating goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 2, p. 102-108, 2013.

PERES, L. E. P. **Metabolismo Secundário**. 2008 Disponível no site: <http://www.ciagri.usp.br/~lazaropp>. Acesso em 20 de março de 2019.

PRESSMAN, B.C. Ionophorus antibiotics as model for biological transport. **Fedding Process**, v. 27, p. 1283-1288, 1976.

REBOUÇAS, G. M. N. **Farelo de vagem de algaroba na alimentação de ovinos santa Inês**. 2007. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga, 2007.

REIS, R. A.; MORAIS, J. A. S.; SIQUEIRA, G. R. Aditivos alternativos para a alimentação de ruminantes. In...**Anais II Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal (II CLANA)** São Paulo. SP. (Palestra Técnica). 2006. p.40.

RICKE, S. C.; BERGER, L. L.; VAN DER AAR, P. J.; FAHEY, G.C. Effects of lasalocid and monensin on nutrient digestion, metabolism and rumen characteristics of sheep. **Journal of Animal Science**, v.58, n. 1, p.194-202, 1984.

RODRIGUES, P. H. M.; MATTOS, W. R. S.; MELOTTI, L.; RODRIGUES, R. R. Monensina e digestibilidade aparente em ovinos alimentados com proporções de volumoso/concentrado. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 449-455, 2001.

RUSSEL, J. B.; STROBEL, H. J. Minireview. Effect of ionóforos on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 1-6, 1989.

RUSSEL, J. B.; WALLACE, R. J. Energy-yielding and energy consuming reactions. **The Rumen Microbial Ecosystem**, Second Edition, p. 267-268, 1997.

RUSSELL, J. B.; WALLACE, R. J. Energy-yielding and energy consuming reactions. In: HOBSON, P. N. (Ed). **The rumen microbial ecosystem**. 2nd ed. Essex: Elsevier, p. 246-273, 1997.

RUSSELL, J. B. A proposed model of monensin action in inhibiting ruminal bacteria growth: effects on ion flux and proton motive force. **Journal of Animal Science**, v. 64, n. 5, p.1519-1525, 1987.

RUSSELL, J. B.; MARTIN, S. A. Effects of various methane inhibitors on the fermentation of amino acids by mixed rumen microorganisms *in vitro*. **Journal of Animal Science**, v. 59, n. 5, p. 1329-1338, 1984.

SANTOS, R. I. Metabolismo Básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O., SCHENKEL, E. P., GOSMAN, G., MELLO, J. C. P., MENTZ, L. A. PETROVICK, P. R. **Farmacognosia – da planta ao medicamento**. 4. ed. Porto Alegre/Florianópolis. Editora da Universidade, p. 333-365. 2002.

SILVA, A. M. M.; SILVA, A. R.; PINHEIRO, A. M.; FREITAS, S. R.; SILVA, V. D.; SOUZA, C. S.; HUGHES, J. B.; EL-BACHÁ, R. S.; COSTA, M. F.; VELOZO, E. S.; TARDY, M.; COSTA, S. L. Alkaloids from *Prosopis juliflora* leaves induce glial activation cytotoxicity and stimulate NO production. **Toxicol.** v. 49, p. 601-614. 2007.

SINGH, S.; SWAPNIL, S. K.V. Antibacterial properties of Alkaloid rich fractions obtained from various parts of *Prosopis juliflora*. **International Journal of Pharma Sciences and Research.** v. 2, n. 3, p. 114-120, 2011.

SOUSA, L. B. Alcalóides piperidínicos de *prosopis juliflora* como aditivo nutricional para cordeiros. 2018. 57 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga, 2018.

TABOSA, I. M.; SOUZA, J. C. A.; GRAÇA, D. L.; BARBOSA-FILHO, J. M.; ALMEIDA, R. N.; RIET-CORREA, F. Neuronal vacuolation of the trigeminal nuclei in goats caused by ingestion of *Prosopis juliflora* pods. **Veterinary and Human Toxicology.** v. 42, n. 3, p.155-158. 2000.

⁷ Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Novo Paraiso, Roraima, Brasil.

⁸ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, Brasil.

⁹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, Brasil.

¹⁰ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, Brasil.

USO DA PROTEÍNA NA DIETA DE HÍBRIDOS DE SURUBIM (*Pseudoplatystoma* sp.)

Rafael Pereira Barros¹¹,
Luís Gustavo Tavares Braga¹²,
Joaldo Rocha Luz¹³,
Francisco Oliveira de Magalhães Júnior¹⁴

RESUMO

O Brasil é um dos países com grande evidência na aquicultura mundial, devido oferecer condições naturais, aspectos socioeconômicos e um grande número de espécies nativas de peixes, que apresentam potencial para o cultivo e comercialização. Dentre essas espécies, destaca-se as do gênero *Pseudoplatystoma* que tem uma carne de sabor bastante apreciado pelos consumidores. No entanto, fatores negativos como o canibalismo têm limitado a utilização das espécies desse gênero em sistemas de produção. Contudo, os produtores têm se utilizado da técnica de hibridação como uma alternativa para minimizar esses fatores contraproducentes. Outra dificuldade que esses criadores têm tido, com o uso dos híbridos do *Pseudoplatystoma* em criatórios, é a falta de informações sobre as exigências nutricionais, principalmente sobre as proteicas. A exigência de proteína das espécies carnívoras, como é o caso deste gênero e de seus híbridos, quando comparadas com as espécies de outros hábitos alimentares, é mais elevada. Entretanto, o excesso desse nutriente nas dietas das espécies carnívoras, interfere de forma negativa no desempenho produtivo destes animais, acarretando o aumento nos custos com alimentação, geração de resíduos em excesso e ocasionando impactos ambientais nos sistemas de produção aquícola. Portanto, o conhecimento sobre as reais necessidades nutricionais de proteínas para híbridos desse gênero, permite um desenvolvimento sustentável para a cadeia produtiva destes animais.

Palavras-chave: *Leiarius marmoratus*. Aquicultura. Pintado da amazônia. Nutrição animal. Hibridação congênica.

INTRODUÇÃO

De acordo com dados da FAO (2006), em 2004 a pesca extrativista e a aquicultura, juntas, forneceram à população mundial pouco mais de 106 milhões de toneladas de pescados, que gerou um consumo *per capita* aparente de pescado de 16,6 kg. Já em 2014, estas forneceram 146 milhões de toneladas, gerando um consumo *per capita* de pescado de pouco mais de 20 kg por ano. Segundo Brabo et al. (2016) o pescado representa 6,5% do total de proteína animal e vegetal consumida atualmente pela população mundial, se for considerada apenas a proteína animal, a participação do pescado sobe para 16,7%. Esses valores são superiores aos observados em outros setores produtores de proteínas de origem animal, como bovinocultura, suinocultura e avicultura (FAO, 2016).

A América do Sul, em especial o Brasil, é a região mundial com maior potencial para a evolução da aquicultura, pois apresenta condições naturais e aspectos socioeconômicos que favorecem o desenvolvimento da produção aquícola (BRAVO et al., 2016). E acompanhando a tendência mundial, a aquicultura brasileira tem se expandido nos últimos anos. Assim, entre 2013 e 2015, o crescimento aquícola nacional foi de 21% (IBGE, 2013, 2015). A aquicultura continental é responsável por grande parte da produção aquícola brasileira. Das quase 562 mil toneladas de pescado produzidas no país em 2014, pouco mais de 474 mil toneladas (85%), foram provenientes da produção continental (FAO, 2016). A aquicultura continental é baseada, principalmente, na criação de peixes (BRABO et al., 2016). E um dos motivos para essa elevada participação da piscicultura deve-se ao grande número de espécies nativas de peixes, que apresentam potencial para o cultivo e comercialização (CAMPECHE et al., 2011).

Atualmente, as principais espécies de peixes nativas criadas no Brasil são: o tambaqui (*Colossoma macropomum*), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), os surubins (*Pseudoplatystoma* spp.), os matrinxãs (*Brycon* spp.), o pirarucu (*Arapaima gigas*), os pias (*Leporinus* spp.), o jundiá (*Rhamdia quelen*), o tucunaré (*Cichla* spp.), os dourados (*Salminus* spp.) e o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). Dentre essas espécies, destaca-se as do gênero *Pseudoplatystoma*, quem têm um sabor acentuado, o que é bem apreciado pelos consumidores. No entanto, fatores negativos como canibalismo nas fases de larvas e pós-larvas tem

limitado a utilização das espécies desse gênero em sistemas de produção (HONORATO et al., 2015). Segundo Díaz-Orlato et al. (2009), uma alternativa para minimizar fatores negativos desse gênero em criatórios em cativeiros, é a utilização da técnica de hibridação.

Nos últimos anos, a utilização de híbridos dos *Pseudoplatystoma* tem sido uma prática comum entre os produtores brasileiros, pois os híbridos desse gênero têm apresentado melhores desempenhos produtivos quando comparados as espécies parentais de linhagens puras desse gênero (OLIVEIRA et al., 2014). A técnica de hibridação mais utilizada pelos produtores dos *Pseudoplatystoma* é a denominada hibridação congênica, que é caracterizada pelo cruzamento entre espécies distintas, mas do mesmo gênero, como é o caso do cachapinta, cruzamento do *P. reticulatum* com o *P. corruscans*. Porém, esse tipo de técnica gera diversos produtos genéticos, muitos destes com resultados negativos para os sistemas produtivos de peixes, devido à proximidade dos grupos genéticos utilizados. Segundo Toledo-Filho et al., (1998), quanto mais distantes forem os grupos genéticos, cruzamentos entre distintos gêneros, os resultados com a hibridação são mais positivos.

Independentemente da técnica de hibridação utilizada, a falta de informações sobre as exigências nutricionais, principalmente sobre a exigência proteica, é o aspecto que mais limita a criação dos híbridos do gênero dos *Pseudoplatystoma* em cativeiro (DE SOUZA et al., 2014). Uma vez que, a exigência de proteína das espécies carnívoras, grupo que faz parte as espécies e os híbridos do *Pseudoplatystoma*, quando comparadas com as espécies de outros hábitos alimentares, é mais elevada.

Apesar de na última década ter aumentado o número de estudos realizados acerca da nutrição e alimentação dos peixes nativos e seus híbridos, foram poucos os estudos que focaram no híbrido desse gênero.

TÉCNICAS DE HIBRIDAÇÃO E HÍBRIDOS DO GÊNERO *PSEUDOPLATYSTOMA*

A hibridação é o processo para a formação dos híbridos a partir do cruzamento entre raças, tipos ou populações que não apresentam base genética comum para uma ou mais características hereditárias (COSTA et al., 2014). Segundo Hashimoto et al. (2014), os zoologistas consideram o cruzamento

espontâneo de espécies, a hibridação, como um ocorrido aleatório em animais na natureza. Porém, em sistemas de produção de animais, principalmente de organismos aquáticos, esta pode contribuir de forma significativa, pois minimiza os problemas encontrados na produção da espécie pura, selvagem.

Faustino et al. (2007) relataram que desde o século XIX têm sido estudados os efeitos da hibridação em peixes, isso porque neste grupo de vertebrados, a ocorrência de híbridos na natureza e em cativeiro é relativamente comum. Para esses autores, os fatores como abundância desigual das espécies parentais, locais comuns para desova e falhas nos mecanismos etológicos de isolamento, permitem que o processo de hibridação seja mais comum em peixes do que em mamíferos, aves e répteis.

A hibridação tem sido utilizada na piscicultura com o objetivo de produzir indivíduos que apresentem resultados produtivos melhores do que as espécies parentais, uma vez que essa técnica permite gerar animais que exibem resistência a doenças, alta taxa de crescimento, rápido ganho de peso, resistência a mudanças ambientais, maior qualidade de carne e outras características de interesse zootécnico (HASHIMOTO et al., 2014; MARTINS et al., 2016).

Além disso, na piscicultura, atualmente, um dos grandes desafios é a introdução de novas espécies selvagens nos sistemas de produção em cativeiro, pois muitas delas não se adaptam ao cativeiro por fatores fisiológicos, comportamentais e ambientais (DÍAZ-ORLATE et al., 2009). Dessa forma, a hibridação é uma alternativa para atenuar esses fatores e promover o aumento na produção desses sistemas, tornando-os mais competitivos. Segundo Hashimoto et al. (2012), baseado no relatório da produção aquícola mundial da FAO de 2010, uma proporção significativa da expansão da aquicultura mundial, deve-se ao aumento de cultivo de espécies híbridas, no entanto, as informações disponíveis não fornecem, de forma precisa, a participação dos híbridos na produção de pescado mundial.

No Brasil, nas últimas décadas, tem crescido a criação de peixes híbridos. O exemplo disso é o tambacu, híbrido obtido pelo cruzamento da fêmea do tambaqui (*Colossoma macropomum*) com o macho do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), que tem sido cultivado por gerar uma carne de excelente qualidade, igual as espécies parentais, porém com baixa quantidade de gordura, o que é muito apreciado pelos consumidores (MARTINS et al., 2016).

Segundo Costa et al. (2014), a hibridização que utiliza espécies nativas brasileiras e que é empregada pelos produtores nacionais é o cruzamento do

tambaqui fêmea (*Colossoma macropomum*) com o pirapitinga macho (*Piaractus brachypomus*), originando o tambatinga. Outros híbridos de peixes nativos que vêm sendo produzidos e estudados no Brasil nos últimos anos são espécies da ordem Siluriformes, família Pimelodidae, conhecidos popularmente como bagres. Esses peixes são caracterizados como “peixes de couro”, possuindo corpo redondo e alongado, cabeça achatada e três pares de barbilhões, e tendo hábito alimentar piscívoro. São importantes para a piscicultura brasileira, pois a carne desses peixes é bastante apreciada pelos consumidores (DÍAZ-ORLATE et al., 2009; CORNÉLIO et al., 2014).

Dentre os siluriformes destacam-se peixes do gênero *Pseudoplatystoma*, também conhecidos como surubins. Esse gênero é composto por espécies como *P. corruscans* (pintado), *P. fasciatum* (cachara) e *P. tigrinus* (camapari ou pirambucu), e estes são encontrados nas principais bacias hidrográficas sul-americanas, como a Amazônica, Prata e São Francisco. A carne dos surubins é considerada um produto nobre por apresentar uma coloração clara, sabor acentuado, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares. Essa característica faz desses peixes, entre os de água doce, os de maior valor comercial do Brasil (FANTINI et al., 2013; HONORATO et al., 2015). As espécies do gênero *Pseudoplatystoma* apresentam potencial para a atividade aquícola por possuírem características zootécnicas e comerciais valorizadas pelo mercado consumidor (FAUSTINO et al., 2007; MATEO et al., 2008; CORNÉLIO et al., 2014; HONORATO et al., 2015). Entretanto, um dos fatores limitantes da criação dessas espécies em viveiros são as altas taxas de canibalismo nas fases de larva e pós-larva (MATEO et al., 2008). Essa afirmação pode ser confirmada no estudo feito por Díaz-Orlate et al. (2009), sobre efeitos da densidade e disponibilidade de alimentos sobre o desenvolvimento e sobrevivência das larvas de cachara (*P. fasciatum*), em que se observou taxas de sobrevivência de 7 a 47% entre os tratamentos analisados. Os autores atribuíram esses resultados a dois fatores: a dificuldade destes animais de se alimentarem com rações inertes e ao canibalismo, que é um comportamento comum para essa espécie na fase de larvicultura.

O problema do canibalismo nas fases iniciais da criação das espécies de *Pseudoplatystoma* é um dos principais entraves na produção em cativeiro desses peixes, pois isso acarreta diminuição dos índices de sobrevivência nessas fases, conseqüentemente, interferindo no aumento do valor cobrado pelos juvenis. A utilização de surubins híbridos nos sistemas de produção tem minimizado esse

entreve, uma vez que, pode reunir as características das espécies parentais com melhor desempenho (SOUZA et al., 2014).

De acordo com Oliveira et al. (2014), híbridos de *Pseudoplatystoma corruscans* com *P. reticulatum*, conhecidos como cachapinta, são comercializados porque apresentam melhor desenvolvimento e docilidade quando comparados aos peixes das espécies parentais de linhagens puras. Por esse motivo, o híbrido vem sendo preferido pelos produtores.

Essa hibridação supracitada é classificada como congênica, quando ocorre cruzamento entre espécies distintas dentro do mesmo gênero. Entretanto, para Mateo e Rojas (2005) e Mateo et al. (2008), quando objetiva-se obter resultados favoráveis contra o canibalismo nas fases iniciais da criação das espécies do gênero *Pseudoplatystoma*, a alternativa mais viável é a utilização da hibridação intergenérica, que é quando ocorre o cruzamento entre espécies de gêneros diferentes. Para estes autores, uma espécie indicada para o cruzamento com os *Pseudoplatystoma* seria *Leiarius marmoratus*.

Leiarius marmoratus é conhecida popularmente como jundiá da Amazônia, bagre, bagre negro ou yaque, pertence a ordem Siluriformes, família Pimelodidae. Essa espécie apresenta tendência onívora, porém tem hábito alimentar piscívoro e ultimamente vem se destacando na piscicultura brasileira pelas características organolépticas de excelente qualidade de sua carne branca (MORA SÁNCHEZ et al., 2009; FARIA et al., 2011; HONORATO et al., 2014). De acordo com Souza et al. (2014), essa espécie se adapta com facilidade em confinamento, apresenta facilidade no consumo de dietas secas e bom crescimento nos estágios iniciais de vida.

Em cultivos, o híbrido de *P. fasciatum* e *L. marmoratus* apresentou resultados positivos com menor taxa de canibalismo, quando comparado com os observados no cultivo do *P. fasciatum*, durante as fases pós-larva e alevino. Além disso, esse híbrido aceitou com facilidade rações e alimentos concentrados, o que não se observa nas espécies puras (MATEO e ROJAS, 2005; MATEO et al., 2008). Contudo, ainda são escassos os trabalhos sobre os aspectos nutricionais desse híbrido, como também, de outros híbridos intergenéricos dos *Pseudoplatystomas*.

NUTRIÇÃO DE HÍBRIDOS DE SURUBIM (*PSEUDOPLATYSTOMA* SP.)

Em sistemas de criações de espécies de interesse aquícola, as despesas com alimentação representam, em média, 52,19% do custo total de produção (SOUZA et al., 2014). Segundo Honorato et al. (2015), apesar desse alto custo das dietas, os resultados produtivos obtidos ainda são insatisfatórios, com os animais apresentando reduzido ganho de peso e uma alta conversão alimentar, conseqüentemente, aumentando o tempo do ciclo produtivo.

De acordo com Santos et al. (2013), nas criações de peixes carnívoros, os gastos com alimentação são mais acentuados e podem chegar a até 70% dos custos de produção, isso porque, a exigência dessas espécies por proteína é maior quando comparadas a espécies de outro hábito alimentar. Dessa forma, torna-se necessário o fornecimento de rações com altos teores de proteínas, o que aumenta os custos de produção para os produtores.

Por esse motivo Cyrino e Fracalossi (2012), ressaltaram o envolvimento de pesquisadores e indústrias de alimentação de organismos aquáticos na busca do desenvolvimento de rações de alto valor nutricional e alta digestibilidade, porém de baixo valor econômico, que garantam maior rentabilidade nos sistemas de produção da piscicultura. Para estes autores, até o final da década de 90, para alcançar esse objetivo, as indústrias brasileiras de alimentação de organismos aquáticos, utilizavam somente o conhecimento sobre fisiologia digestiva. Dessa forma, as rações eram produzidas de acordo com o hábito alimentar dos peixes, que eram agrupados de acordo com suas preferências: carnívora, herbívora e onívora. Contudo, as espécies de peixes com a mesma preferência alimentar, muitas vezes, apresentam exigências nutricionais diferentes, por esse motivo as respostas produtivas dos peixes de mesmo hábito alimentar a essas rações, exibiam desempenho produtivo desuniforme.

Assim, nos sistemas de produção de peixes nativos brasileiros, a falta de informações sobre as exigências nutricionais das espécies é um dos obstáculos (DE SOUZA et al, 2014). Segundo De Souza et al. (2014) para atender o crescente interesse dos piscicultores nacionais pelo cultivo de peixes nativos, principalmente os carnívoros. Por isso, ocorreu um aumento do número de pesquisas sobre nutrição, em especial, em relação as exigências nutricionais sobre macronutrientes, para que fossem criados pacotes tecnológicos que atendam aos anseios destes produtores. Dessa forma, na última década, ficou evidente o aumento exponencial no número de estudos realizados acerca da nutrição e alimentação dos peixes carnívoros como: pirarucu – *Arapaima gigas* (ITUASSÚ et al., 2005), pacamã – *Lophiosilurus alexandri* (MORO SÁNCHEZ

et al., 2009; SALARO et al., 2015) e as espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus híbridos congêneros (DÍAZ-OLARTE et al., 2009; ALMEIDA FILHO et al., 2012; BICUDO et al., 2012; CORNÉLIO et al., 2014; HONORATO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014; HONORATO et al., 2015; MELO et al., 2016). No entanto, são poucos os estudos que focaram no híbrido intergenérico desse gênero, destacando-se o de Souza et al. (2014), que estudaram a relação da proteína: carboidrato no desempenho e no metabolismo e o de Bernardes et al. (2016), sobre os efeitos da relação carboidratos/lipídios sobre o crescimento e composição corporal. Ambos autores estudaram o híbrido intergenérico jundiara.

Dessa forma, é fundamental a realização de mais pesquisas, principalmente focando nas exigências nutricionais dos macronutrientes como exemplo a proteína, que permitam o aprimoramento e introdução de tecnologias nos cultivos do híbrido surubim com o objetivo de torná-los mais produtivos e competitivos.

PROTEÍNA NA DIETA DE HÍBRIDOS DE SURUBIM (*PSEUDOPLATYSTOMA* SP.)

De acordo com Almeida Filho et al. (2012), nos últimos anos vêm sendo consideradas fundamentais para a aquicultura as pesquisas em nutrição de peixes acerca da utilização, digestão e desempenho de macronutrientes, por estas serem essenciais na tentativa de aumentar a lucratividade dos sistemas de produção aquícolas, principalmente das espécies nativas, como as de *Pseudoplatystoma* spp.

Seguindo este pensamento, Honorato et al. (2015) afirmaram que por possuírem características zootécnicas e organolépticas adequadas, as espécies de *Pseudoplatystoma* apresentam potencial na aquicultura. No entanto, para isso, é necessário avançar nas pesquisas e ampliar os conhecimentos sobre as necessidades nutricionais destas espécies para o real desenvolvimento da cadeia produtiva desses peixes. Para esses autores, nos cultivos de peixes nativos em cativeiros, a falta de conhecimento, em especial sobre nutrição, acerca das exigências nutricionais de macronutrientes, são um dos principais problemas que ocasionam o insucesso nos sistemas de produção dessas espécies. E uma das causas disso é que os produtores de espécies nativas utilizam dietas fornecidas para peixes exóticos, elaboradas para atender as exigências nutricionais daquelas

espécies. Porém, na maioria das vezes, as rações utilizadas não são adequadas às exigências nutricionais das espécies nativas, o que interfere de forma negativa no desempenho produtivo destes animais, acarretando o aumento nos custos com alimentação em sistemas de produção aquícola. Além disso, podem acarretar excesso de resíduos, como exemplo a amônia, que são eliminados no ambiente, afetando a qualidade da água do sistema de produção, e possibilitando a ocorrência de impactos ambientais (SOUZA et al., 2014).

Segundo Córnelio et al. (2014), para os peixes do gênero *Pseudoplatystoma*, por terem hábito alimentar carnívoro, o macronutriente mais importante é a proteína, já que dela os animais extraem os aminoácidos para a formação das proteínas musculares. No entanto, esse nutriente é também o de maior custo na dieta para peixes (SOUZA et al., 2014). Por isso, é necessário aprofundar mais o conhecimento em relação às exigências, já que níveis menores de proteínas nas dietas podem afetar de forma negativa o desempenho produtivo destes animais. Em contrapartida, diante do fato de peixes não serem capazes de armazenar proteínas e sendo, desse modo, estas eliminadas no meio ambiente em forma de compostos nitrogenados, pode ocorrer crescimento em excesso de microrganismos e conseqüentemente, eutrofização do meio (SOUZA et al., 2014).

Neste sentido, algumas pesquisas foram feitas com o objetivo de estabelecer níveis mais adequados de proteínas para *Pseudoplatystoma* spp. Teixeira et al. (2013), estudando o desempenho de juvenis desse gênero com 170,03 g ($\pm 3,35$), alimentados com dietas contendo cinco níveis de proteína bruta (36, 40, 44, 48 e 52%), observaram que os animais que receberam as dietas com níveis de proteínas de 36 e 40% foram os que utilizaram melhor o nutriente e conseqüentemente apresentaram os melhores desempenhos produtivos. Honorato et al. (2015) pesquisando acerca do desempenho produtivo de juvenis desse mesmo gênero com peso de 356,6 g ($\pm 40,3$), alimentados com dietas com três níveis de proteína bruta (36, 38 a 40%) não encontraram diferenças significativas entre as dietas para os parâmetros de ganho de peso e peso diário, consumo, taxa de eficiência proteica, sobrevivência e rendimento de filé, resultados diferentes aos estudos de Teixeira et al. (2013).

No entanto, Cornélio et al. (2014) ao avaliar o desempenho produtivo de alevinos ($16 \pm 1,3$ g) de *P. reticulatum* (cachara) alimentados com dietas contendo seis níveis de proteína bruta (30, 35, 40, 45, 50 e 55%), estimaram que para juvenis entre 16 a 85 g, a exigência de proteína bruta é de 49,25%. Assim sendo,

estes autores estabeleceram um valor superior aos propostos por Teixeira et al. (2013) e Honorato et al. (2015).

Segundo Teixeira et al. (2013), os requisitos nutricionais e a utilização dos nutrientes podem variar em razão das diferentes taxas de crescimento e do metabolismo observados durante o ciclo de desenvolvimento do peixe. Desse modo, peixes nas fases iniciais de crescimento podem ser mais exigentes em nutrientes do que os que estão em estágios posteriores. Essas pesquisas foram realizadas com as espécies puras ou com híbridos congêneros do *Pseudoplatystoma*, e como já expresso anteriormente, são escassos os trabalhos sobre as exigências nutricionais de proteínas brutas para híbridos intergenéricos como o jundiara (*P. fasciatum* x *L. marmoratus*). Portanto é necessária a realização de pesquisas aprofundadas que avaliem as respostas produtivas de juvenis de híbrido intergenéricos de *Pseudoplatystoma* submetidos a dietas com diferentes teores de proteínas bruta.

CONSIDERAÇÕES

O crescimento do setor aquícola brasileiro, nos últimos anos, só foi possível, graças o país oferecer condições climáticas favoráveis, longa faixa litorânea e uma extensa lâmina de água continental que são aptas para a produção de pescados. Além disso, a mão de obra é relativamente barata e é crescente o mercado de consumo de recursos pesqueiros. Outros fatores que contribuíram para o desenvolvimento da aquicultura nacional foram: o elevado número de espécies nativas de peixes que apresentam potencial para o cultivo e comercialização e utilização da técnica da hibridação que tem como objetivo principal minimizar os problemas nas fases iniciais da criação destas espécies.

No entanto, a falta de informações sobre as exigências nutricionais dos peixes nativos e seus híbridos é algo que tem limitado os sistemas de produção destes animais. Portanto, para o sucesso deste sistema de criação é necessária a realização de pesquisas com ênfase na nutrição, digestão e desempenho de macronutrientes, por estas serem essenciais na tentativa de aumentar a lucratividade dos sistemas de produção aquícolas.

Além disso, tais pesquisas permitirão a ampliação dos conhecimentos sobre as necessidades nutricionais desses animais para o real desenvolvimento da cadeia produtiva aquícola de forma sustentável, com a diminuição dos custos

com alimentação e a redução na geração de resíduos que causam impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, R. L.; HONORATO, C.; DE ALMEIDA, L. C.; USHIZIMA, T.; SANTAMARIA, F. Nutrição de surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) – Desafio para aquicultura. **Revista eletrônica nutritime**, v. 9, n. 5, p. 1995-2010, 2012.

BERNARDES, C. L.; NAVARRO, R. D.; GUERRA-SANTOS, B.; FORTES-SILVA, R. Effects of dietary carbohydrate/lipid ratios on growth, body composition, and nutrient utilization of hybrid catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*). **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 29, n. 1, p. 58-65, 2016.

BÍCUDO, Á. J. D. A.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Performance of juveniles of *Pseudoplatystoma fasciatum* fed graded levels of corn gluten meal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 838-845, 2012.

BRABO, M. F.; PEREIRA, L. F. S.; SANTANA, J. V. M.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n. 2, p. 50-58, 2016.

CAMPECHE, D.F.; BALZANA, L.; FIGUEIREDO, R. C. R.; DOS BARBALHO, M. R.; REIS, F. D. S.; MELO, J. F. B. Peixes nativos do rio São Francisco adaptados para o cultivo. **Documentos (Embrapa Semi-Árido. Online)**, v. 244, p.1-22, 2011.

CORNÉLIO, F.H.G. F.; DA CUNHA, D. A.; SILVEIRA, J.; ALEXANDRE, D., SILVA, C. P.; FRACALOSSO, D. M. Dietary protein requirement of juvenile Cachara Catfish, *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 45-54, 2014.

COSTA, R. B.; CARVALHO, M. A. M.; OLIVEIRA SALES, R.; FARIAS, J. O. Os peixes híbridos e sua fragilidade reprodutiva. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 8, n. 4, p. 187-202, 2014.

CYRINO, J. E. P. e FRACALOSSO, D. M. A pesquisa em nutrição de peixes e o

desenvolvimento da aquicultura no Brasil: Uma perspectiva histórica. In: FRACALOSSI, D. M. e CYRINO, J. E. P. (Org.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. p. 37-64.

DE SOUZA, M. G.; SEABRA, A. G.; BALEN, R. E.; DA COSTA, M. M.; DOS SANTOS, L. D.; MEURER, F. Avaliação da exigência de proteína bruta para alevinos de pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 264-268, 2014.

DÍAZ-OLARTE, J. J.; CRUZ-CASALLAS, N. E.; MARCIALES-CARO, L. J.; MEDINA-ROBLES, V. M.; CRUZ-CASALLAS, P. E. Efectos de la densidad de siembra y disponibilidad de alimento sobre el desarrollo y sobrevivencia de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum*. **Orinoquia**, v. 13, n. 1, p. 20-29, 2009.

FANTINI, L. E.; RODRIGUES, R. A.; NUNES, A. L.; SANCHEZ, M. S. D. S.; USHIZIMA, T. T.; CAMPOS, C. M. D. Rendimento de carcaça de surubins, *Pseudoplatystoma spp.* produzidos em tanque-rede e viveiro. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 538-545, 2013.

FAO- Food and Agriculture Organization of United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma – Itália, 200 p., 2016.

FAO- Food and Agriculture Organization of United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma- Itália, 180p., 2006.

FAO- Food and Agriculture Organization of United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma- Itália, 180p., 2012.

FARIA, P. M.; LUZ, R. K.; PRADO, S. A.; TURRA, E. M.; JORGE, T. B.; TEIXEIRA, E. A.; LANA, A. M. Produção do híbrido “cachadia” em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.5, p.1208-1214, 2011.

FAUSTINO, F.; NAKAGHI, L. S. O.; MARQUES, C.; MAKINO, L. C.; SENHORINI, J. A. Fertilização e desenvolvimento embrionário: morfometria e análise estereomicroscópica dos ovos dos híbridos de surubins (pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* x cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 49-55, 2007.

HASHIMOTO, D. T.; SENHORINI, J. A.; FORESTI, F.; PORTO-FORESTI, F.

Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. **Reviews in Aquaculture**, v. 4, n. 2, p. 108-118, 2012.

HASHIMOTO, D. T.; PRADO, F. D.; SENHORINI, J. A.; FORESTI, F.; PORTO-FORESTI, F. Aquaculture of Neotropical catfish hybrids: genetic strategies for conservation and management. In: Regan, B. (Ed.) *Carp and catfish: biology, behavior and conservation strategies*. Hauppauge, New York, Nova Science Publishers, 2014, p. 1-30.

HONORATO, C. A.; USHIZIMA, T. T.; QUINTANA, C. I. I. F.; DE CAMPOS, C. M.; MARCONDES, V. M.; NASCIMENTO, C. A.; SANTAMARIA, F. M. Níveis de proteína digestível para surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) criados em tanque-rede. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2781-2792, 2014.

HONORATO, C. A.; USHIZIMA, T. T.; SANTAMARIA, F. M.; FLORES-QUINTANA, C. I.; MARCONDES, V. M.; NASCIMENTO, C. A. Desempenho produtivo e econômica de surubins (*Pseudoplatystoma sp*) alimentados com níveis de proteína e estocados em tanque-rede. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 5, p. 1408-1414, 2015.

IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal. Brasília: IBGE, 2013.

IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal. Brasília: IBGE, 2015.

ITUASSÚ, D. R.; PEREIRA FILHO, M.; ROUBACH, R.; CRESCÊNCIO, R.; CAVERO, B. A. S.; GANDRA, A. L. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 255-259, 2005.

MARTINS, M. G.; SOUZA, G. M.; FERREIRA, T. A.; FERREIRA, A. L.; SANTOS, T. G.; PEDREIRA, M. M. Inclusão de complexo enzimático ssf em rações para juvenis de tambacu. **Archives of Veterinary Science**, v. 21, n. 1, p. 19-24, 2016.

MATEO, F. J. e ROJAS, H. L. Comparación alométrica entre los híbridos yaque pintado (*Pseudoplatystoma Fasciatum x Leiarius Marmoratus*) y chorrosco (*Pseudoplatystoma Fasciatum x Pimelodus Blochi*) (Siluriformes: Pimelodidae). **Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias**, v. 46, n. 2, p. 87-97, 2005.

MATEO, F.J.; DELGADO, N.; LÓPEZ, H. Caracterización Morfométrica del Híbrido Yaque Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum x Leiarius marmoratus*) y sus Progenitores (Siluriformes: *Pimelodidae*). **Revista de la Facultad de**

Ciencias Veterinarias , v.49, n. 1, p.47-60, 2008.

MELO, J. F. B.; LUNDSTEDT, L. M.; INOUE, L. A. K.; METÓN, I.; BAANANTE, I. V.; MORAES, G. Glycolysis and gluconeogenesis in the liver of catfish fed with different concentrations of proteins, lipids and carbohydrates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 5, p. 1251-1258, 2016.

MORA SÁNCHEZ, J.A.; MOYETONES, F.; JOVER CERDÁ, M. Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales. **Zootecnia Tropical**, v. 27, n. 2, p. 187-194, 2009.

OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, C.; RODRIGUES, R.; SANCHEZ, M.; NUNES, A.; FANTINI, L.; CAMPOS, C. Crescimento de juvenis de *Pseudoplatystoma reticulatum* e *Pseudoplatystoma spp.* em viveiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 1091-1098, 2014.

SANTOS, E. L.; CAVALCANTI, M. C. D. A.; FREGADOLLI, F. L.; MENESES, D. R., TEMOTEO, M. C.; LIRA, J. E.; FORTES, C. R. Considerações sobre o manejo nutricional e alimentar de peixes carnívoros. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 2, p. 2314-2351, 2013.

SOUZA, S. A.; SOUZA, R. C.; CAMPECHE, D. F. B.; RML, C.; MELO, J. F. B. Relação proteína: carboidrato no desempenho e no metabolismo de híbridos de *Pseudoplatystoma fasciatum* (fêmea) X *Leiarius marmoratus* (macho). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n.3, p. 879-886, 2014.

TEIXEIRA, E. A.; EULER, A. C. C.; TURRA, E. M.; LUZ, R. K.; PRADO, S. A.; TAKATA, R.; RIBEIRO, P. A. P.; FONTES, D. O.; RIBEIRO, L. P. ; SALIBA, E. O. S. Performance and nutrient utilization in South American juvenile catfish *Pseudoplatystoma spp.* weighting 89-170g, fed at different energy and protein levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1500-1508, 2013.

TOLEDO-FILHO, S. A.; ALMEIDA-TOLEDO, L. F.; FORESTI, F.; CALCAGNOTTO, D.; SANTOS, S. B. A. F.; BERNARDINO, G. Programas genéticos de seleção, hibridação e endocruzamento aplicados à piscicultura. **Cadernos de Ictiogenética**, v. 35, n. 4, p. 1-56, 1998.

- 11 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Amajari, Roraima, Brasil
- 12 Universidade Estadual de Santa Cruz, Bahia, Brasil
- 13 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Baiano, Bahia, Brasil.
- 14 Zootecnista, Aquibahia – Aqüicultura e meio ambiente, Vitoria da Conquista-BA, Brasil

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB FLORESTA E SAVANA NATURAIS E CONVERTIDOS EM PASTAGEM

*Diego Lima de Souza Cruz¹⁵,
Pablo Lima de Souza Cruz¹⁶,
José Frutuoso do Vale Júnior¹⁷,
Anna Bárbara de Souza Cruz¹⁸*

RESUMO

A atividade pecuária no estado de Roraima é tradicional e de grande importância econômica, entretanto, tem sido relacionada à degradação do solo. Em razão disso, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de caracterizar os atributos químicos de um Argissolo Amarelo sob os ecossistemas de savana e floresta convertidos em sistema de pastagem para bovino. Os tratamentos principais foram: Savana Natural (SN) e Savana Convertida em Pastagem (SC), Floresta Natural (FN) e Floresta Convertida em Pastagem (FCP). Os tratamentos secundários foram 3 profundidades de amostragem do solo: P1 = 0 a 10 cm; P2 = 10 a 20 cm; P3 = 20 a 40 cm. O delineamento foi em blocos casualizados no esquema de parcela subdividida. Os atributos avaliados foram: pH, acidez potencial (AP), saturação em Alumínio (% m), Alumínio trocável (AT), matéria orgânica do solo (MOS), Bases Trocáveis (BT), soma de bases (SB), saturação em bases (% V) e Capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) e total (CTCt). Os valores de pH do solo não apresentaram diferença estatísticas entre si, com o ambiente FN obtendo a menor média observada. O AT apresentou níveis significativamente menores em SC quando comparado a SN, e, nos ambientes florestais, houve diferença significativa apenas nos primeiros 10 cm do solo. Os níveis de MOS observados foram maiores nos ambientes FN. Não foi verificada diferença estatística entre os ambientes e profundidades analisados para o K. Os maiores níveis de Ca e Mg e Soma de Bases ocorreram apenas na profundidade

de 0-10 cm. A conversão de ambientes naturais em pastagens provocou alterações significativas em Ca, Mg e Al devido à calagem e adubação no início do plantio da pastagem, sendo observada melhoria na fertilidade do solo nestas áreas.

Palavras-chave: Amazônia, Fertilidade do solo, Manejo do solo.

INTRODUÇÃO

O estado de Roraima pode ser caracterizado pelo domínio de três grandes biomas. As áreas de floresta que ocupam a maior porção do território e são constituídas, principalmente, pela Floresta Ombrófila Densa. As áreas de Savanas distribuem-se na região centro-leste e nordeste, perfazendo 17% do território de Roraima (IBGE, 2009). Por último, o domínio das Campinaranas que ocupam a porção centro-sul do estado (GRIBEL et al., 2009; SCHAEFER et al., 2009).

Em decorrência da necessidade de produzir alimentos, os recursos naturais de Roraima (solo e biomassa) sofrem forte pressão de ocupação, sendo substituídos pela agricultura e pela pecuária. Esta situação traz, muitas vezes, resultados indesejáveis à sustentabilidade do ambiente, já que a agricultura é de derrubada e queima da vegetação (MELO et al., 2006).

Para Salimon (2003), ao transformar os ecossistemas naturais em áreas produtoras de alimentos (agricultura, pecuária, por exemplo), alteram-se características químicas, físicas e biológicas do solo, água e atmosfera, devido às mudanças no uso da terra. Moreira e Malavolta (2004), em estudo sobre a conversão de floresta para pastagens, verificaram que a temperatura elevada e as condições de umidade dos trópicos aceleram os processos bioquímicos do solo e, quando associados a sistemas convencionais de preparo do solo – que diminuem a proteção física da Matéria Orgânica determinando taxas de mineralização maiores em relação às taxas de adição de resíduos orgânicos, diminuindo, portanto, o estoque de Matéria Orgânica e, por fim, contribuindo para a emissão de CO₂ à atmosfera.

Na classe dos ARGISSOLOS, os fatores de formação se expressam de formas diferentes no ecossistema de savana e de floresta, conferindo características peculiares em cada ambiente. São escassas na literatura, mensurações e comparações das características químicas e físicas do

ARGISSOLO nestes dois ecossistemas, destacando-se os trabalhos realizados por Vale Júnior et al. (2010) e Brasil (1975) no estado de Roraima. Além disso, não se tem registros da magnitude das alterações provocadas pela fitofisionomia e pelo manejo da pastagem em ambientes de floresta e savana, nas propriedades químicas de ARGISSOLO AMARELO no estado de Roraima.

Em geral, os ARGISSOLOS AMARELOS sob savana e floresta de Roraima possuem baixa fertilidade natural, com baixos valores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e elevada acidez e saturação por alumínio (MELO et al., 2004).

A substituição da vegetação nativa por plantas melhoradas, como as gramíneas utilizadas em pastagens, pode promover impactos negativos nas propriedades químicas do solo, alterando drasticamente tanto as camadas mais superficiais quanto as mais profundas. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar os atributos químicos de um ARGISSOLO AMARELO sob os ecossistemas de savana e floresta natural e convertidos em sistema de pastagem para bovino.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Estado de Roraima no período de março de 2011 a julho de 2012. Uma área não antropizada, representativa do ecossistema Floresta Natural (FN), foi determinada no município de Rorainópolis (vicinal 09), nas coordenadas UTM N0783832 e (O)00930008. Nas adjacências foi selecionada uma área de Floresta Convertida à pastagem para bovinos (FC) cujas coordenadas são UTM N0783816 e O0092996. Foi selecionada uma área não antropizada de Savana Natural (SN) no município de Bonfim à margem da BR-410 a aproximadamente 20 km da capital Boa Vista. Para a área de Savana Convertida (SC), foi selecionada uma área de pastagem para bovinos na fazenda Smith, que se distanciava da SN em aproximadamente 4 km.

O solo estudado nas duas áreas foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico sob floresta e Argissolo Amarelo distrófico em savana, o relevo na savana foi de plano a suave ondulado (5 a 10 %) e, na floresta, suave ondulado a ondulado (8 a 13 %). A classe textural do solo sob floresta convertida e natural é Franco-argilo-arenosa até a profundidade de 20 cm; de 20 a 40 cm, foi de Arenos-argilosa. Na savana (natural e convertida), a classe textural é Franco-Arenosa até

a profundidade de 20 cm e, de 20 a 40 cm, foi Franco-argilo-arenosa. São solos profundos, bem drenados, com presença de plintita a partir de 30 cm de profundidade apenas na floresta, não sendo suficiente para diagnóstico de PLINTOSSOLO.

Segundo a classificação climática de Köppen, o Estado de Roraima apresenta o tipo Af, que é constantemente úmido, ocorre na região de florestas tropicais no sul do Estado, e o tipo Aw apresenta um regime hídrico bem diferenciado, com uma estação seca e uma estação chuvosa de aproximadamente seis meses, abrangendo as savanas (BARBOSA, 1997).

A SC foi uma área que teve a vegetação nativa substituída por plantio de *Brachiaria brizantha* (cultivar Marandu), que ocorreu há 5 anos por meio do uso de uma aração e uma gradagem, com o trator New Holland TT 4030 (75 cv). Foi feita apenas uma calagem no início do plantio com 1.500 kg ha⁻¹. A taxa de lotação animal foi de 1 animal por hectare (1 UA), sem sistema de piqueteamento para a rotação de pastagem. Os animais, da raça nelore, permaneceram durante todo o ano, não sendo realizado qualquer controle sobre a entrada e saída do gado. A área de SN foi classificada como Savana Parque, não antropizada, com predominância de Caimbés (*Curatela americana*) e gramíneas da espécie *Trachypogon vestitus*.

A FN foi classificada como Floresta Ombrófila Densa. A FC foi desmatada há aproximadamente 25 anos pelo uso do fogo e destoca mecanizada, a calagem ocorreu apenas no início do plantio, com 1.500 kg ha⁻¹. Há 16 anos, essa área tem sido ocupada com *Brachiaria brizantha* (cultivar Marandu) para a criação de bovinos da raça nelore e foi instalada por meio de uma aração e uma gradagem, com o trator New Holland TL 75. A taxa de lotação animal também foi de 1 animal por hectare (1 UA) sem sistema de piqueteamento. Os animais também permaneceram na área durante todo o ano.

As pastagens na SC e FC foram manejadas de forma semelhante, com apenas uma calagem, uma aração e uma gradagem no início do plantio, não foi realizada nenhuma roçada e não houve controle de entrada e saída de animais. A cultivar Marandu foi plantada nas duas áreas, sendo a semeadura realizada a lanço (10 kg ha⁻¹). A pastagem nativa em SN (*Trachypogon vestitus*), apresenta produção média de 1000 kg ha⁻¹ de matéria seca e baixas taxas de crescimento e cobertura do solo quando comparadas com cultivares comerciais de *B. brizantha*.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida com quatro blocos. As parcelas foram compostas por 4

áreas: **A1**: Floresta Natural (FN); **A2**: Savana Natural (SN); **A3**: Floresta convertida em pastagem para bovinos (FC); **A4**: Savana convertida em pastagem para bovinos (SC). As subparcelas foram compostas por três profundidades de amostragem: **P1**: 0 a 10 cm; **P2**: 10 a 20 cm e **P3**: 20 a 40 cm. As variáveis analisadas foram capacidade de troca de cátions total (CTCt), efetiva (CTCe), Soma de Bases(SB), Bases trocáveis (BT), Saturação por Bases (V%), Saturação por Alumínio (m%), Alumínio Trocável (Al^{3+}), Acidez Potencial ($H^+ + Al^{3+} + HH$), pH do solo em água e Matéria Orgânica do Solo (MOS). Portanto, cada tratamento teve 15 amostras, provenientes de 3 profundidades e 5 repetições.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, conforme recomendações de EMBRAPA (1997).

Os dados coletados foram tabulados em planilha eletrônica para avaliação pelo Teste F com o intuito de observar efeito das parcelas (áreas), sub-parcelas (profundidades) e da interação entre área e profundidade sobre as médias. Constatando efeito significativo pelo Teste F, procedeu-se o teste comparativo entre médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade no programa SISVAR 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados revelaram diferenças significativas entre os valores de pH, Acidez potencial, Alumínio trocável e saturação por Alumínio de todos os fatores em estudo, inclusive da interação entre os Ambientes e as profundidades.

Segundo Araújo et al. (2004), os horizontes mais superficiais apresentam os maiores valores para esta variável, pois estão associados a teores mais elevados de Carbono, Cálcio e Magnésio nas áreas convertidas. Os valores de pH do solo nas profundidade de 0 - 10 cm nos ambientes Savana Natural (SN), Savana Convertida à Pastagem (SCP) e Floresta Convertida à Pastagem (FCP), não apresentaram variação estatística entre si, porém diferiram estatisticamente do ambiente Floresta Natural (FN), que apresentou o menor valor de pH nesta profundidade (**Quadro 1**).

Quadro 1. Valores médios de pH, Alumínio trocável, Acidez potencial e Saturação por Alumínio em três profundidades de um Argissolo Amarelo distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

Tratamentos	Profundidade (cm)		
	0 – 10	10 – 20	20 – 40
----- $pH (H_2O)$ -----			
Floresta Natural	4,80 Ba	4,77 Ca	4,76 Ba
Floresta Convertida	5,48 Aa	5,12 BC ab	5,09 Bb
Savana Natural	5,48 Aab	5,75 Aa	5,12 Bb
Savana Convertida	5,72 Aa	5,27 Bb	5,76 Aa
----- $Al^{3+} (cmol/dm^3)$ -----			
Floresta Natural	1,03 Aa	1,02 Aa	1,04 Aa
Floresta Convertida	0,22 Bb	0,43 ABb	0,86 ABa
Savana Natural	0,18 Bb	0,55 Ba	0,57 Ba
Savana Convertida	0,02 Ba	0,06 Ca	0,12 Ca
----- $H+Al^{3+} (cmol/dm^3)$ -----			
Floresta Natural	7,52 Aa	5,50 Ab	3,88 Ac
Floresta Convertida	4,52 Ba	4,12 Ba	3,90 Aa
Savana Natural	2,60 Ca	2,84 Ca	2,84 Ba
Savana Convertida	2,42 Ca	1,84 Ca	1,70 Ca
----- $m (%)$ -----			
Floresta Natural	66,14 Aa	78,42 Aa	89,48 Aa
Floresta Convertida	12,40 BCa	40,70 Bb	81,28 Ac
Savana Natural	35,66 Ba	89,10 Ab	81,78 Ab
Savana Convertida	1,56 Ca	14,96 Ba	7,94 Ba

OBS: Letras maiúsculas para comparação entre áreas e minúsculas para comparação entre profundidades.

A reação destes solos está entre fortemente e moderadamente ácido (EMBRAPA, 2018), com valores de pH em água considerados de baixo potencial agrônômico (RIBEIRO et al., 1999), com valores característicos para grande parte dos solos de Roraima (BENEDETTI et al., 2011).

Os solos sob florestas geralmente apresentam menores valores de pH, uma

vez que a mineralização da matéria orgânica e os exsudatos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo (BARRETO et al., 2006). Já SN apresentou o seu menor valor de pH na profundidade 20-40 cm, pois este pH está diretamente relacionado com a variação do teor das bases trocáveis e com a mineralização da matéria orgânica, que diminuiu com a profundidade (SILVA et al., 2006).

Os valores de acidez potencial corroboram com os valores de pH em cada ambiente e à baixa quantidade de bases trocáveis. Os resultados revelam que a conversão de ambientes naturais à pastagem aliado as práticas de correção dos solos influenciaram positivamente os ambientes convertidos (reduzindo os valores de $H^+ + Al^{3+}$), sobretudo, o ambiente FCP, principalmente nos primeiros 20 cm. Tais valores podem ser explicados pela maior concentração de bases nestas profundidades, que podem estar associadas ao processo de queima da vegetação bem como da aplicação de fertilizantes e corretivos (ALMEIDA et al., 2005).

Segundo Melo (2002), a contribuição das cinzas é bastante notável e influencia na redução do alumínio trocável e conseqüentemente na acidez potencial, sendo bastante evidenciada nos horizontes mais superficiais dos solos da Amazônia, onde há um aumento dos cátions trocáveis pela queima da vegetação nativa, portanto, as práticas de abertura e manejo de áreas convertidas que utilizam fogo surgem como soluções paliativas na melhoria química do solo, uma vez que os efeitos qualitativos da queimada não ultrapassam a um período superior a quatro meses .

Os dados para esta variável no ambiente FN e FCP destoam dos obtidos por Golfetto (2010), que estudou ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO em função de cinco sistemas de uso da terra em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm). Entretanto para o ambiente SN, Vale Júnior et al., (2011) e Sousa, (2010) analisando as características químicas de um ARGISSOLO AMARELO no ambiente de savana natural, no município do Cantá em Roraima, obteve resultados semelhantes aos encontrados neste estudo para acidez potencial nos primeiros 60 cm de solo.

Os solos sob FN e FCP apresentaram teores de MOS que variaram apenas nos primeiros 10 cm e apresentando certa heterogeneidade de distribuição ao longo das demais profundidades quando comparados apenas os ambientes de maneira isolada (**Figura 1**). Os teores de MOS se enquadram nas faixas de baixo ($< 0,8$ dag/kg), médio ($0,8- 1,4$ dag/kg) e alto ($> 1,4$ dag/kg), onde FCP se

enquadra nas áreas com alto teores de MOS. Os maiores teores concentram-se nos primeiros 10 cm de solo.

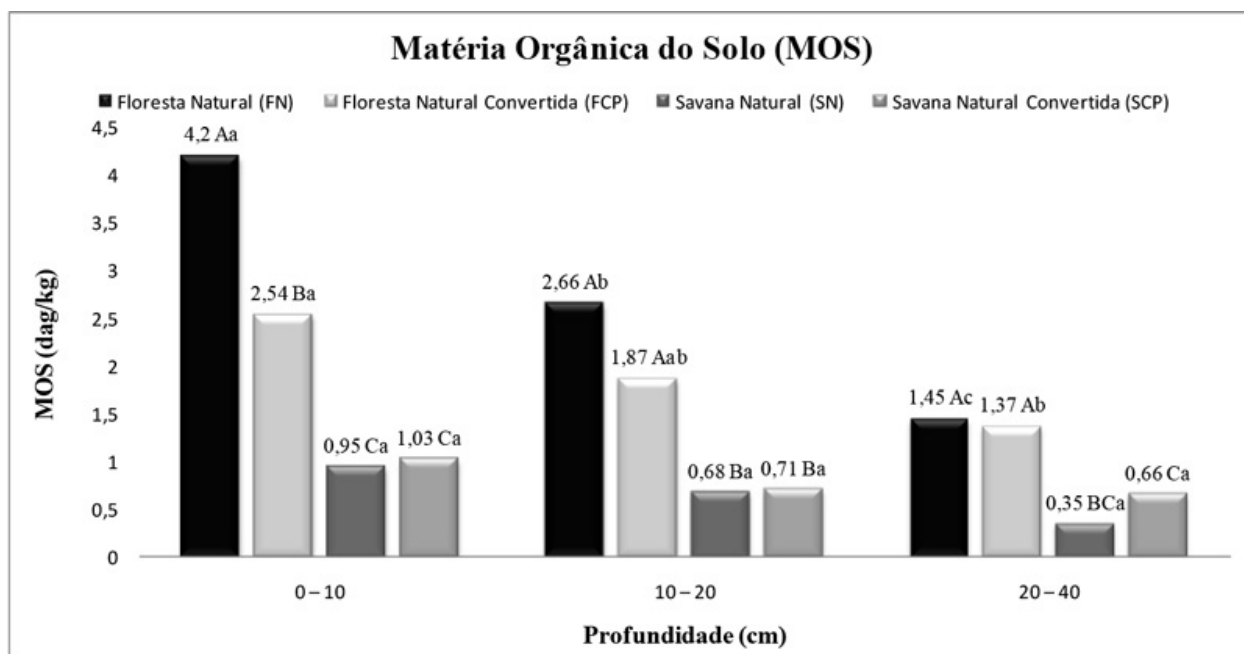


Figura 1 - Teores de matéria orgânica em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico em quatro ambientes. Valores seguidos por letras maiúsculas e minúsculas diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas para comparação entre áreas e minúsculas para comparação entre profundidades.

Nos solos cobertos por Savana, a conversão não proporcionou incremento significativo nos teores de matéria orgânica, ainda que a cobertura vegetal dos solos com pastagem favoreça um maior aporte orgânico quando comparados aos ambientes savânicos. Os solos sob SN e SCP apresentaram grande estabilidade na distribuição de MOS ao longo do perfil, variando muito pouco com teores médios de MOS de 0,77 dag/kg para SN e 0,69 dag/kg para SCP, teores estes não suficientes para haver distinção estatística. Todos os ambientes analisados apresentaram comportamento esperado, ou seja, redução nos teores de MOS ao longo do perfil do solo, conforme também relatado por Benedetti (2007), Vale Júnior e Schaefer (2010) e Golfetto (2010).

Alguns autores relatam teores semelhantes ou superiores nos solos sob pastagem em relação aos solos sob florestas (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007; RANGEL e SILVA, 2007; CARNEIRO et al., 2009), sendo tais valores atribuídos, em grande parte, ao maior aporte de material orgânico proporcionado pelo sistema radicular das gramíneas, que é desenvolvido e bem

distribuído, enquanto outros autores apontam teores mais elevados nos solos sob ambiente de floresta natural (OLIVEIRA et al., 2008; PORTUGAL et al., 2008), geralmente atribuídos ao maior aporte global de material orgânico na floresta em relação às pastagens, estando estas geralmente degradadas.

Vale Júnior et al. (2011), em pesquisa sobre os atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* no estado de Roraima, concluiu que a MOS concentrou-se basicamente na camada de 0-30 cm, mostrando tendência ao decréscimo conforme aumento de profundidade, independentemente do sistema e idade do plantio, com valor médio acima da média encontrada para as savanas naturais, mostrando que os ambientes naturais convertidos podem apresentar acréscimos substanciais nos teores de MOS. Ainda utilizando o estudo de Vale Júnior et al., (2011), os resultados encontrados em SN neste estudo foram inferiores, principalmente na camada de 0-10 cm e 20-40 cm.

Nos ambientes convertidos à pastagem, por tratar-se de uma área de baixa produtividade, a ausência de um manejo frequente e o pastoreio intensivo causaram pouco aporte de resíduos vegetais e provavelmente redução na distribuição do sistema radicular, que justificam os baixos teores de carbono no solo. Na região de savana de Roraima, é onde se registra as menores precipitações pluviométricas, com irregularidades de chuvas e período seco com seis meses ao ano e temperaturas mais elevadas, características que limitam a produção de biomassa e aceleram as perdas de MOS.

Os valores médios de bases trocáveis e Soma de bases evidenciam a superioridade dos ambientes convertidos, florestais e de savana, sobre os ambientes naturais, especialmente na profundidade de 10 cm (**Quadro 2**).

Quadro 2 – Valores médios das variáveis em três profundidades de um Argissolo Amarelo distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

Tratamentos	Profundidade (cm)		
	0 – 10	10 – 20	20 – 40
	--- Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³) ---		
Floresta Natural	0,23 Aa	0,13Aa	0,10Aa
Floresta Convertida	0,42 Aa	0,27Aa	0,13Aa
Savana Natural	0,24 Aa	0,062Aa	0,094Aa
Savana Convertida	0,28 Aa	0,19Aa	0,12Aa
	----- Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³) -----		
Floresta Natural	0,36 BCa	0,03 Aa	0,00 Aa
Floresta Convertida	1,17 Aa	0,34 Ab	0,05 Ab
Savana Natural	0,05 Ca	0,00 Aa	0,08 Aa
Savana Convertida	0,86 Aba	0,42 Aab	0,32 Ab
	----- K ⁺ (mg/dm ³) -----		
Floresta Natural	39,00 Aa	28,40 Aa	6,60 Ab
Floresta Convertida	56,40 Aa	13,60 ABb	6,40 Ab
Savana Natural	7,60 Ba	1,20 Ba	1,40 Aa
Savana Convertida	14,60 Ba	5,40 Ba	1,00 Aa
	----- SB (%) -----		
Floresta Natural	0,70 BCa	0,24 Aa	0,12Aa
Floresta Convertida	1,73 Aa	0,65 Ab	0,20 Ab
Savana Natural	0,32 Ca	0,06 Aa	0,17 Aa
Savana Convertida	1,18 ABa	0,63Aab	0,45 Ab
	--- V (%) ---		
Floresta Natural	7,76 Ba	4,22 BCa	3,02 Ba
Floresta Convertida	26,84 Aa	13,76 Bb	4,88 Bb
Savana Natural	11,16 Ba	2,18 Cb	4,92 Ba
Savana Convertida	32,42 Aa	26,34 Aab	18,88 Ab
	-- CTC (t) (cmol _c /dm ³) --		
Floresta Natural	1,74 ABa	1,25 Aab	1,16 Ab
Floresta Convertida	1,95 Aa	1,08 ABb	1,06 ABb
Savana Natural	0,50 Ca	0,61 Ba	0,74 ABa
Savana Convertida	1,20 Ba	1,20 ABa	0,51 Bb
	-- CTC (T) (cmol _c /dm ³) --		
Floresta Natural	8,22 Aa	5,74 Ab	4,00 Ac
Floresta Convertida	6,25 Ba	4,77 Ab	4,10 Ab
Savana Natural	2,92 Ca	2,90 Ba	3,01 ABa
Savana Convertida	3,60 Ca	2,47 Bab	2,15 Bb

OBS: letras maiúsculas para comparação entre as áreas e letra minúscula para comparação entre profundidades.

Os teores de K^+ entre os sistemas e profundidades variaram no ambiente FCP, profundidade 0-10 cm e SCP, profundidade 20-40 cm respectivamente. A maior concentração de K^+ foi observada nos primeiros 10 cm do solo, com redução de K^+ em aumento de profundidade, semelhante a Araújo et al. (2007) que observaram maiores teores nos primeiros centímetros e até próximo a 10 cm.

Segundo Ribeiro et al. (1999), os valores de K^+ encontrados nos ambientes Savânicos, convertido e natural, estão classificados como muito baixos para todas as profundidades analisadas. Já os teores de K^+ para o ambiente FN foram classificados como baixo na profundidade até 20 cm e muito baixo entre 20 a 40 cm. FCP foi o ambiente que obteve o melhor resultado para esta variável, na camada de 0-10 cm, sendo observado o valor classificado como médio. Na profundidade de 20-40 cm, os valores encontrados estão todos classificados como muito baixo.

De maneira geral, os valores de K^+ observados nesta pesquisa estão dentro de um padrão também verificado por alguns autores, tais como, Melo et al. (2004); Vale Júnior e Schaefer (2010); Vale Júnior et al. (2011); Benedetti (2007); Feitosa (2009), que associam a baixa fertilidade dos solos das savanas de Roraima, herdada do material de origem que são sedimentos pré-intemperizados da Formação Boa Vista, em áreas de savanas e produtos do intemperismo de cangas lateríticas nas áreas de florestas, para os ARGISSOLOS AMARELOS estudados.

Os valores para Magnésio trocável (Mg^{2+}), assim como os demais nutrientes, apresentaram maior concentração de Mg^{2+} na profundidade 0-10 cm e ocorrendo uma acentuada redução ao longo do perfil.

Os níveis de Cálcio (Ca^{2+}) em todos os ambientes e profundidades utilizadas neste estudo foram enquadrados como baixo a muito baixo, segundo classificação proposta por Ribeiro et al., (1999), cuja interação entre ambientes e profundidades foi significativa.

O baixo teor de cálcio no ambiente FN pode ser resultado da intensa ciclagem desse nutriente na floresta - o cálcio é complexado pela matéria orgânica e absorvido pelos organismos ou plantas, prevenindo, dessa forma, a saída do sistema, que apresenta limitações dado à extrema pobreza química do solo, fato este também analisado por Golfetto, (2010) e Numata, Soares, e

Leônidas, (2002).

No **Quadro 2**, observa-se os resultados de cada ambiente juntamente com suas profundidades para a variável Saturação em Bases (V%), Capacidade de Troca Catiônica efetiva (CTC (t)) e Capacidade de Troca Catiônica Total (CTC (T)).

Os valores analisados para V% em todos os ambientes e profundidades não satisfazem as condições para o caráter eutrófico, conforme a EMBRAPA (2018), sendo assim o ARGISSOLO AMARELO estudado foi classificado como distrófico. Estes resultados são esperados e corroboram com o estudo de diversos pesquisadores, entre eles Brasil (1975), Vale Júnior (2000), Melo et al. (2004), Melo (2002), Vale Júnior e Schaefer (2010), Golfetto (2010), Benedetti et al. (2011) e Feitosa (2009).

Segundo Araújo et al. (2004), em linhas gerais as classes dos ARGISSOLOS e LATOSSOLOS são aquelas com menor contribuição percentual de bases trocáveis. As condições de baixa fertilidade natural dos solos estudados estão associados ao material de origem, conforme Brasil (1975), Vale Júnior (2000) e Schaefer (1993), e também em função das condições climáticas atuais e pretéritas, do regime hídrico da região e da natureza caulínica da argila, que promove uma maior lixiviação bases trocáveis como K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Vale Júnior et al. (2011) encontraram valores superiores aos desse estudo, eles observaram o comportamento de um ARGISSOLO AMARELO em área de savana e obtiveram resultados de V%, de 12,4% e 12,3% nas profundidades 0-30 cm e 30-60 cm respectivamente. Por sua vez, Benedetti (2007), realizando estudo detalhado do Campus do Cauamé, da Universidade Federal de Roraima, encontrou valores médios de 4,1% para saturação em bases na classe de ARGISSOLO AMARELO assentado sob Savanas, resultados semelhantes também foram analisados por Melo (2002) e Melo et al. (2006).

Para CTC efetiva, observou-se interação significativa entre os ambientes e profundidades e ampla variação de CTC(t) entre os ambientes, com o destaque para FCP e FN, que alcançaram as maiores médias para esta variável. Nestes ambientes, não foi verificada diferença significativa na CTC(t) ao longo do perfil, com os ambientes seguindo uma tendência linear de decréscimo de CTC(t) acompanhado em profundidade.

CONCLUSÕES

1. A conversão de ambientes naturais por pastagens provocou alterações significativas à maioria das características químicas do Argissolo Amarelo. De maneira geral, os atributos químicos apresentaram uma ligeira melhoria, especialmente nas camadas mais superficiais, sujeita à maior influência da antropização. Isso decorreu da aplicação de calcário nessas áreas.

2. As maiores alterações ocorreram em ambiente de floresta, sendo a saturação em bases, a soma de bases, a acidez potencial, a saturação por Alumínio, Alumínio trocável, Magnésio trocável, Cálcio Trocável, e a capacidade de troca catiônica efetiva os atributos influenciados positivamente com a conversão à pastagem.

3. Os valores observados de Alumínio trocável, Acidez potencial e Saturação em Alumínio mantiveram-se maiores nos ambientes naturais, sendo estes valores atribuídos a MOS.

4. A matéria orgânica do solo foi diretamente afetada com a alteração da vegetação original. O ambiente florestal convertido mostrou a redução nos níveis de matéria orgânica, principalmente na camada 0-10 cm, enquanto em savana o efeito da conversão à pastagem foi oposto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; DO AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 437-445, 2005.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, 2004.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1099-1108, 2007.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997, p. 325-335.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. G. B. Do S.; FREIRE, F. J.

Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no Sul da Bahia. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 415-425, 2006.

BENEDETTI, U. G. Estudo detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista, Roraima. 100 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2007.

BENEDETTI, U. G.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. P. B. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, 2011.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NA. 20 Roraima e NA. 21.** geologia, geomorfologia, peóotogia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1975. v. 8.

CARNEIRO, M. A. C.; DE SOUZA, E. D.; DOS REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; DE AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 147-157, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

FEITOSA, K. **Caracterização e classificação de solos em “ilhas” florestais e savanas associadas, no nordeste de Roraima.** 74 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2009.

GOLFETTO, D. C. **Alterações das características químicas do solo pela conversão da floresta nativa em sistemas de uso agrícola na região da Serra da Lua, estado de Roraima.** 100 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2010.

GRIBEL, R; FERREIRA, C. A. C.; COELHO, L. de S.; SANTOS, J. L.; RAMOS, J. F.; SILVA, K. A. F. **Vegetação do Parque Nacional do Viruá.** Relatório Técnico/ICMBIO. 2009. 58p

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Uso

da terra e a gestão do território no estado de Roraima. Relatório técnico, Rio de Janeiro, 46 p. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000125&pid=S1982-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000125&pid=S1982-4513201100030001100015&lng=en)

4513201100030001100015&lng=en. Acesso em 21 de novembro de 2018.

MELO, V. F.; SCHAEFER, CEGR.; FONTES, L. E. F.; CHAGAS, A. C.; LEMOS JÚNIOR, J. B.; DE ANDRADE, R. P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 1039-1050, 2006.

MELO, V. F. **Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: Áreas indígena Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú**. 145 p. 2002, Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2002.

MELO, V. F.; GIANLUPPI, D.; UCHÔA, S. C. P. **Características Edafológicas dos Solos do Estado de Roraima**. Boa Vista: DSI/UFRR, 2004. 46 p.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, 2004.

NUMATA, I.; SOARES, J. V.; LEÔNIDAS, F. C. Comparação da fertilidade de solos em Rondônia com diferentes tempos de conversão de floresta em pastagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 949-955, 2002.

OLIVEIRA, C. M. et al.

NAPPO, M. E.; PASSOS, R. R.; DE MENDONÇA, A. R. Comparação entre atributos físicos e químicos de solo sob floresta e pastagem. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 7, n. 12, 2008.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M.; dos SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 249-258, 2008.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1609-1623, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações**

para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.

SALIMON, C. I. **Respiração do Solo Sob Florestas e Pastagens na Amazônia Sul-Occidental, Acre.** 97 f. 2003. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

SCHAEFER, C. E. G. R.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; LANI, J. L. Características químicas e pedogênese de solos afetados por sódio do nordeste de Roraima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 431-438, 1993.

SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de; FERNANDES FILHO, E. I. **Geoambientes e Paisagens do Parque Nacional do Viruá – Roraima: esboço de integração da geomorfologia, climatologia, solos, hidrologia e ecologia.** Relatório Técnico/ICMBio. 2009. 51 p.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, M. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 329-337, 2006.

SOUZA, M. I. L. Qualidade Físico-Hídrica de um Argissolo Vermelho Amarelo sob Agroecossistema e Floresta Natural em Roraima. 91 p. 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2010.

VALE JÚNIOR, J. F. do; SCHAEFER, C. E. G. R. **Solos Sob Savanas de Roraima: gênese, classificação e relação e relações ambientais.** Boa Vista: Gráfica Ioris, 219 p., 2010.

VALE JÚNIOR, J. F. Pedogênese e Alterações dos Solos sob Manejo Itinerante, em Áreas de Rochas Vulcânicas Ácidas e Básicas, no Nordeste de Roraima. 100 f. 2000. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2000.

VALE JÚNIOR, J. F.; Freitas, R. M. da S.; Uchoa, S. P. C.; de Souza, M. I. L.; Mourão Júnior, M.; Cruz, D. L. de S. Atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* Willd em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2011.

¹⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Amajari, Roraima, Brasil.

¹⁶ Universidade Federal de Roraima/*Campus* do Cauamê, Roraima, Brasil.

17 Universidade Federal de Roraima/*Campus* do Cauamé, Roraima, Brasil.

18 Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, São Paulo, Brasil.

FERTILIDADE DO SOLO DE ÁREA AGRÍCOLA EM RELAÇÃO À MATA SECA SEMIDECÍDUA NO CERRADO GOIANO

*Juliano Magalhães Barbosa¹⁹,
Diogo Barbosa Silva²⁰,
Cláudia Fabiana Alves Rezende²¹.*

RESUMO

O solo consiste de um material resultante do intemperismo que atua sobre a rocha matriz e que serve de meio natural de fixação e nutrição para as plantas, mantendo assim uma relação íntima com as mesmas. Essas relações estão sendo constantemente fragilizadas pela ação antrópica, cabe aos profissionais das áreas afins compreender e aumentar o número de informações para alcançar um platô e que essas informações sejam utilizadas de forma coerente, a fim de aumentar a eficiência dos sistemas produtivos, favorecendo ganhos na produção e mantendo a sustentabilidade destas áreas. O objetivo deste trabalho foi averiguar parâmetros de fertilidade do solo em sistemas agrícolas e de mata seca no Cerrado Goiano. Foram realizadas amostragem de um Latossolo Vermelho distrófico na profundidade de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m, de área destinada à experimentação agrícola, e uma área de mata seca semidecídua pertencente ao bioma Cerrado; posteriormente foram realizadas análises físico-químicas das amostras. A maior concentração de nutrientes e os maiores parâmetros de fertilidade como CTC e saturação por bases foram observados na área de mata nativa nas duas profundidades observadas. O cultivo do solo com adições frequentes de matéria orgânica é a forma mais racional e ecológica de aumentar a fertilidade do solo, o que ocorre em manejos conservacionistas como o sistema plantio direto. E, normalmente, é o que acontece no cultivo dos solos sob condições tropicais manejados de forma conservacionista; com o passar do tempo, as condições físicas, biológicas e as condições químicas melhoram significativamente, fazendo com que a fertilidade dessas áreas agrícolas se equiparem às áreas de mata nativa.

Palavras-chave: Agricultura sustentável, Sistema de plantio direto, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As plantas, os animais e os microrganismos que vivem em determinada área e constituem uma comunidade biológica estão interligados por complexa rede de relações funcionais que inclui o ambiente no qual estão inseridos. O conjunto dos componentes físicos, químicos e biológicos, interdependentes entre si, constitui o ecossistema. Esse conceito se baseia nas relações funcionais entre os organismos vivos e o ambiente em que vivem (REICHARTD e TIMM, 2012).

Nestes ambientes, estão inseridos os solos. Os solos são cruciais para a vida. A destruição da camada de ozônio, o aquecimento global, o desmatamento das florestas tropicais e a poluição da água, impactam diretamente nos ecossistemas terrestres e no solo. A qualidade do solo determina, de forma significativa, a natureza dos ecossistemas das plantas e a capacidade da terra em sustentar a vida animal e a dos seres humanos (BRADY e WEIL, 2013).

No Brasil, o Cerrado é a maior região neotropical das savanas existentes no mundo, cobrindo aproximadamente 45% de América do Sul (CASTRO et al., 1994). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia. Ocupa 21% do território nacional e é considerada a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002).

O termo Cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central (EITEN, 1977; RIBEIRO et al., 1981). O clima dessa região é estacional, onde se tem um período chuvoso, que dura de outubro a março e é seguido por um período seco, de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500 mm, e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22°C e 27°C em média. Os remanescentes de Cerrado que existem nos dias de hoje desenvolveram-se sobre solos muito antigos, intemperizados, ácidos, depauperados de nutrientes, mas que possuem concentrações elevadas de alumínio (HARIDASAN, 1982).

Os Latossolos representam cerca de 41% da área, apresentam coloração variando do vermelho ao amarelo, são profundos, bem drenados, ácidos, com alto teor de alumínio (Al) e pobres em nutrientes como cálcio (Ca), magnésio

(Mg), potássio (K) e alguns micronutrientes (REATTO e MARTINS, 2005). Além desses, ocorrem os solos pedregosos e rasos (Neossolos Litólicos), geralmente de encostas, os arenosos (Neossolos Quartzarênicos), que representam cerca de 15% da área total, os orgânicos (Organossolos) e outros em menor quantidade (KUTCHENSKI, 2009).

O efeito da vegetação na formação do solo pode ser percebido comparando-se as propriedades dos solos que estão próximos dos limites entre os ecossistemas de vegetação de pradarias e os de floresta. Nas pradarias, grande parte da matéria orgânica que é adicionada ao solo advém dos profundos e fibrosos sistemas radiculares das gramíneas. Nas florestas, ao contrário, a principal fonte de matéria orgânica dos solos são as folhas das árvores que caem no chão (BRADY e WEIL, 2013).

Com a expansão da fronteira agrícola na década de 1970, o Cerrado foi perdendo espaço principalmente para as atividades agrícolas e pecuárias. A partir desse período, os solos, antes considerados limitantes para a agricultura por causa da acidez, passaram a ser intensamente ocupados e explorados com a prática da calagem e adubação (LE BOURLEGAT, 2003). Entre os biomas brasileiros, este tem sofrido uma forte pressão de conversão do uso da terra (NEPSTAD et al., 1997).

O agronegócio brasileiro contribui com aproximadamente 30% do Produto Interno Bruto (PIB), emprega em torno de 40% da população economicamente ativa e responde em grande parte pelo superávit da balança comercial do país. Neste contexto, o Bioma Cerrado responde por 42% do que representa o agronegócio brasileiro no PIB. A participação do Cerrado na produção nacional é bastante destacada: a contribuição da soja é de 63,5%; a do arroz, 37%; a do café, 48%; a do milho, 26%; a do feijão, 30% e a do algodão, 89%. Quanto ao rebanho bovino, a contribuição do Cerrado é de aproximadamente 36,02%, mas, quando se fala da produção de carne propriamente dita, o valor é de 55% da produção nacional (FALEIRO e SOUSA, 2005). O objetivo deste trabalho foi averiguar a parâmetros de fertilidade do solo em sistemas agrícolas e de mata seca no Cerrado Goiano.

MATERIAS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em Anápolis - GO, município situado no Planalto

Central Brasileiro, que pertence à Mesorregião Centro Goiano, na área experimental agrícola do Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, localizado entre as coordenadas geográficas, Latitude 16°19'36"S e Longitude 48°27'10"W (Figura 1), com altitude 1.017 m. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como Aw (tropical com estação seca) com mínima de 18°C e máxima de 32°C, com chuvas de outubro a abril e precipitação pluviométrica média anual de 1.450 mm e temperatura média anual de 22°C. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico cambissólico (SANTOS et al., 2018), com 35% argila, textura argilosa.

Figura 1. Área Experimental Agrícola do Centro Universitário – UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO.



Fonte: Google Earth

Em sua dimensão total, a área experimental agrícola possui um remanescente de floresta mesófila esclerofila, conhecida como Cerradão (RIZZINI, 1997), caracterizada como Mata seca semidescídua. O restante da área é destinado à experimentação agrícola, o uso do solo nesta área é bem diversificado, sendo utilizado para plantio de diversas culturas, com ênfase para as grandes culturas. A área agricultada se encontra sob sistema de plantio direto com sucessão milho

– braquiária nas últimas safras agrícolas.

Segundo Squiba (2002), para que a análise de solo tenha resultado confiável, é necessário que a amostragem seja correta, uma vez que ela corresponde uma representação do terreno que se quer analisar. Inicialmente, foram avaliadas características perceptíveis do solo, tais como: topografia, textura e cor, para garantir um solo mais homogêneo possível; então, foram delimitadas duas áreas de 0,5 ha para cada; a primeira (gleba 01), representa a área de solo uso agrícola; a segunda (gleba 02), trata-se da área de solo de floresta nativa.

Foram coletadas aleatoriamente 20 amostras simples com um trado holandês, estratificadas em profundidades de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m. Durante a coleta, foi certificado a retirada de todo material vegetal da superfície, antes da retirada da amostra de solo. Posteriormente, foram homogeneizadas as amostras simples para formar uma amostra composta, representando cada profundidade, esse procedimento foi realizado em duplicata. Após a coleta as amostras, foram identificadas e encaminhadas para um laboratório credenciado, para a realização das análises de textura e fertilidade de acordo com a metodologia (EMBRAPA, 2011). As amostras foram coletadas entre agosto e novembro 2017.

O programa estatístico utilizado para análise dos resultados foi o Assistat 7.7, e os dados obtidos foram comparados através da análise de variância, utilizando o teste F. As médias serão comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Sanchez (1981), avaliações das modificações no solo decorrentes do cultivo deveriam ser feitas submetendo um solo sob vegetação natural às explorações agrícolas desejadas e analisando suas propriedades periodicamente. No entanto, é difícil atender a essas condições experimentais. Estes estudos podem ser feitos utilizando solos cultivados e sob mata nativa, desde que mantidos os critérios genéticos e topográficos relacionados com a formação dos solos (ARAUJO et al., 2004).

A quantificação do impacto do uso e manejo do solo na qualidade química é fundamental no desenvolvimento de sistemas agrícolas. Pode-se visualizar a variabilidade em relação às características de fertilidade e textura das amostras coletadas nas camadas 00-20 cm e de 20-40 cm de profundidade em área de

mata nativa e área agrícola em sistema de plantio direto (SPD) (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Resultados da análise química do solo na camada de 0,0-0,20 m em mata seca semidescídua e Área Agrícola, Unidade Experimental, UniEVANGÉLICA, Anápolis - GO.

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

** significativo à 1% de probabilidade; * significativo à 5% de probabilidade; ns não significativo.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo na camada de 0,20-0,40 m em mata seca semidescídua e Área Agrícola, Unidade Experimental, UniEVANGÉLICA, Anápolis - GO.

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

** significativo à 1% de probabilidade; * significativo à 5% de probabilidade; ns não significativo.

Observa-se na tabela 1 que a introdução do sistema agrícola causou um desequilíbrio nutricional modificando as propriedades químicas do solo, essas variações podem ser acarretadas ao uso e manejo do solo. Manejos conservacionistas como o SPD acarretam a melhora da fertilidade do solo, mas ainda não se equipara à fertilidade em área de mata nativa.

Ocorre um maior acúmulo de K, Ca e Mg, na profundidade de 0,0 a 0,20 m, na área de mata nativa, que está ligada diretamente à ciclagem de nutrientes promovida pela constante deposição de resíduos orgânicos na superfície do solo. O uso do solo para a agricultura promove a deterioração da fertilidade do solo.

O nutriente que destoa a observação na análise da camada superficial é o P, que se encontra em maiores concentrações na área agrícola. Esta diferença pode estar associada às adubações correntes que acontecem na área agrícola e ao resíduo desses adubos presentes no solo. A MO contém praticamente todos os Fs macro e micronutrientes e, além disso, confere melhor estrutura ao terreno, aumentando sua fertilidade. Nas regiões tropicais, a matéria orgânica em quantidades suficientes no solo é fator decisivo para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes (RONQUIM, 2010).

Na camada de 0,20-0,40 m, observa-se padrões de fertilidade semelhante à camada superficial, sendo novamente o P o nutriente que não apresenta as maiores concentrações na área de mata nativa. Nas duas profundidades observadas, ocorre diferença estatística K, Ca, Mg e H+Al; mesmo com a discrepância de valores para a MO e P, não foram observadas diferenças estatísticas.

Na tabela 3, observa-se os parâmetros de fertilidade do solo para as áreas analisadas. O pH fornece indícios das condições químicas gerais do solo. Solos

com pH próximos a neutralidade indicam solos com baixa acidez, grande quantidade de bases trocáveis, baixos teores de H^+Al , baixas quantidades de P fixado nos colóides. O pH do solo é indicador de uma situação biológico-físico-química de todos os solos. Os valores de pH observados nas diferentes camadas do solo demonstram equilíbrio da acidez mesmo em profundidade, proporcionando desenvolvimento adequado das plantas.

Tabela 3. Parâmetros de fertilidade do solo na camada de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m em mata seca semidescídua e Área Agrícola, Unidade Experimental, UniEVANGÉLICA, Anápolis – GO.

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

** significativo à 1% de probabilidade; * significativo à 5% de probabilidade; ns não significativo.

A caolinita e os óxidos de ferro e alumínio, importantes componentes da fração mineral dos solos sob condições tropicais, podem contribuir pouco para a CTC, mas a MO pode representar mais de 80% do valor total da CTC. Porém, as cargas negativas da MO são provenientes da dissociação de íons H^+ de radicais carboxílicos e fenólicos e, portanto, serão efetivas somente em valores elevados de pH (RONQUIM, 2010), como os observados nas avaliações realizadas (Tabela 3).

Observa-se que a MO, presente em maior concentração na área da mata nativa, proporciona maior CTC para o solo. As argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio possuem determinada superfície de troca e são os principais colóides responsáveis pela CTC dos solos sob condições tropicais (RONQUIM, 2010). O pH desses solos (Tabela 3) influencia um maior número de cargas negativas do que positivas desses colóides, ocorrendo a adsorção principalmente de cátions. A elevada saturação por bases observada nos indica que a maior parte da CTC do solo está ocupada com cátions essenciais, como Ca, Mg e K, destacando que tanto o solo da mata nativa como o solo agrícola são solos aptos para a correta nutrição das plantas.

CONCLUSÃO

O cultivo do solo com adições frequentes de MO é a forma mais racional e ecológica de aumentar a fertilidade do solo, o que ocorre em manejos conservacionistas como o SPD. E, normalmente, é o que acontece no cultivo dos solos sob condições tropicais manejados de forma conservacionista. Com o

passar do tempo, as condições físicas, biológicas e as condições químicas melhoram significativamente, fazendo com que a fertilidade dessas áreas agrícolas se equiparem as áreas de mata nativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

BORLAUG, N. E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. BAILEY (ed.). *Global warming and other eco-myths*. Roseville, EUA: Competitive Enterprise Institute, 2002. p. 29-60.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos*. 3. Edição, Porto Alegre, Bookman, 2013.

CASTRO, L. H. R.; MOREIRA, A. N.; ASSAD, E. D. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos cerrados brasileiros. In: ASSAD, E. D. (Org.) *Chuvas nos cerrados: análise e espacialização*. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1994, p. 13-23.

EITEN, G. Delimitação do conceito de Cerrado. *Arquivos do Jardim Botânico, Rio de Janeiro* v. 21: p. 125-134, 1977.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. 2. edição. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011.

FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. dos S. *Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.

HARIDASAN, M. Aluminum accumulation by some Cerrado native species in Central Brazil. *Plant and Soil*, v. 65, p. 265-273, 1982.

KUTCHENSKI, F. E. *Mineração e Meio Ambiente no Estado de Goiás e Distrito Federal*. 2009. Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br/go>>. Acesso em 04 jun. 2018

LE BOURLEGAT, C. A. A fragmentação da vegetação natural e o paradigma do desenvolvimento rural. In: COSTA, R. B. (Org.). *Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região do Centro-Oeste*. Campo Grande, MS: Editora da UCDB e Midiograf, 2003, p. 01-24.

NEPSTAD, D.; KLINK, C. A.; UHL, C.; VIEIRA, I. C.; LEFEBEVRE, P.; PEDLWSKI, M.; MATRICARDI, E.; NEGREIROS, G.; BROWN, I. F.; AMARAL, E.; HOMMA, A.; WALKER, R. Land use in Amazonia and the Cerrado of Brazil. *Ciência e Cultura*, v. 49, p. 73 - 86, 1997.

REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília, DF: MMA, 2005.

REICHARTD, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 2. edição. Barueri, SP: Manole, 2012.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; SILVA, J. A. da. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. In: ANAIS DO XXXII CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. Sociedade Botânica do Brasil, Janeiro, 1981, Teresina, Brasil. Anais... Teresina-PI, 1981. P. 124-133.

RIZZINI, C. T. Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Rio de Janeiro, RJ: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.

SANCHEZ, P. A. Suelos del trópico - Características y manejo. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperacion para La Agricultura, 1981. 645 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book: il. color.

SQUIBA, L. M., PREVEDELLO, B. M. S., LIMA, M. R. Como coletar amostras de solo para análise química e física (culturas temporárias). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto Solo Planta, 2002. (Folder).

¹⁹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus Novo Paraíso*, Roraima, Brasil.

²⁰ UniEvangélica – Centro Universitário de Anápolis, Goiás, Brasil.

²¹ UniEvangélica – Centro Universitário de Anápolis, Goiás, Brasil.

MÉTODOS DE CONTROLE DE PLANTAS INVASORAS E SEUS EFEITOS NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM CULTIVO DE CAFEEIROS

Raphael Henrique da Silva Siqueira²²,

Elifas Nunes de Alcântara²³,

Carlos Abanto Rodriguez²⁴,

João Luiz Lopes Monteiro Neto²⁵,

Kedma da Silva Matos²⁶.

RESUMO

Os diferentes tratos culturais empregados nas áreas de cultivo de café, e, dentre eles, o controle de plantas invasoras na entrelinha de plantio, podem vir a modificar características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, influenciando sua qualidade, tornando-o melhor estruturado, mais fértil e, por fim, mais sustentável. Portanto, essa revisão foi realizada com o intuito de avaliar a influência de diferentes métodos de controle de plantas invasoras sobre as características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros. Entre os métodos de controle de invasoras, podemos destacar: controle “biológico” com a manutenção da entrelinha coberta com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* L.), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) ou outra planta de cobertura; controle mecânico com grade, roçadora, trincha e capina manual e o controle químico com herbicidas de pós e pré-emergência. A manutenção da cobertura do solo e/ou a passagem de máquinas e implementos no controle das invasoras podem alterar significativamente o conteúdo de matéria orgânica do solo, a estabilidade de agregados, a dispersibilidade da fração argila, os cátions trocáveis e a retenção de água. Tais transformações podem modificar a qualidade do solo, tornando-o mais ou menos suscetível aos processos de degradação. Com isso, busca-se estabelecer práticas de controle de plantas invasoras que mantenham a qualidade

física, química e biológica do solo, propiciando um melhor e mais longo aproveitamento desse recurso finito.

Palavras-chave: Controle de Invasoras, Física do Solo, Qualidade do solo, Química do Solo.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem cerca de 2,2 milhões de hectares plantados com café, sendo o maior produtor do mundo. A produção brasileira de café em 2017 foi de aproximadamente 44,77 milhões de sacas, sendo 34,07 milhões de café arábica e 10,71 de conilon (CONAB, 2017).

O Estado de Minas Gerais se destaca como principal produtor de café do Brasil, sendo responsável por cerca de 55% da produção nacional. Considerando-se apenas a espécie arábica, a contribuição do estado atinge 75% da produção nacional (CONAB, 2017).

A produção de café é altamente dependente dos tratamentos culturais e de fatores fisiológicos e ambientais. Entre as principais práticas que visam à produção sustentável do café, está o controle de plantas invasoras que, de um modo geral, tem sido realizado desde os primórdios da agricultura, por meio de técnicas manuais, mecânicas e químicas, embora, durante muito tempo, as preocupações com os resultados dessa prática estiveram mais relacionadas ao ponto de vista agrícola do que ambiental (ALCÂNTARA e FERREIRA, 2000).

Nesse controle, são utilizadas práticas que contribuem para a proteção da superfície do solo, podendo melhorar sua qualidade física, impedindo a formação de encrostamentos superficiais e a ocorrência de processos erosivos, como também melhorar a qualidade química com fornecimento de matéria orgânica por meio do manejo adequado de sua cobertura vegetal (ALCÂNTARA e FERREIRA, 2000; ALCÂNTARA et al., 2007).

A utilização de sistemas de manejo do solo que incorporem maior conteúdo de C orgânico ao solo e que sejam menos agressivos é fator primordial para a redução dos processos erosivos (BAYER e MIELNICZUK, 1997; BAYER e BERTOL, 1999). A premissa inicial para a melhoria da qualidade do solo é a de que, quanto menor o revolvimento das camadas do solo, melhor será o manejo implementado na cultura e maiores serão os ganhos, em termos de fertilidade, atributos físicos e biológicos do solo. Isso está relacionado com um balanço

positivo de matéria orgânica, pois solos mais revolvidos aumentam a área de contato da matéria orgânica com a microbiota do solo, fazendo com que a oxidação da matéria orgânica ocorra de forma mais acelerada, o que pode incorrer em balanço negativo (AMADO et al., 2000).

O controle mecânico de plantas invasoras se faz pelo uso de técnicas que empregam maquinário agrícola ou, até mesmo, controle manual, visando à diminuição ou à eliminação da população dessas plantas em determinado cultivo. Exemplos mais comuns de métodos de controle mecânico das plantas invasoras são grade, trincha, roçadora e escarificação.

O controle químico de plantas invasoras consiste na utilização de herbicidas de pré e pós-emergência, que é o mais utilizado, sendo considerado o método de controle mais efetivo. No entanto, pressões econômicas, sociais e ecológicas, no sentido de limitar o emprego de defensivos químicos nos sistemas de produção, têm impulsionado a pesquisa a procurar novos procedimentos, que promovam menor impacto ambiental e social (CARVALHO et al., 2005).

No controle biológico de plantas invasoras, empregam-se práticas que visam estimular a competição entre plantas, como o plantio de cobertura vegetal resistente, com sistema radicular vigoroso e que tenha a capacidade de restringir o desenvolvimento das invasoras.

Os métodos de controle das plantas invasoras, tanto os mecânicos quanto os químicos e biológicos, apresentam algumas limitações em relação aos atributos físicos do solo. No controle mecânico, o peso das máquinas pode promover a compactação, assim como a retirada excessiva do mato pode deixar o solo mais exposto à erosão superficial. O controle químico é bastante eficiente, porém, os produtos químicos podem deixar resíduos, contaminantes no solo e lençol freático. Em alguns casos, herbicidas também alteram a estabilidade dos agregados do solo. No controle biológico, há a necessidade de plantas adaptadas à competição, com raízes mais profundas para romper a estrutura do solo, maior velocidade de crescimento e outras características que acabam demandando pesquisas na área de melhoramento, implicando custos elevados.

O conhecimento das alterações dos atributos físicos e químicos do solo, advindas desses manejos, possibilita prever limitações e potencialidades destes, e, assim, melhorar a produtividade das culturas (SILVEIRA e STONE, 2001).

Manejo agroecológico e controle de plantas invasoras

O manejo agroecológico do solo está baseado em vários pré-requisitos que devem ser alcançados, como produtividade, geração de renda, aceitabilidade dos produtos e manejo correto da cobertura vegetal, o que leva ao incremento de matéria orgânica do solo. Tais aspectos devem estar em concordância com práticas socioambientais que levam a um aumento da qualidade dos produtos gerados, assim como a melhoria do ambiente na propriedade e no seu entorno. O manejo cultural tem que ser abrangente e, ao mesmo tempo, alcançar bons números na lavoura, reduzindo os custos com pesticidas e fertilizantes, aumentando, com isso, o lucro do produtor (GOMEZ et al., 1996; SANTOS et al., 2002; NICHOLLS et al., 2004; NETO e MATSUMOTO, 2010).

A sustentabilidade do agronegócio café depende de diversas práticas agrícolas adotadas no seu cultivo. O controle de plantas invasoras se destaca por afetar diretamente a produção do cafeeiro. As plantas invasoras competem pelos mesmos recursos exigidos pelo cafeeiro quando se desenvolvem no mesmo ambiente e, assim, poderá ocorrer redução significativa na produção de grãos de café, pelo fato de que, de modo geral, as plantas cultivadas sentem mais os efeitos dessa competição quando comparadas com as invasoras (PITELLI, 1985; TOLEDO et al., 1996).

Estudos revelam que a influência das plantas invasoras na cafeicultura pode ser traduzida em prejuízos e benefícios. Dentre os prejuízos, citam-se diminuição na produção de café, menor eficiência de uso da terra, dificuldade nas práticas culturais, alto custo de proteção fitossanitária, problemas no manejo da água, baixa qualidade do produto e dificuldade na colheita. Dentre os benefícios, têm-se sombreamento do solo na época seca, com maior retenção de água; proteção do solo na época chuvosa, amenizando efeitos da erosão; favorecimento do microclima, da microflora e da microfauna; e, ainda, aumento do teor de matéria orgânica (SOUZA et al., 1985).

Tem-se buscado avaliar os diferentes métodos, do ponto de vista econômico e de maior eficiência no controle dessas plantas. O controle, quando adequadamente feito, pode contribuir para a melhoria das propriedades do solo, principalmente, em decorrência da elevação do seu teor de matéria orgânica, promovida pela diversidade de espécies presentes na cultura (ALCÂNTARA e FERREIRA, 2000).

Os métodos de controle de plantas invasoras podem ser divididos em três categorias: métodos físicos ou mecânicos, químicos e biológicos. Os métodos físicos empregados são maneiras instrumentais de controle que podem ser ou

manuais ou mecânicas (SANTOS et al., 2008).

Controle mecânico de plantas invasoras

O controle mecânico envolve a capina manual e o cultivo por meio de tração animal ou trator. A capina manual ainda é muito utilizada pelos agricultores de subsistência, contudo, essa operação só é recomendável para áreas pequenas. Em lavouras cafeeiras, quando capinadas de forma intensiva, mantêm a superfície do terreno descoberta, aumentando o transporte de partículas do solo (TOLEDO et al., 1996).

Quando não aplicado o controle mecânico na lavoura de café, devido aos novos métodos de controle da erosão, como superadensamento, há um maior aporte de matéria orgânica nos sistemas convencional, orgânico e em conversão, o que influencia a estruturação do solo e a diminuição do arraste de partículas pela proteção daquele contra o impacto das gotas de chuva (THEODORO et al., 2003).

Entre os métodos mecânicos de controle, estão: roçadora, grade, trincha e capina manual. Em adição, o tamanho do implemento e o número de operações realizadas durante o ano favoreceram maiores degradações físicas, químicas e biológicas do solo (ARAÚJO-JUNIOR et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2014a; SIQUEIRA et al., 2014b; SIQUEIRA et al., 2015).

Controle químico de plantas invasoras

Os métodos químicos de controle são realizados por meio da aplicação de herbicidas tanto de pré como de pós-emergência e demonstram ser os mais efetivos e eficientes métodos, tanto que, ao longo das últimas quatro décadas, os herbicidas têm dominado a estratégia de manejo das plantas daninhas em diversos países (WYSE, 1992; ABERNATHY e BRIDGES, 1994) Nos Estados Unidos, os herbicidas representam aproximadamente 60% do total de pesticidas aplicados nas lavouras (ASPELIN, 1994).

Analisando o controle de plantas invasoras em cultura perene com utilização de herbicidas, cobertura morta com bagaço de cana, cultivo alternado de mucuna e de aveia, capina manual, roçada mecânica e cultivo de guandu, não foram observadas diferenças significativas para teor de carbono orgânico, soma de

bases e CTC. No entanto, a resistência à penetração em camadas mais profundas é considerada impeditiva ao desenvolvimento das raízes, quando o tratamento empregado é o herbicida. Porém, alguns atributos químicos, como pH, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} e V%, são influenciados positivamente tanto pelo herbicida como pela roçada mecânica (TRINTINALIO et al., 2005).

Controle biológico de plantas invasoras

No controle biológico de plantas invasoras são adotadas técnicas que visam competição entre plantas por meio de plantio da cobertura vegetal com espécies que apresentam velocidade de crescimento e agressividade maiores que das plantas daninhas. Assim, tais espécies causam supressão das invasoras por meio da competição por luz, água, oxigênio, nutriente e substâncias alelopáticas (FAVERO et al., 2001; SANTOS et al., 2008).

O estabelecimento de culturas de cobertura com sistema radicular vigoroso, capaz de penetrar camadas mais compactadas de um solo, causa maior estabilização de agregados pela aproximação das partículas, enquanto ocorre o desenvolvimento radicular, pois ocasiona pressão nas partículas minerais na medida em que avança pelo espaço poroso e aumenta a coesão entre partículas, pelo ressecamento de camadas adjacentes às raízes, devido à absorção de água. Isto faz com que a implementação destas culturas tenha relevante impacto na redução da utilização de métodos mecânicos de controle de invasoras, como a escarificação, que reduz a estabilidade de agregados em camada superficial, segundo Calonego e Rosolem (2008). Tais autores observaram que a utilização de triticales como cultura de cobertura proporciona maior DMG e DMP de agregados nas camadas mais superficiais de um Nitossolo Vermelho.

Alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo

À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas, químicas e biológicas sofrem alterações geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal (ANJOS et al., 1994; ANDREOLA et al., 2000; ALBUQUERQUE et al., 2001; MELONI et al., 2013). O uso do solo leva ao comprometimento de sua estrutura por meio da compactação, afetando a relação macro/microporos e, conseqüentemente, a dinâmica do ar e da água, havendo

também danos à atividade biológica (SÁ, 1993; MARIA et al., CASTRO, 1999; SILVEIRA e STONE, 2001; MELONI et al., 2013).

A melhoria da qualidade física do solo, o que inclui a formação de boa estrutura, é condição primordial para garantir altas produtividades (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990), haja vista que esta característica está relacionada com a disponibilidade de ar e de água às raízes das plantas, com o suprimento de nutrientes, com a resistência mecânica do solo à penetração e com o desenvolvimento do sistema radicular (TISDALL e OADES, 1979; REID e GOSS, 1981).

As plantas invasoras não afetam o cultivo do café apenas num enfoque específico de competição por água, luz e nutrientes, mas podem vir a alterar propriedades importantes do solo, como as físico-hídricas e mecânicas, uma vez que os métodos de controle destas acabam alterando tais características, podendo aumentar ou diminuir a erosão e também resultar no aporte de matéria orgânica (FARIA et al., 1998; ARAUJO-JUNIOR et al., 2008).

As características físicas são influenciadas diretamente pela matéria orgânica do solo (MOS), tanto em quantidade quanto em qualidade. O fracionamento da MOS em seus compartimentos pode auxiliar na avaliação das modificações decorrentes do uso devido à maior sensibilidade dessas frações frente ao manejo. A fração particulada da MOS pode ser utilizada como ferramenta para avaliar a qualidade do solo, principalmente em um curto período de tempo (CAMBARDELLA e ELLIOTT, 1992; BAYER et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005; NICOLOSO, 2005).

A recuperação do potencial produtivo do solo, pelo uso de plantas, como gramíneas e leguminosas (SANTOS et al., 2001), também tem sido verificada, devido ao aumento que promovem no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, na melhoria de condições físicas e químicas do solo. A quantidade de material vegetal adicionado na superfície, bem como a quantidade de matéria orgânica acumulada no solo, é dependente dos sistemas de manejo adotados (BAYER et al., 1999; AMADO et al., 2000).

Práticas de manejo não conservacionistas podem induzir a perdas de solo, de água e de matéria orgânica. No entanto, quando é implementado um bom manejo de plantas invasoras ocorre o inverso, ou seja, maior coesão do solo, menores perdas e maior acúmulo de matéria orgânica (FARIA et al., 1998).

A utilização de métodos de controle, como o herbicida de pós-emergência e sem capina, ocasiona maior cobertura do solo, reduzindo a energia cinética da

água e reduzindo a erosão do solo, além de manter a umidade constante, o que favorece o desenvolvimento de microrganismos que contribuem para um maior aporte de matéria orgânica. Tais métodos de controle são indicados com o objetivo de melhorar a qualidade física e diminuir as perdas de água e de solo (FARIA et al., 1998; PROCHNOW et al., 2005).

Diferentes manejos de plantas invasoras, utilizados no centro das entrelinhas da lavoura cafeeira, como sem capina (SCAP), capina manual (CAPM), herbicida de pós-emergência (HPOS), roçadora (ROÇA), enxada rotativa (ENRT), grade (GRAD) e herbicida de pré-emergência (HPRE), não influenciaram a densidade do solo e o teor de C orgânico do Latossolo, na profundidade de 25–28 cm, em relação ao solo sob mata nativa, demonstrando que os métodos de controle de daninhas podem não influenciar negativamente o aporte de matéria orgânica (ARAUJO-JUNIOR et al., 2011).

Além disso, a utilização de métodos de controle ocasiona mudanças na estrutura do solo em relação a floresta nativa, como: retenção de água, capacidade de água disponível e distribuição do tamanho dos poros do solo, sendo a camada mais superficial (0 – 0,05 m) mais sensível às mudanças que a camada mais subsuperficial (0,10 – 0,15 m) (PIRES et al., 2017).

Melhores valores para estabilidade de agregados, assim como para outros atributos físicos, são encontrados em sistemas de manejo conservacionistas, devido ao maior acúmulo de matéria orgânica e à ausência de revolvimento do solo. Quando implementadas práticas de manejo que levam em conta tais aspectos, o sistema solo se torna mais sustentável (BILIBIO et al., 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle adequado de plantas invasoras busca, não só a efetiva diminuição da competição por água, luz e nutrientes com a cultura principal, mas também procura manter ou melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, tornando-o mais sustentável. Contudo, o que se vê comumente é a utilização inadequada dos métodos de controle de plantas invasoras, incorrendo em danos ao meio ambiente, diminuição da biodiversidade e degradação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERNATHY, J. R.; BRIDGES, D. C. Research priority dynamics in weed science. **Weed Technology**, v. 8, n. 2, p. 396-399, 1994.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 115-119, 2001.

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 711-721, 2000.

ALCANTARA, E. N.; NOBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas invasoras na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e componentes da acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1525-1533, 2007.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 179-189, 2000.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 857-865, 2000.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KREIGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 139-145, 1994.

ARAÚJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S.; GUIMARAES, P. T. G.; ALCANTARA, E. N. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 115-131, 2011.

ARAÚJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S. GUIMARÃES, P. T. G. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 23-32, 2008.

ASPELIN, A. L. **Pesticide industry sales and usage: 1992 and 1993 market estimates**. Washington: EPA, 1994.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 687- 694, 1999.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 105-112, 1997.

BILIBIO, W. D.; CORRÊA, G. F.; BORGES, E. N. Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 817-822, 2010.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1399-1407, 2008.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 777-783, 1992.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, J. E. B.; NEVES, C. S. V. J.; MENEGUCCI, J. L. P.; SILVA, J. A. A.

Práticas Culturais. In: MATTOS JR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Eds). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005, Cap.21, p.449- 482.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – café 2017**, segunda estimativa. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 04/11/2018.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29,

p. 777-788, 2005.

ABREU, Â. de F. B. **Cultivo do feijão das primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais**. Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Sistemas de Produção, 6). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSc>>. Acesso em 10/032013.

FARIA, J. C.; SCHAEFER, C. E. R.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M. Effects of weed control on physical and micropedological properties of Brazilian Ultisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 731-741, 1998.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1355-1362, 2001.

GOMEZ, A. A.; NELLY, D. E.; SYERS, J. K.; COUGHLAN, K. J. "Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level". En: DORAN, J.W. y JONES, A.J. (Eds.), **Methods for assessing soil quality**. Soil Science Society of America (SSSA), Madison-WI (USA), pp. 401-409, 1996.

NETO, F. L. M.; MATSUMOTO, S. N. Qualidade do solo e nutrição de plantas em sistemas de produção de café (*Coffea arabica* l.). **Coffee Science**, v. 5, p. 206-213, 2010.

MARIA, I. C. de; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v. 51, p. 71-79, 1999.

MELLONI, R.; BELLEZE, G.; PINTO, A. M. S.; DIAS, L. B. P.; SILVE, E. M.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; ALCÂNTARA, E. N. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 66-75, 2013.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; DEZANET, A.; LANA, M.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. **Biodynamics**, v. 20, p. 33-40, 2004.

NICOLOSO, R. S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria,

Santa Maria, 2005.

PIRES, L. F.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; DIAS, N. M. P.; JUNIOR, M. S. D.; ALCÂNTARA, E. N. Efeito de métodos de controle de plantas invasoras nos atributos hídricos de um Latossolo. **Acta Scientiarum**, v. 39, p. 119-128, 2017.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 120, p. 16-27, 1985.

PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 91-98, 2005.

REID, J. B.; GOSS, M. J. Effect of living roots of different plant species on the aggregation stability of two arable soil. **Journal Soil Science**, v. 32, p. 521-541, 1981.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 96 p, 1993.

SANTOS, A. C.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, A. P.; CAVALCANTE, V. R. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 1063-1071, 2001.

SANTOS, I. C.; LIMA, P. C.; ALCÂNTARA, E. N.; MATTOS, R. N.; MELO, A. V. Manejo de entrelinhas em cafezais orgânicos. **Informe Agropecuário**, v. 23, p. 115-126, 2002.

SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. **Cobertura do solo no controle de plantas daninhas do café**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 56 p, 2008.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas em sistema de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 387-394, 2001.

SIQUEIRA, R. H. S.; FERREIRA, M. M.; ALCÂNTARA, E. N.; CARVALHO, R. C. S. Atributos químicos de um Latossolo submetido a diferentes controles de plantas invasoras em cafeeiros. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 138-148, 2015.

SIQUEIRA, R. H. S.; FERREIRA, M. M.; ALCÂNTARA, E. N.; CARVALHO, R. C. S. Agregação de um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a métodos de

controle de plantas invasoras na cultura do café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1128-1134, 2014a.

SIQUEIRA, R. H. S.; FERREIRA, M. M.; ALCÂNTARA, E. N.; SILVA, B. M.; CARVALHO, R. C. Retenção de água e índice S de um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a métodos de controle de plantas invasoras na cultura do café. **Ciência e agrotecnologia [online]**, v. 38, n. 5, p. 471-479, 2014b.

SOUZA, I. F.; MELLES, C. C. A.; GUIMARÃES, P. T. G. Plantas daninhas e seu controle. **Informe Agropecuário**, v. 11, p. 59-65, 1985.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregates by the root system of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, v. 17, p. 429- 441, 1979.

TOLEDO, S. V.; MORAES, M. V.; BARROS, I. Efeito da frequência de capinas na produção do cafeeiro. **Bragantia**, v. 55, p. 317-324, 1996.

TRINTINALIO, J.; TORMENA, C. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; MACHADO, J. L.; CONSTANTIN, J. Alterações nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho distrófico por diferentes manejos na entrelinha da cultura da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, p. 753-759, 2005.

WYSE, D. L. Future of weed science research. **Weed Technology**, v. 6, p. 162-165, 1992.

²² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus Amajari*, Roraima, Brasil.

²³ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Minas Gerais, Brasil.

²⁴ Instituto de Investigaciones de La Amazonia Peruana (IIAP), Perú.

²⁵ Universidade Federal de Roraima, Roraima, Brasil.

²⁶ Universidade Federal de Roraima, Roraima, Brasil.

METABOLISMO DO NITROGÊNIO EM PLANTAS LEGUMINOSAS INOCULADAS E SOB ADUBAÇÃO MINERAL, EM TERMOS DE ASSIMILAÇÃO DE N, TRANSPORTE DE N E ACUMULAÇÃO DE N NOS GRÃOS

Rodrigo Luiz Neves Barros²⁷

RESUMO

O nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como DNA, RNA, ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas. Na planta, o nitrogênio pode ser obtido a partir do solo (principalmente pela decomposição da matéria orgânica), com pequenas doses pela fixação não biológica (como descargas elétricas), pela adição de fertilizantes nitrogenados, ou pelo processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). A FBN é o processo em que o nitrogênio presente na atmosfera (N_2) é convertido em formas que podem ser utilizadas pelas plantas. As formas preferenciais de absorção de nitrogênio (N) pelas plantas são íons amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). Compostos nitrogenados simples, como ureia e alguns aminoácidos, também podem ser absorvidos em determinados ambientes. Após sua absorção, o NH_4^+ e o NO_3^- são convertidos a aminoácidos, que são as principais formas de transporte de N na maioria das plantas. Em leguminosas tropicais e subtropicais noduladas, os ureídeos apresentam-se como a principal forma de transporte de N à longa distância. Após a fixação do N_2 , os ureídeos (alantoína e ácido alantóico) são produzidos e transportados para a parte aérea, onde são catabolizados, liberando NH_4^+ , para a reassimilação em aminoácidos. A assimilação de N em forma orgânica, e sua subsequente distribuição e utilização pela planta nos sítios de consumo, é um processo fundamental, sendo este mediado por vários

mecanismos de transporte. O rizóbio, em simbiose, utiliza os carboidratos provenientes da fotossíntese da planta hospedeira na sua manutenção e para promover o processo de FBN; e, por outro lado, a planta se beneficia do nitrogênio fixado pela bactéria. O aproveitamento da FBN é uma tecnologia capaz de substituir a adubação nitrogenada pelo menos em parte, reduzindo os custos de produção. Por outro lado, o nitrogênio no solo é um nutriente cuja presença ou ausência afeta a simbiose de várias formas, em excesso, o fertilizante nitrogenado pode causar redução da eficiência simbiótica, enquanto, quando aplicado em pequenas quantidades, na semeadura de leguminosas, permite um aumento no crescimento dos nódulos, maior FBN e produtividade. Vantagens econômicas e ambientais da FBN frente ao uso de fertilizantes nitrogenados são aplicáveis desde pequenos agricultores familiares até propriedades altamente tecnificadas que visam altas produtividades.

Palavras-chave: Nutrição de plantas, Ureia, *Rizobium*, Inoculante.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como DNA, RNA, ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas. Sendo as formas preferenciais de absorção de N pelas plantas os íons amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). Compostos nitrogenados simples, como ureia e alguns aminoácidos, também podem ser absorvidos em determinados ambientes (RENTSCH et al., 2007; NÄSHOLM et al., 2009). Após sua absorção, NO_3^- e NH_4^+ são convertidos a aminoácidos, que são as principais formas de transporte de N na maioria das plantas (MIFLIN e LEA, 1976).

A síntese de aminoácidos ocorre principalmente nas raízes ou folhas maduras (fontes) que exportam N para suprir as zonas de consumo (drenos), tais como pontas de raízes, flores, frutos e sementes, atuando como nutriente essencial para o crescimento ou a síntese de amido, proteínas e óleos (RENTSCH et al., 2007).

As leguminosas são capazes de estabelecer um sistema simbiótico com bactérias fixadoras de nitrogênio, denominadas coletivamente de rizóbios, e formar novos órgãos, os nódulos, onde ocorre a conversão do nitrogênio atmosférico N_2 para amônia (NH_3), que é rapidamente protonada a NH_4^+ (DAY et al., 2001; LODWIG et al., 2003).

Em leguminosas tropicais e subtropicais noduladas, os ureídeos apresentam-se como a principal forma de transporte de N à longa distância (ATKINS e SMITH, 2007). Após a fixação do N₂, os ureídeos (alantoína e ácido alantóico) são produzidos e transportados para a parte aérea, onde são catabolizados, liberando NH₄⁺, para a re-assimilação em aminoácidos (SMITH e ATKINS, 2002; TODD et al., 2006). Enquanto o transporte de aminoácidos e ureídeos das raízes para parte aérea ocorrem através do xilema, o transporte de N orgânico da fonte para o dreno ocorre via floema.

A assimilação de N em forma orgânica, e sua subsequente distribuição e utilização pela planta nos sítios de consumo, é um processo fundamental, sendo este mediado por vários mecanismos de transporte. Esses mecanismos devem ser coordenados e regulados para alcançar funções fisiológicas normais da planta (STITT et al., 2002; LALONDE et al., 2003).

ABSORÇÃO DE N ORGÂNICO E INORGÂNICO

O N é absorvido pelas raízes, em geral, o seu transporte é radial e pode seguir tanto a via simplástica como a apoplástica. Na via simplástica, o N é importado pelos pêlos radiculares ou células epidérmicas e se move de uma célula para outra através dos plasmodesmos para o cilindro vascular (RENTSCH et al., 2007). Alternativamente na rota apoplástica, o N desloca-se no espaço da parede celular e é importado pelas células do córtex ou endodérmicas. O transporte mediado por importadores para o interior do simplasma da raiz tem que ocorrer antes da endoderme, devido às estrias de Caspary bloquearem o fluxo de nutrientes na via apoplástica do tecido vascular da raiz. Uma vez que o N passa essa barreira, pode mover simplasticamente através do periciclo e células do parênquima vascular. O carregamento de N dentro dos elementos crivados das células companheiras (SE-CC) no complexo do floema, provavelmente deve ser feito através de uma via apoplástica (LALONDE et al., 2003).

Em espécies cultivadas, as raízes das plantas absorvem principalmente NO₃⁻ e NH₄⁺, e um número relativamente grande de transportadores AMT (NH₄⁺) e NRT (NO₃⁻) estão envolvidos nesta etapa (WANG et al., 2012; XU et al., 2012; NACRY et al., 2013). Após absorção, o nitrogênio mineral pode ser reduzido a aminoácidos.

Solos de alguns ecossistemas ou na agricultura orgânica contêm quantidades

relativamente altas de aminoácidos que são absorvidos pelas raízes (NÄSHOLM et al., 2009). Por meio de estudos de absorção em mutantes de *Arabidopsis*, quatro transportadores foram observados desempenhando um papel na absorção de aminoácidos na raiz. Sendo estes transportadores de aminoácidos: as permeases AtAAP1 (LEE et al., 2007) e AtAAP5 (SVENNERSTAM et al., 2008; 2011), lisina/histidina AtLHT1 (HIRNER et al., 2006; SVENNERSTAM et al., 2007) e prolina AtProT2 (LEHMANN et al., 2011). Estes transportadores variam no que diz respeito à sua afinidade e especificidade pelo substrato (RENTSCH et al., 2007; TEGEDER, 2012).

Para o transporte das raízes para parte aérea, aminoácidos ou NO_3^- são carregados em elementos do xilema da raiz, exigindo, portanto, um sistema de exportação. Esta tarefa é realizada por NRT1.5 para o NO_3^- , que é um transportador de NO_3^- de baixa afinidade localizado na membrana plasmática das células periciclo (LIN et al., 2008). Da mesma forma, um transportador de aminoácidos de *Arabidopsis* (SIAR1) foi sugerido para atuar no transporte de aminoácidos, incluindo a glutamina, a partir do periciclo para carregamento do xilema (LADWIG et al., 2012). Embora a sua localização nas células das raízes ainda precise ser determinada, o transportador de aminoácidos bidirecional, BAT1, poderá também fornecer N orgânico no apoplasto do xilema da raiz, assim como o transporte para parte aérea (DÜNDAR, 2009; DÜNDAR et al., 2009).

Alguns dos aminoácidos apoplásticos e NO_3^- do cilindro vascular parecem ser carregados no floema para o transporte até a ponta da raiz, tal como indicado pela expressão do transportador de NO_3^- NRT1.9 em *Arabidopsis* e o transportador de aminoácidos AAP3 nas células companheiras (OKUMOTO et al., 2004; WANG e TSAY, 2011).

Em leguminosas tropicais e subtropicais não noduladas, a assimilação de N nas raízes conduz principalmente a síntese e transporte de longa distância de aminoácidos. No entanto, também ocorre a síntese de ureídeos (alantoína e ácido alantóico) em quantidades significativas do N orgânico na seiva do xilema, dependendo da fase de desenvolvimento da planta (MATSUMOTO et al., 1977; MCNEIL et al., 1984). Enquanto os sistemas de exportação e carregamento da raiz para o xilema ainda não estão plenamente compreendidos, proteínas importadoras de ureídeos (UPS1), foram recentemente descobertos em feijoeiro PvUPS1 (PÉLISSIER et al., 2004) e em soja GmUPS1-1 e GmUPS1-2

(COLLIER et al., 2012). PvUPS1 se localizam no floema da raiz e, presumivelmente, apresentam a função de fornecimento de N para a ponta da raiz em crescimento (PÉLISSIER et al., 2007).

REDUÇÃO DO NITRATO

Quando as plantas dependem principalmente de NO_3^- para absorção de N, a Nitrato Redutase (NR) realiza a primeira etapa da assimilação NO_3^- . Estes passos são coordenados dependendo das exigências de N da planta, disponibilidade fotoassimilados e condições ambientais (HUNGRIA et al., 2014).

Após ser absorvido, o NO_3^- precisa ser incorporado a esqueletos de carbono, para que esteja finalmente assimilado. Sendo assim, o NO_3^- necessita ser reduzido a NH_4^+ , que pode ocorrer nas raízes ou na parte aérea. Essa conversão do NO_3^- a NH_4^+ ocorre em duas etapas. No citossol, o NO_3^- é reduzido a nitrito (NO_2^-) pela enzima NR com gasto de 2 elétrons doados pelas coenzimas NADH ou NADPH. Em seguida, o NO_2^- formado é transferido para o cloroplasto nos tecidos fotossintetizantes ou para os plastídios nas raízes, onde é reduzido a NH_4^+ pela enzima Nitrito Redutase (NiR) com gasto de 6 elétrons doados pela ferredoxina reduzida (NEIRA et al., 1985).

A compreensão do metabolismo da NR e NIR é de grande importância para as plantas que fixam N_2 , pois muitas vezes estas obtêm uma proporção substancial de N via assimilação de NO_3^- (SMITH e ATKINS, 2002).

A NR catalisa a primeira etapa de assimilação de nitrogênio em plantas superiores por meio da redução do NO_3^- a NO_2^- (OAKS, 1994; YANEVA et al., 2000). Sua atividade pode ocorrer tanto no citoplasma de raízes como de folhas (LEA, 1999). É uma enzima passível de ativação e indução pelo substrato inicial NO_3^- e possui meia vida curta (em torno de três horas). A diminuição no influxo de NO_3^- , e, portanto, queda da quantidade de NO_3^- no citossol ou o acúmulo do produto final, a NH_4^+ pode resultar em queda da atividade da NR. A baixa atividade dessa enzima diminui os níveis de proteína solúvel, enquanto aumenta as concentrações de N- NO_3^- nos tecidos das plantas (KRAMER e BOYER, 1995).

A atividade da NR é o passo limitante da via de assimilação de NO_3^- , e há

evidências de que há repressão de síntese quando NH_4^+ é utilizado como fonte de N ou quando há aumento na concentração interna de compostos nitrogenados orgânicos. A presença de NO_3^- é necessária para a síntese de NR, tendo demonstrado que pequenas exposições a NO_3^- são suficientes para sua indução e que o fluxo de nitrogênio ou o status de nitrogênio da planta controlam sua expressão (TISCHNER, 2000).

Uma vez que o NO_3^- é reduzido a NH_4^+ , este deve ser imediatamente incorporado a esqueletos de carbono pelo sistema enzimático Glutamina, Sintetase/Glutamato Sintase (GS/GOGAT), formando compostos orgânicos, pois é um íon tóxico às plantas (LEA, 1999).

ASSIMILAÇÃO DE NH_4^+ E O CICLO DA GLUTAMINA, SINTETASE-GLUTAMATO SINTASE (GS/GOGAT)

A natureza prejudicial do NH_4^+ exige a sua rápida assimilação, evitando seu acúmulo nos tecidos. Para esse fim, os tecidos possuem um sistema eficiente de assimilação que funciona em baixas concentrações de NH_4^+ . A enzima responsável é a glutamina sintetase (GS), que catalisa a união da amina com o ácido glutâmico para formar glutamina (LEA e MIFLIN, 2003).

A reação catalisada pela GS é encontrada na maioria dos tecidos das plantas, embora com grande variação de atividade. A nível subcelular, ocorre tanto no citossol como em plastídeos. É constituída de oito subunidades, sendo encontradas duas isoformas: a GS1, localizada no citossol, é a forma predominantemente nas raízes, e GS2, localizada nos cloroplastos, é a forma predominante nas folhas (LEA e MIFLIN, 2003).

A eficiência desse processo é muito superior à taxa de produção de NH_4^+ formada principalmente pela redução do NO_3^- e, nas folhas de plantas C_3 , pela fotorrespiração, cuja taxa de produção pode superar a redução do NO_3^- em 10 vezes. Dessa forma, em condições normais, o NH_4^+ é mantido em concentrações muito baixas nos tecidos vegetais (GUPTA e BEEVERS, 1985).

Embora o papel de assimilar NH_4^+ tenha sido atribuído à GS, ela não é a única enzima capaz de catalisar a incorporação do NH_4^+ em forma orgânica. A desidrogenase do glutamato (GDH) catalisa uma reação reversível entre 2-oxoglutarato, NH_4^+ e NADH, formando assim o aminoácido ácido glutâmico. A

GDH é encontrada em diversos tecidos vegetais, mais principalmente em mitocôndrias de folhas, sugerindo que possa ter algum papel na assimilação do NH_4^+ produzido na fotorrespiração, sendo esta enzima ativada por Ca^{+2} e induzida por NH_4^+ . Entretanto, a GDH não é muito eficiente na direção da assimilação, pois o K_m para NH_4^+ é alto, sendo que a reação só é eficiente nessa direção em condições de altas concentrações desse íon (LEA, 1999).

Após a descoberta de plantas que possuíam uma enzima capaz de transferir o N da glutamina para o 2-oxoglutarato, formando ácido glutâmico. Essa nova enzima foi denominada amidatransferase da glutamina: 2-oxoglutarato (GOGAT), que é conhecida como sintase do glutamato. A reação catalisada por essa enzima necessita de dois elétrons, fornecidos pela ferredoxina (isoforma localizada no cloroplasto) ou NADH (isoforma de tecidos não verdes) (LEA e MIFLIN, 2003).

Na reação catalisada pela GOGAT, há formação de duas moléculas de ácido glutâmico. Uma dessas moléculas pode ser consumida na formação de outros aminoácidos, via transaminação, e a outra voltar para assegurar a continuação da atividade da GS (LODWIG et al., 2003). Nas folhas, esse processo ocorre dentro dos cloroplastos, onde a enzima GOGAT é específica para ferredoxina como doador de elétrons. Embora a atividade de GS também seja encontrada fora dos cloroplastos (GS_1), ela é comparativamente muito baixa à enzima do cloroplasto (GS_2). A síntese de muitos aminoácidos se completa nos cloroplastos, embora a interconversão e síntese de aminoácidos também ocorra fora dessa organela (MELO et al., 2003).

Estabelecida à importância do sistema GS\GOGAT na assimilação do NH_4^+ , fica a pergunta qual a função do GDH. Embora não descartada a possibilidade de uma função assimilatória em condições muito especiais, onde sua baixa afinidade pelo NH_4^+ possa ser superada, a GDH certamente desempenha uma função na degradação de aminoácidos (MAGALHÃES e HUBER, 1989). Dois motivos apontam para isso: em primeiro lugar, a reação catalisada por essa enzima é plenamente reversível; em segundo, a sua atividade costuma ser mais alta em tecidos senescentes, em que a mobilização de proteínas ocorre através da degradação de aminoácidos. Dessa forma, o N dos aminoácidos liberados das proteínas atacadas por enzimas proteolíticas e, depois transferidos para o glutamato, via aminotransferase, é finalmente liberado como NH_4^+ ficando disponível para transformação em compostos de transporte de N de tecidos

senescentes para tecidos em desenvolvimento (ANDREWS et al., 2004).

Entretanto, não são apenas tecidos senescentes que exportam o N para outras partes da planta na forma de glutamina e asparagina. Os principais locais de assimilação de NO_3^- , as raízes e as folhas, também o fazem em grande quantidade. Nessa situação, nem toda a glutamina formada via GS segue pela GOGAT, podendo ser exportada como composto de transporte ou ser primeiro transformada em asparagina para depois ser transportada nessa forma (LEA e MIFLIN, 1999). Essa assimilação de N direcionada ao transporte funciona paralelamente ao sistema GS\GOGAT.

É evidente que a simples assimilação do NH_4^+ em glutamina para fins de transporte acabaria em pouco tempo com o ácido glutâmico endógeno. Entretanto, para cada NH_4^+ assimilado para transporte na forma de glutamina, há outro assimilado pelo sistema GS\GOGAT para repor o ácido glutâmico usado para geração de glutamina para o transporte (HIREL e LEA, 2002). Nessa situação, os dois sistemas devem funcionar simultaneamente. Quando há formação de asparagina, a reação envolve a glutamina e o ácido aspártico, catalizada pela sintetase da asparagina (AS). Nesse caso, mais uma vez, o funcionamento em paralelo do sistema GS\GOGAT assegura a produção de ácido aspártico consumido nessa reação (LEA, 2007).

Portanto, o sistema GS\GOGAT tem duas finalidades principais nos tecidos de assimilação primária: fornecer o N para formação de todos os aminoácidos necessários para síntese de proteínas no próprio tecido, suprindo assim a demanda local, e a produção de glutamato e aspartato para formação das amidas necessárias para o transporte de N até os outros tecidos (GUPTA e BEEVERS, 1985).

TRANSPORTE DE NITROGÊNIO

O transporte de N na planta é um importante elo entre os sítios de assimilação e os drenos. Esse transporte à longa distância envolve tanto o xilema como o floema. O transporte pelo xilema basicamente faz a ligação entre a raiz e a folha, pois depende da transpiração, sendo assim responsável pelo escoamento dos produtos da assimilação na raiz (incluindo os nódulos no caso das leguminosas noduladas), bem como transporte do excesso de NO_3^- absorvido pelas raízes até as folhas, outro sítio importante de assimilação do NO_3^- (KING e

PURCELL, 2005).

Uma parte bastante significativa do N transportado via xilema não alcança a folha, uma vez que, durante o percurso, é constante a transferência de aminoácidos para o floema (PATE et al., 1975; ATKINS, 2000). Ocorrendo um processo seletivo nessa transferência, pois os aminoácidos básicos (por exemplo: arginina e lisina) são transferidos com maior facilidade, os neutros (por exemplo: asparagina e glutamina) com menor facilidade, enquanto os aminoácidos ácidos são mais difíceis de serem transferidos. O NO_3^- , assim como os aminoácidos ácidos, é completamente excluído da transferência e, por essa razão, serve para diferenciar a seiva do xilema e floema (MCCLURE e ISRAEL, 1979).

Apesar da seletividade na transferência de aminoácidos do xilema para o floema, o conteúdo do floema não apresenta uma abundância de aminoácidos básicos. Pelo contrário, os mesmos aminoácidos abundantes no xilema (geralmente asparagina e\ou glutamina) são os principais aminoácidos encontrados no floema. A explicação está na maior concentração no xilema, que compensa as restrições de transferência. Por outro lado, os aminoácidos básicos estão em baixíssima concentração no xilema (exceto arginina em algumas árvores) (LODWIG et al., 2003).

Como o transporte no floema ocorre nos dois sentidos, parte do N transferido é devolvido para a raiz, onde pode ser metabolizado ou devolvido para o xilema. Essa reciclagem do N pode ter um importante papel regulatório nos processos de assimilação, servindo como um indicador do estado nutricional da planta em termos de N. Além da transferência de N do xilema para o floema, aminoácidos produzidos na assimilação do NO_3^- nas folhas são carregados no floema para transporte (ATKINS, 1982).

Fixação de nitrogênio atmosférico no nódulo e o transporte de amidas e ureídeos para parte aérea

Após a redução de N_2 para NH_4^+ nos bacteroides por meio do complexo enzimático nitrogenase, o NH_4^+ ou aminoácidos (DAY et al., 2001; LODWIG et al., 2003) são libertados para o citossol das células do nódulo infectadas, sendo utilizados para a síntese de aminoácidos. Em leguminosas temperadas, asparagina é então sintetizada, enquanto que, em leguminosas tropicais e subtropicais, o N passa pela via de síntese das purinas seguida pela degradação

da purina através da via xantina e ácido úrico (TODD et al., 2006; WERNER e WITTE, 2011).

Desde o local de síntese, as amidas ou ureídeos são transportados para o sistema vascular do nódulo para o transporte de longa distância para a parte aérea via xilema (MCCLURE e ISRAEL, 1979; ATKINS et al., 1982). Semelhante às vias de transporte da raiz, o movimento de N orgânico para fora do nódulo pode ocorrer através das vias simplástica ou apoplástica. Tal como a vascularização da raiz, o sistema vascular do nódulo está rodeado por uma endoderme com a presença de estrias de Caspary bloqueando o transporte apoplástico. Para passar a barreira do apoplasma, os ureídeos ou amidas são recarregados no simplasma, uma etapa de importação que pode acontecer nas células do córtex ou da endoderme. Até recentemente, as proteínas de membrana envolvidas no transporte de amidas para fora dos nódulos e no carregamento de aminoácidos no xilema não tinham sido encontradas. No entanto, dois de um total de três transportadores de ureídeos foram recentemente identificados em soja, especificamente GmUPS1-1 e GmUPS1-2, assim como PvUPS1 em feijão, foram localizados nas membranas plasmáticas das células corticais e endodérmicas do nódulo (PÉLISSIER et al., 2004; COLLIER e TEGEDER, 2012).

Embora os mecanismos de exportação de ureídeos para fora das células do parênquima vascular e o carregamento no xilema ainda precisam ser compreendidos, transportadores UPS1 foram expressos no floema do nódulo de feijoeiro. Esta localização oferece suporte a seu papel no carregamento de ureídeos em complexos das células companheiras para suprir as pontas das raízes com N (PÉLISSIER et al., 2004; COLLIER e TEGEDER, 2012).

O transporte de N na planta envolve compostos específicos e característicos da espécie. No geral, predominam os principais produtos da assimilação do N, como glutamina e asparagina. É característica das leguminosas a predominância de asparagina, com a glutamina geralmente em segundo lugar. Ambos são produtos primários do processo de assimilação, tanto do NO_3^- como da FBN (SMITH e LEA; GALLON, 1999).

São bem conhecidos casos especiais, ou seja, espécies que fogem a essa regra. O mais bem documentado é o caso das leguminosas tropicais da tribo Phaseoleae, como feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), nas quais predominam os

ureídeos, sendo responsáveis por 50 a 90% do N transportado no xilema (LEA et al., 2007).

Os ureídeos alantoína e ácido alantóico são produtos quase específicos da FBN nessas espécies, de forma que sua presença é mínima no sistema de transporte de plantas não noduladas cultivadas na presença de NO_3^- . Em função da presença dessa especificidade, o transporte de ureídeos no xilema tem sido bastante usado como indicador do grau de FBN nessas espécies (HUNGRIA e KASCHUK, 2014).

Os ureídeos alantoína e ácido alantóico são formados no nódulo via catabolismo de purinas, sendo transportados para parte aérea, onde são metabolizados e NH_4^+ é liberado e posteriormente reassimilado via GS/GOGAT com assimilação secundária da NH_4^+ (SMITH e ATKINS, 2002). O teor de N (4N:4C) nas moléculas de alantína e ácido alantóico é mais alto que em outros compostos de transporte, como asparagina (2N:4C) e glutamina (2N:5C). Nas leguminosas que apresentam o metabolismo de N baseado em ureídeos, o aminoácido asparagina geralmente aparece em segundo lugar e predomina no xilema de plantas não noduladas. São conhecidas outras formas características de transporte de N na planta. Por exemplo, a citrulina em *Alnus* e *Casuarina* e a arginina em muitas árvores. Esses dois aminoácidos são caracterizados pela alta relação C:N (citrulina 6N:3C e arginina 6N:4C) (SMITH e LEA; GALLON, 1999).

Biosíntese de ureídeos

A formação de ureídeos inicia-se com a biossíntese de purina em plastídios e mitocôndrias de células infectadas (SMITH e ALKINS, 2002). No entanto, a fixação do N necessário para biossíntese da purina é derivado diretamente da glutamina, glicina e aspartato. Além de necessitar de enzimas da assimilação NH_4^+ . A biossíntese das purinas requer 10 enzimas complementares. Após a síntese em células infectadas, xantina é oxidada para ácido úrico, o qual é então transportado para as células não infectadas. No peroxissoma de células não infectadas, o ácido úrico é oxidado aos ureídeos alantoína e ácido alantóico (VANACE, 2008).

Uma prova conclusiva de que o N fixado é transportado foi observado em soja nodulada tratada com alopurinol, um inibidor da xantina desidrogenase

(ATKINS et al., 1988; FUJIHARA e YAMAGUCHI, 1978). Plantas tratadas com alopurinol acumulam xantina em nódulos com uma redução concomitante na biossíntese e transporte de alantoína e ácido alantóico. Vale ressaltar que a atividade xantina desidrogenase é abundante em nódulos de feijão e parece estar localizada no interior das células infectadas. Da mesma forma, a supressão da uricase, que catalisa a oxidação de ácido úrico a alantoína, resultou em plantas que apresentam sintomas de deficiência de N e menor síntese de alantoína (LEE et al., 1993). Tem sido relatado um transportador de alantoína no feijoeiro. A maior expressão do transportador de alantoína ocorreu em nódulos fixando N₂, enquanto que em nódulos de plantas tratadas com fertilizante nitrogenado tiveram a expressão reduzida para esse transportador (PELLISSIER et al., 2004).

A complexidade celular da biossíntese ureídeos é evidenciada por várias constatações. Em primeiro lugar, a síntese de ureídeos é dependente da célula infectada para a formação de purina e as células não infectadas para a oxidação do ácido úrico. Em segundo lugar, enzimas da síntese de purinas estão localizadas nos plastídios e mitocôndrias (ATKINS e SMITH, 2000). Em terceiro lugar, a oxidação do ácido úrico, a alantoína pela uricase, ocorre em peroxissomas das células não infectadas. Em quarto lugar, temos que o ácido alantóico, provavelmente, é sintetizado no retículo endoplasmático liso após a importação de alantoína para este compartimento (WERNER et al., 2008). Uma complexidade ainda maior no transporte de ureídeos é que alantoína e ácido alantóico não são usados diretamente para a assimilação de N nos tecidos superiores, como vagens e folhas, sendo estes catabolizados a glioxilato e ureia, para então serem reassimilados nas vias anabólicas (WINKLER et al., 1988).

Tal complexidade no transporte de N fixado levanta a questão: “qual é o significado evolutivo da síntese ureídeos e transporte de N fixado em espécies de leguminosas tropicais?”. Tem sido argumentado que, porque os ureídeos têm uma razão C: N de 1 e as amidas têm uma razão C: N de 2-2,5, os ureídeos são mais eficientes na economia de N na planta, mas a complexidade do uso no metabolismo de ureídeos desloca qualquer benefício da razão C:N que possam ter (VANANCE, 2008).

Como a síntese da purina requer incorporação direta de glicina, é de se esperar que as enzimas-chave na biossíntese de glicina sejam reguladas nos nódulos das leguminosas produtoras de ureídeos. Essa expectativa é confirmada pela expressão altamente elevada de hidroximetil serina e outras enzimas na via

glicina\serina em nódulos de feijão (RAMÍREZ et al., 2005).

A oxidação do ácido úrico, a alantoína, é catalisada pela uricase (LEE et al., 1993; TAJIMA et al., 2004). Esta enzima foi originalmente designada como nodulin-35 e foi uma das primeiras nodulinas a ser caracterizada. Estudos de imunocitoquímica e de localização de RNAm in situ demonstram que a uricase está localizada no nódulo em células do peroxissoma não infectadas. Construções de genes repórter que contêm o promotor de uricase em nódulos feijão fundido com GUS mostram maior atividade de células não infectadas. Transcrições de uricase foram também detectadas no RNA isolado a partir de transportadores de amidas em nódulos das leguminosas *Lotus* e *Medicago*, mas a importância dela para o metabolismo nódulo nestas espécies é desconhecida (VANCE, 2008).

Em estudos de Ohyama et al. (1979), utilizando nitrogênio marcado ^{15}N , foi observado que os nódulos de soja supridos com $^{15}\text{N}_2$ apresentavam altos teores de ^{15}N no glutamato, alanina, serina e α -amino-butilato, mas nas raízes supridas com $^{15}\text{NO}_3^-$, Asparagina apresentou o maior teor de ^{15}N após 8 horas de suprimento com $^{15}\text{NO}_3^-$. Em caules, os tratamentos com $^{15}\text{N}_2$ mostraram alto conteúdo de alantoína e uma relação (^{15}N do $^{15}\text{N}_2$ / ^{15}N do $^{15}\text{NO}_3^-$) para alantoína de 10-50 vezes mais alta do que os índices de outros compostos, sugerindo que alantoína estava ativamente sendo sintetizada nos nódulos.

UTILIZAÇÃO DE N NOS SÍTIOS DE CONSUMO

A distribuição das substâncias do transporte do N via floema e xilema para sítios de consumo (drenos) implica o seu pronto metabolismo. O metabolismo de N nos sítios de consumo envolve principalmente a transformação do N descarregado das vias de transporte em outros aminoácidos e sua incorporação em proteínas (KING e PURCELL, 2005).

O mecanismo de descarregamento do floema de raízes e caules varia ao longo das zonas meristemáticas, alongamento e maturação, e envolvem o movimento simplástico ou apoplástico dos assimilados (PATRICK, 2013). Em sítios de consumo terminais, tais como: ápices, folhas dreno, flores, frutos e sementes, o transporte inicial de aminoácidos e ureídeos liberados do floema para as células do parênquima adjacentes pode ser simplástico. No entanto, as etapas de transporte dependem do sítio de consumo e do seu estágio de

desenvolvimento, podendo seguir o caminho simplástico ou apoplástico (TEGEDER e RENTSCH, 2010).

Acumulo de N nos grãos

No transporte de ureídeos em leguminosas tropicais, grande parte da alantoína e ácido alantóico são descarregados simplasticamente em células que compreendem a parede da vagem onde ocorre o catabolismo de ureídeos, e o NH_4^+ liberado é reassimilado a aminoácidos (ATKINS et al., 1982; TODD et al., 2006). Transportadores provavelmente são necessários para recuperar ureídeos que migraram para o apoplasma, embora essas proteínas ainda não sejam conhecidas. Sendo que, parte dos ureídeos presentes na vagem são redirecionados através do floema para o desenvolvimento das sementes e para combinar com aqueles que estão sendo diretamente transferidos a partir de folhas fonte, o transportador de ureídeos UPS1 parece funcionar no carregamento de ureídeos nos complexos das células companheiras localizadas na parede vagem (PÉLISSIER e TEGEDER, 2007). O descarregamento do floema para o tegumento ocorre simplasticamente. No entanto, uma vez que o endosperma e o embrião da semente são em grande parte simplasticamente isolados, o N orgânico precisa ser libertado a partir do tegumento da semente para o espaço apoplástico, seguido pela absorção em células do endosperma e embrião (OFFLER et al., 2003; TEGEDER e WEBER, 2006; PATRICK, 2013).

Ureídeos são catabolizados no tegumento de leguminosas, sendo grande parte do N transportado para os cotilédones sob a forma de aminoácidos (RAINBIRD et al., 1984; TODD et al., 2006). A expressão de transportadores UPS1 no tegumento dá suporte aos ureídeos que migraram para o apoplasma da semente, sendo recuperados para a degradação e síntese final em aminoácidos (PÉLISSIER e TEGEDER, 2007). Apenas pequenas quantidades, se for o caso, de ureídeos são absorvidos pelos cotilédones de leguminosas (ATKINS et al., 1982; RAINBIRD et al., 1984) requerendo alguma atividade de um importador (PÉLISSIER e TEGEDER, 2007).

Em *Arabidopsis* aminoácidos entregues ou sintetizados no tegumento são exportados para o apoplasma da semente, potencialmente por transportadores relacionados com SIAR1 ou transportadores BAT (DÜNDAR e BUSH, 2009; LADWIG et al., 2012). No entanto, a sua função fisiológica no envio de N para

o eixo do embrião ou cotilédones ainda não foi demonstrada. O transporte de aminoácidos para o embrião em crescimento é regulado pelo desenvolvimento. Em *Arabidopsis*, o transportador AAP8 desempenha um papel essencial na importação de aminoácidos para o endosperma com aproximadamente a metade dos óvulos fecundados abortados com o silenciamento do gene *aap8* (SCHMIDT et al., 2007). Com base em estudos da expressão e localização dos transportadores de *Arabidopsis* AAP1 e CAT6 (HIRNER et al., 1998; HAMMES et al., 2006) e em ervilha e no feijoeiro AAP1 (TEGEDER et al., 2000; TAN et al., 2008) foram sugeridos como importadores de aminoácidos para as células epidérmicas do embrião que confrontam com o apoplasma semente. Evidências para a importância dos transportadores de aminoácidos na absorção pelo embrião foram recentemente previstas para a *Arabidopsis* AAP1 (SANDERS et al., 2009). Em embriões de mutantes *aap1*, os níveis de aminoácidos foram reduzidos assim como os níveis de proteínas.

Após a absorção pelo embrião, através da camada de células epidérmicas, os aminoácidos passam simplásticamente para as células do parênquima, onde o N orgânico é usado para sustentar o crescimento ou, em fases posteriores do desenvolvimento da semente, a síntese de compostos de armazenamento (óleos e amido) e/ou de acumulação (proteínas de reserva). Além disso, alguns aminoácidos podem mover-se a partir do apoplasma da semente simplásticamente para células do eixo parenquimático/cotilédones embrionários. Suportado por estudos de expressão e de localização, a absorção dos aminoácidos nestas células do parênquima são provavelmente mediadas, em *Arabidopsis*, ervilha e fava por transportadores AAP1 (TEGEDER et al., 2000; TAN et al., 2008; SANDERS et al., 2009).

O metabolismo da glutamina nos sítios de consumo segue o caminho muito próximo àquele encontrado nos sítios de assimilação. A glutamina é primeiro metabolizada via GOGAT, com a formação de duas moléculas de glutamato. Ao contrário do processo de assimilação, ambas as moléculas de glutamato participam do processo de transaminação, na qual o N é usado na formação de outros aminoácidos (LEA, 1999). Dessa forma, uma molécula de glutamina assegura a ciclagem de uma molécula oxoglutarato necessário para a reação da GOGAT, e o outro oxoglutarato, produto da transaminação do segundo glutamato, sobra para contribuir com o metabolismo do carbono. Nesse caso, a enzima GOGAT envolvida é a forma dependente de NADH como doador de elétrons, tendo em vista a sua distribuição em tecidos não verdes (LODWIG et

al., 2003).

No caso da asparagina, a forma inicial do seu metabolismo varia de acordo com o tecido. Duas vias são conhecidas, uma envolvendo a enzima asparaginase (AS) e outra envolvendo a enzima aminotransferase da asparagina. A primeira é encontrada em sementes imaturas e folhas na fase inicial de expansão. A reação catalisada leva a hidrólise do grupo amida, liberando NH_4^+ (TISCHNER, 2000). A segunda via envolvendo a aminotransferase da asparagina é encontrada em folhas e tecidos verdes. Essa enzima também é conhecida como aminotransferase de serina ou glioxilato, que está envolvido na formação de glicina durante o processo de fotorrespiração. Essa confusão de nomenclatura decorre do fato de que a enzima tem baixa especificidade pelo substrato, utilizando tanto serina como alanina ou asparagina como doador do grupo amino. Com a asparagina como substrato, o produto é o ácido 2-oxossucínâmico, o qual sofre, em seguida, a desaminação e a redução, não necessariamente nessa ordem (RAMÍREZ et al., 2005).

Qualquer que seja a forma inicial do metabolismo de asparagina, o N do grupo amida acaba sendo liberado na forma NH_4^+ . A partir desse ponto o N segue a via GS\GOGAT. No caso dos ureídeos, os quatro átomos de N contidos na molécula (alantoína e ácido alantóico) são liberados um por um na forma de NH_4^+ . O destino metabólico do NH_4^+ assim formado segue o mesmo caminho de assimilação de NH_4^+ descrito para o metabolismo de asparagina (SMITH et al., 1999).

Após passar pelo sistema GS\GOGAT, o N segue outros caminhos na formação de outros aminoácidos, via reação de transaminação. As enzimas envolvidas, as aminotransferases (ou transaminases), catalisam a reação geral entre um aminoácido e um 2-exo ácido, sendo normalmente reversível (LEA, 1999).

As duas aminotransferases mais bem estudadas em plantas são a aminotransferase do aspartato (AspAT) e a aminotransferase da alanina (AlaAT). Justamente em função da reversibilidade dessas reações, as duas enzimas também são conhecidas como, respectivamente, transaminase de glutamato: oxaloacetato e transaminase de glutamato: piruvato. A maioria do tecido vegetal apresenta alta atividade dessas enzimas. As aminotransferases tem o papel de dar sequência ao sistema GS\GOGAT, tendo em vista que o glutamato é substrato de AspAT e AlaAT (LEA, 1999).

ALVES et al. (1994) estudando a composição de N solúvel durante o estágio reprodutivo de plantas de soja, constataram que nas sementes em formação das plantas inoculadas, prevaleceu a asparagina, ao passo que, nas não inoculadas, predominou a histidina. As contribuições da asparagina e da glutamina decresceram à medida que as sementes das plantas inoculadas foram sendo formadas, principalmente a primeira, o que não ocorreu nas plantas não inoculadas. Esta diferença de comportamento pode ser um reflexo de diferenças nutricionais dos dois tipos de plantas, uma vez que o N-uréidico, de ampla prevalência nas sementes das plantas inoculadas, sofreu queda expressiva no mesmo período, sendo que vários autores (ATKINS et al., 1979; PEOPLES et al., 1985) relatam a utilização de ureídeos para a síntese de aminoácidos nas sementes.

Na fase reprodutiva, há mobilização de grande quantidade de N, na forma de aminoácidos, das folhas e do caule para os frutos em desenvolvimento, representam os maiores drenos nessa fase. O transporte de N para os frutos envolve principalmente o floema, pois os frutos e, em particular, as sementes têm poucas ligações com o xilema ou nenhuma (MCCLURE e ISRAEL, 1979).

No fruto de leguminosas, as ramificações do floema permeiam os tegumentos. É nesse ponto que as substâncias transportadas pelo floema, compostos nitrogenados inclusive, são descarregadas do floema por mecanismo ativo, entrando nos tecidos do tegumento e atravessando-os, inicialmente por via simplástica, e, depois, pelo apoplásto. Finalmente acabam sendo secretadas entre o tegumento e os cotilédones, quando são absorvidos por esses tecidos, provavelmente através de mecanismo ativo. Durante esse percurso entre o floema e os cotilédones, as substâncias de transporte estão sujeitas a serem metabolizadas, dependendo do complemento de enzimas presentes nos respectivos tecidos (LODWIG et al., 2003).

Em estudo realizado por Atkins et al. (1982), foi constatado que, no fruto da soja, os ureídeos são totalmente metabolizados após descarregamento do floema nos tegumentos, sendo a glutamina principal produto desse metabolismo e, portanto, responsável pelo transporte de N até o cotilédone. Ao passo que estudos com cotilédones de soja isolados e colocados em um meio de cultura contendo glutamina como única fonte de N cresceram e produziram todos os aminoácidos necessários para síntese de proteínas de reserva (HAGA e SODEK, 1987). Por outro lado, foi observada grande atividade no metabolismo de ureídeos nas vagens de soja e feijão-caupi, demonstrando que os ureídeos podem

ser metabolizados nas vagens e transferir o N aos cotilédones como outros compostos (ATKINS et al., 1982), também foi observado por esses mesmo autores que os cotilédones possuem baixa capacidade de metabolizar ureídeos. Outros compostos de transporte, como a asparagina, podem ser parcialmente metabolizados durante esse percurso pelo tegumento. O caminho metabólico dos compostos de transporte, da soja, segue essencialmente a via GS\GOGAT, embora parte desse conjunto de reações possa estar separada entre o tegumento e o cotilédone, conforme as atividades das enzimas dos tecidos (UDVARDI e POOLE, 2013).

O transporte de N para os frutos é importante para fornecer os aminoácidos necessários para síntese de proteínas de reserva armazenadas na semente, para uso como fonte de N durante a germinação. Muitas espécies cultivadas para produção de grãos contêm quantidades elevadas de proteínas nos grãos, podendo se destacar a soja, cujo teor de proteínas nos grãos pode ser superior a 50% do peso (GARCÍA et al., 1998). O transporte de N evidentemente é intenso para o fruto, mas não é fornecida uma mistura de aminoácidos na proporção certa para síntese das proteínas, e sim algumas substâncias específicas. Conseqüentemente, ocorre intenso metabolismo dessas substâncias nos frutos, para assegurar a síntese de todos os aminoácidos necessários para formação das proteínas (ATKINS et al., 1982).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância do nitrogênio para as plantas é enfatizada pelo fato de que apenas carbono, oxigênio e hidrogênio são mais abundantes nelas do que esse elemento, sendo considerado o elemento mineral que mais limita o crescimento vegetal.

A assimilação e o transporte do nitrogênio envolvem uma série complexa de reações bioquímicas que se destacam por estarem entre as reações de maior consumo energético dos organismos vivos. Sendo de suma importância o entendimento de tais reações para que se possa interferir de maneira positiva na eficiência do uso dos adubos nitrogenados, pois os adubos nitrogenados aplicados ao solo são em grande parte perdidos pela volatilização e lixiviação, além da possibilidade de melhor aproveitamento do processo de fixação biológica de nitrogênio. Outra possibilidade que pode ser explorada é o

aproveitamento de bactérias fixadoras de nitrogênio que podem se associar a gramíneas. Dessa forma, o horizonte que se abre à frente da pesquisa, das empresas fabricantes de inoculantes e da agricultura brasileira é imensurável, com toda uma gama de culturas que poderá reduzir ou eliminar o uso de fertilizantes nitrogenados, com ganhos para toda a cadeia produtiva do agronegócio brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. B. N.; SANT'ANNA, R.; CAMBRAIA, J.; BORGES, A. C. Composição do N solúvel total de plantas de soja durante o estágio reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, p. 47-52, 1994.

ANDREWS, M.; LEA, P. J.; RAVEN, J. A.; LINDSEY, K. Can genetic manipulation of plant nitrogen assimilation enzymes result in increased crop yield and greater N-use efficiency? An assessment. **Annual applied Biology**, v. 145, p. 25-40, 2004.

ATKINS, C. A.; PATE, J. S.; RITCHIE, A.; PEOPLES, M. B. Metabolism and translocation of allantoin in ureide-producing grain legumes. **Plant Physiology**, v. 70, p. 476-482, 1982.

ATKINS, C. A.; SMITH, P.M. Translocation in legumes: assimilates, nutrients, and signaling molecules. **Plant Physiology**, v. 144, p. 550-561, 2007.

ATKINS, C. A.; SMITH, P. M. C. Ureide synthesis in legume nodules. In: TRIPLETT, E. J. **Prokaryotic Nitrogen Fixation: A Model System for the Analysis of a Biological Process**. Wymondham, Norfolk: Horizon Scientific Press, 2000, p. 559-587.

ATKINS, C. A.; STORER, P. J.; PATE, J. S. Pathways of nitrogen assimilation in cowpea nodules studied using ^{15}N , and allopurinol. **Plant Physiology**, v. 86, p. 204-207, 1980.

COLLIER, R.; TEGEDER, M. Soybean ureide transporters play a critical role in nodule development, function and nitrogen export. **The Plant Journal**, v. 72, p. 355-367, 2012.

DAY, D. A.; POOLE, P. S.; TYERMAN, S. D.; ROSENDAHL, L. Ammonia and amino acid transport across symbiotic membranes in nitrogen-fixing legume nodules. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 58, p. 61-71, 2001.

- DÜNDAR, E. Multiple GUS expression patterns of a single Arabidopsis gene. **Annals of Applied Biology**, v. 154, p. 33-41, 2009.
- DÜNDAR, E.; BUSH, D.R. BAT1, a bidirectional amino acid transporter in Arabidopsis. **Planta**, v. 229, p. 1047-1056, 2009.
- FUJIHARA, S.; YAMAGUCHI, M. Effects of allopurinol [4-hydroxypyrazolo (3,4-d) pyrimidine] on the metabolism of allantoin in soybean plants. **Plant Physiology**, v. 62, p. 134-138, 1978.
- GARCÍA, M. C.; MARINA, M. L.; LABORDA, F.; TORRE, M. Chemical characterization of commercial soybean products. **Food Chemistry**, v. 62, p. 325-331, 1998.
- GUPTA, S. C.; BEEVERS, L. Relation of nitrate reduction. In: HAPPER, J. E.; SCHRADER, L.E.; HOWELL, R. W. **Exploration of physiological and genetic variability to enhance crop productivity**. Mariland: American society of plant physiologist, 1985, p. 12-20.
- HAGA, K. I.; SODEK, L. Utilization of nitrogen sources by immature soybean. **Annals of Botany**, v. 59, p. 597-601, 1987.
- HAMMES, U.; NIELSEN, E.; HONAAS, L.; TAYLOR, C.; SCHACHTMAN, D. AtCAT6, a sink-tissue-localized transporter for essential amino acids in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v. 48, p. 414-426, 2006.
- HIREL, B.; LEA, P. J. The biochemistry, molecular biology and genetic manipulation of primary ammonia assimilation. In: FOYER, C.H.; NOCTOR, G. **Photosynthetic Nitrogen Assimilation and Associated Carbon and Respiratory Metabolism**. Netherlands: Kluwer Academic, 2002, p. 71-92.
- HIRNER, A.; LADWIG, F.; STRANSKY, H.; OKUMOTO, S.; KEINATH, M.; HARMS, A.; FROMMER, W.; KOCH, W. Arabidopsis LHT1 is a high-affinity transporter for cellular amino acid uptake in both root epidermis and leaf mesophyll. **The Plant Cell**, v. 18, p. 1931-1946, 2006.
- HIRNER, B.; FISCHER, W. N.; RENTSCH, D.; KWART, M.; FROMMER, W.B. Developmental control of H⁺/amino acid permease gene expression during seed development of Arabidopsis. **The Plant Journal**, v. 14, p. 535-544, 1998.
- HUNGRIAA, H.; KASCHUK, G. Regulation of N₂ fixation and NO₃⁻/NH₄⁺ assimilation in nodulated and N-fertilized Phaseolus vulgaris L. exposed to high. **Environmental and Experimental Botany**, v. 98, p. 32-39, 2014.

KING, C. A.; PURCELL, L. C. Inhibition of N₂ fixation in soybean is associated with elevated ureides and amino acids. **Plant Physiology**, v. 137, p. 1389-1396, 2005.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 495 p., 1995.

LADWIG, F.; STAHL, M.; LUDEWIG, U.; HIRNER, A. A.; HAMMES, U. Z.; STADLER, R.; HARTER, K.; KOCH, W. Siliques Are Red1 from *Arabidopsis* acts as a bidirectional amino acid transporter that is crucial for the amino acid homeostasis of siliques. **Plant Physiology**, v. 158, p. 1643-1655, 2012.

LALONDE, S.; TEGEDER, M.; THRONE-HOLST, M.; FROMMER, W. B.; PATRICK, J. W. Phloem loading and unloading of amino acids and sugars. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 37-56, 2003.

LEA, P. J.; MIFLIN, B. J. Glutamate synthase and the synthesis of glutamate in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 41, p. 555-564, 2003.

LEA, P. J. Nitrogen metabolism. In: LEA, P. J.; LEEGOOD, R. C. **Plant Biochemistry and Molecular Biology**. New York: John Wiley and Sons, 1999, p. 163-190.

LEA, P. J.; SODEK, L.; PARRY, M. A. J.; SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G. Asparagine in plants. **Annals of Applied Biology**, v. 150, p. 1-26, 2007.

LEE, N. G.; STEIN, B.; SUZUKI, H.; VERMA, D. P. S. Expression of antisense nodulin-35 RNA in *Vigna aconitifolia* transgenic root nodules retards peroxisome development and affects nitrogen availability to the plant. **Plant Journal**, v. 3, p. 599-606, 1993.

LEE, Y. H.; FOSTER, J.; CHEN, J.; VOLL, L.; WEBER, A.; TEGEDER, M. AAP1 transports uncharged amino acids into roots of *Arabidopsis*. **The Plant Journal**, v. 50, p. 305-316, 2007.

LEHMANN, S.; GUMY, C.; BLATTER, E.; BOEFFEL, S.; FRICKE, W.; RENTSCH, D. In planta function of compatible solute transporters of the AtProT family. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 787-796, 2011.

LIN, S. H.; KUO, H. F.; CANIVENC, G.; LIN, C. S.; LEPETIT, M.; HSU, P. K.; TILLARD, P.; LIN, H. L.; WANG, Y. Y.; TSAI, C. B.; GOJON, A.; TSAY, Y. F. Mutation of the *Arabidopsis* NRT1.5 nitrate transporter causes defective root-to-shoot nitrate transport. **The Plant Cell**, v. 20, p. 2514-2528, 2008.

LODWIG, E. M.; HOSIE, A. H.; BOURDES, A.; FINDLAY, K.; ALLAWAY, D.; KARUNAKARAN, R.; DOWNIE, J. A.; POOLE, P. S. Amino-acid cycling drives nitrogen fixation in the legume-Rhizobium symbiosis. **Nature**, v. 422, p. 722-726, 2003.

MAGALHÃES, J. R.; HUBER, D. M. Ammonium assimilation in different plant species as affected by nitrogen form and pH control in solution culture. **Fertilizer Research**, v. 21, p. 1-6, 1989.

MATSUMOTO, T.; YATAZAWA, M.; YAMAMOTO, Y. Distribution and change in the contents of allantoin and allantoic acid in developing nodulating and non-nodulating soybean plants. **Plant and Cell Physiology**, v. 18, p. 353-359, 1977.

MCCLURE, P. R.; ISRAEL, D. W. Transport of nitrogen in the xylem of soybean plants. **Plant Physiology**, v. 64, p. 411-41, 1979.

MCNEIL, D. L.; LARUE, T. A. Effect of nitrogen source on ureides in soybean. **Plant Physiology**, v. 74, p. 227-232, 1984.

MELO, P. M.; LIMA, L. M.; SANTOS, I. M.; CARVALHO, H. G.; CULLIMORE, J. V. Expression of the plastid-located glutamine synthetase of *Medicago truncatula*. Accumulation of the precursor in root nodules reveals an in vivo control at the level of protein import into plastids. **Plant Physiology**, v. 132, p. 390-399, 2003.

MIFLIN, B. J.; LEA, P. J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v. 15, p. 873-885, 1976.

NACRY, P.; BOUGUYON, E.; GOJON, A. Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to fluctuation resource. **Plant and Soil**, v. 370, p. 1-29, 2013.

NÄSHOLM, T.; KIELLAND, K.; GANETEG, U. Uptake of organic nitrogen by plants. **New Phytologist**, v. 182, p. 31-48, 2009.

NEIRA, C. A.; STEPHES, B. D. Interactions between nitrate reduction and nitrogen fixation in grain legumes. In: HAPPER, J. E.; SCHRADER, L. E.; HOWELL, R. W. **Exploration of physiological and genetic variability to enhance crop productivity**. Mariland: American society of plant physiologist, 1985, p. 12-20.

OAKS, A. Efficiency of nitrogen utilization in C₃ and C₄ cereals. **Plant**

Physiology, Lancaster, v. 106, p. 407-414, 1994.

OFFLER, C. E., MCCURDY, D. W.; PATRICK, J. W.; TALBOT, M. J. Transfer cells: cells specialized for a special purpose. **Annual Review of Plant Biology**, v. 54, p. 431-454, 2003.

OHYAMA, T.; KUMAZAWA, K. Assimilation and transport of nitrogenous compounds originated from $^{15}\text{N}_2$ fixation and $^{15}\text{NO}_3$ absorption. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 25, n. 1, p. 9-19, 1979.

OKUMOTO, S.; KOCH, W.; TEGEDER, M.; FISCHER, W. N.; BIEHL, A.; LEISTER, D.; STIERHOF, Y. D.; FROMMER, W. B. Root phloem-specific expression of the plasma membrane amino acid proton co-transporter AAP3. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 2155-2168, 2004.

PATE, J. S.; SHARKEY, P. J.; LEWIS, O. A. M. Xylem to phloem transfer of solutes in fruiting shoots of legumes, studied by a phloem bleeding technique [Lupine, *Spartium junceum*]. **Planta**, v. 122, p. 11-26, 1975.

PATRICK, J.W. Fundamentals of phloem transport physiology. In: THOMPSON, G.; VAN BEL, A. **Biochemistry of phloem**. Oxford: Wiley Blackwell, 2013, p. 30-59.

PÉLISSIER, H. C.; FRERICH, A.; DESIMONE, M.; SCHUMACHER, K.; TEGEDER, M. PvUPS1, an allantoin transporter in nodulated roots of French bean. **Plant physiology**, v. 134, p. 664-675, 2004.

PÉLISSIER, H.; TEGEDER, M. PvUPS1 plays a role in source–sink transport of allantoin in French bean (*Phaseolus vulgaris*). **Functional Plant Biology**, v. 34, p. 282-291, 2007.

PEOPLES, M. B.; ATKINS, C. A.; PATE, J. S.; MURRAY, D. R. Nitrogen nutrition and metabolic interconversions of nitrogenous solutes in developing cowpea fruits. **Plant Physiology**, v.77, p. 382-388, 1985.

RAINBIRD, R. M.; THORNE, J. H.; HARDY, R. W. Role of amides, amino acids, and ureides in the nutrition of developing soybean seeds. **Plant Physiology**, v. 74, p. 329-334, 1984.

RAMÍREZ, M.; GRAHAM, M. A.; BLANCO-LOPEZ, L.; SILVENTE, S.; MEDRANO-SOTO, A.; BLAIR, M. W.; HERNANDEZ, G.; VANCE, C. P.; LARA, M. Sequencing and analysis of common bean ESTs. Building a foundation for functional genomics. **Plant Physiology**, v. 137, p. 1211-1227,

2005.

RENTSCH, D.; SCHMIDT, S.; TEGEDER, M. Transporters for uptake and allocation of organic nitrogen compounds in plants. **FEBS Letters**, v. 581, p. 2281-2289, 2007.

SANDERS, A.; COLLIER, R.; TRETHERY, A.; GOULD, G.; SIEKER, R.; TEGEDER, M. AAP1 regulates import of amino acids into developing Arabidopsis embryos. **The Plant Journal**, v. 59, p. 540-552, 2009.

SCHMIDT, R.; STRANSKY, H.; KOCH, W. The amino acid permease AAP8 is important for early seed development in Arabidopsis thaliana. **Planta**, v. 226, p. 805-813, 2007.

SMITH, R. J.; LEA, P. J.; GALLON, J.R. Nitrogen fixation. In: LEA, P. J.; LEEGOOD, R.C. **Plant Biochemistry and Molecular Biology**. New York: John Wiley and Sons, 1999, p. 137-162,

SMITH, P. M. C., ATKINS, C.A. Purine biosynthesis. Big in cell division, even bigger in nitrogen assimilation. **Plant Physiology**, v. 128, p. 793-802, 2002.

STITT, M.; MULLER, C.; MATT, P.; GIBON, Y.; CARILLO, P.; MORCUENDE, R.; SCHEIBLE, W. R.; KRAPP, A. Steps towards an integrated view of nitrogen metabolism. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 959-970, 2002.

SVENNERSTAM, H.; JÄMTGÅRD, S.; AHMAD, I.; HUSS-DANELL, K.; NÄSHOLM, T.; GANETEG, U. Transporters in Arabidopsis roots mediating uptake of amino acids at naturally occurring concentrations. **New Phytologist**, v. 191, p. 459-467, 2011.

SVENNERSTAM, H.; GANETEG, U.; BELLINI, C.; NÄSHOLM, T. Comprehensive screening of Arabidopsis mutants suggests the lysine histidine transporter 1 to be involved in plant uptake of amino acids. **Plant Physiology**, v. 143, p. 1853-1860, 2007.

TAJIMA, S.; NOMURA, M.; KOUCHI, H. Ureide biosynthesis in legume nodules. *Frontiers in Bioscience*, **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 9, p. 1374-1381, 2004.

TAN, Q.; GRENNAN, A. K.; PELISSIER, H. C.; RENTSCH, D.; TEGEDER, M. Characterization and expression of French bean amino acid transporter PvAAP1. **Plant Science**, v. 174, p. 348-356, 2008.

- TEGEDER, M. Transporters for amino acids in plant cells: some functions and many unknowns. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 15, p. 31-321, 2012.
- TEGEDER, M.; OFFLER, C. E.; FROMMER, W. B.; PATRICK, J. W. Amino acid transporters are localized to transfer cells of developing pea seeds. **Plant Physiology**, v. 122, p. 319-326, 2000.
- TEGEDER, M.; RENTSCH, D. Uptake and partitioning of amino acids and peptides. **Molecular Plant**, v. 3, p. 997-1011, 2010.
- TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant Cell and Environment**, v. 23, p. 1005-1024, 2000.
- TODD, C. D.; TIPTON, P. A.; BLEVINS, D. G.; PIEDRAS, P.; PINEDA, M.; POLACCO, J. C. Update on ureide degradation in legumes. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 5-12, 2006.
- UDVARDI, M.; POOLE, P. S. Transport and metabolism in legume-rhizobia symbioses. **Annual review of plant biology**, v. 64, p. 781-805, 2013.
- VANCE, C. P. Carbon and Nitrogen Metabolism in Legume Nodules. In: JAMES, E. K.; SPRENT, J. I.; NEWTON, W. E. **Nitrogen-fixing leguminous symbioses**. New York: Springer, 2008, p. 293-315.
- WANG, Y. Y.; TSAY, Y. F. Arabidopsis nitrate transporter NRT1.9 is important in phloem nitrate transport. **The Plant Cell**, v. 23, p. 1945-1957, 2011.
- WANG, Y. Y.; HSU, P. K.; TSAY, Y. F. Uptake, allocation and signaling of nitrate. **Trends in Plant Science**, v. 17, p. 458-467, 2012.
- WERNER, A.K.; WITTE, C. P. The biochemistry of nitrogen mobilization: purine ring catabolism. **Trends in Plant Science**, v. 16, p. 381-387, 2011.
- WINKLER, R. G.; BLEVINS, D. G.; RANDALL, D. D. Ureide catabolism in soybeans. III. Ureidoglycolate amidohydrolase and allantoate amidohydrolase are activities of an allantoate degrading complex. **Plant Physiology**, v. 86, p. 1084-1088, 1988.
- XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, p. 153-182, 2012.
- YANEVA, I. A.; BAYDANOVA, V. D.; VUNKOVA-RADEVA, R. V. Nitrate reductase activation state in leaves of molybdenum-deficient winter wheat. **Journal of plant physiology**, v. 157, n. 5, p. 495-501, 2000.
-

ATIVIDADE DA ENZIMA ACC DEAMINASE SOB O ETILENO VEGETAL E SUAS ABORDAGENS EXPERIMENTAIS

*Valéria Polese²⁸,
José Ivo Baldani²⁹,
Marcia Soares Vidal³⁰*

RESUMO

Bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR) associadas às plantas podem promover o crescimento e desenvolvimento de plantas através de mecanismos como a fitoestimulação, biofertilização e controle biológico. Diante dos diversos estresses bióticos e abióticos que as plantas estão sujeitas, bactérias que possuem atividade da enzima ACC (1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico) deaminase, que podem diminuir os níveis de etileno (Hormônio de estresse vegetal), são alternativas potenciais para amenizar os efeitos negativos. Existem diferentes metodologias para a determinação da atividade da ACC deaminase, seja de análise quantitativa ou qualitativa, que serão abordadas neste trabalho.

Palavras-chave: ACC Deaminase, Bactérias promotoras de crescimento vegetal, Etileno.

INTRODUÇÃO

O etileno é um fitormônio gasoso, que está relacionado com diversos processos fisiológicos na planta, como divisão e expansão de células meristemáticas das raízes e da parte aérea, senescência floral, abscisão e amadurecimento de frutos, germinação, desenvolvimento de pêlos nas raízes, produção de auxinas (KERBAUY, 2004; ORTEGA-MARTINEZ et al., 2007; RUZICKA et al., 2007; BAPAT et al., 2010; ALI et al., 2012; RASHID et al., 2012). Apesar de ser uma molécula simples, a regulação envolvida na sinalização e na resposta a esse hormônio é de grande complexidade,

principalmente por interagir com outros hormônios, como o ácido indol acético (AIA) (STEPANOVA et al., 2009).

A biossíntese do etileno se inicia no ciclo da metionina, que, através da ação da enzima ACC (1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico) sintase, a S-adenosil-metionina (SAM) é convertida a ACC (Figura 1). Em seguida, o ACC é utilizado como substrato da enzima ACC oxidase, que através de uma reação com consumo de oxigênio produz o etileno (TAIZ e ZEIGER, 2004). A enzima ACC sintase é regulada por vários sinais, como fatores ambientais, auxina, e o próprio etileno. Nos tecidos das plantas sob condições de estresses diversos, ACC sintase é induzida, resultando em mais S-adenosilmetionina convertida a ACC (PENROSE e GLICK, 1997), aumentando dos níveis endógenos de etileno (Maiores detalhes a diante (Figura 3)).

Figura 1. Precursores e enzimas envolvidas na síntese do etileno.



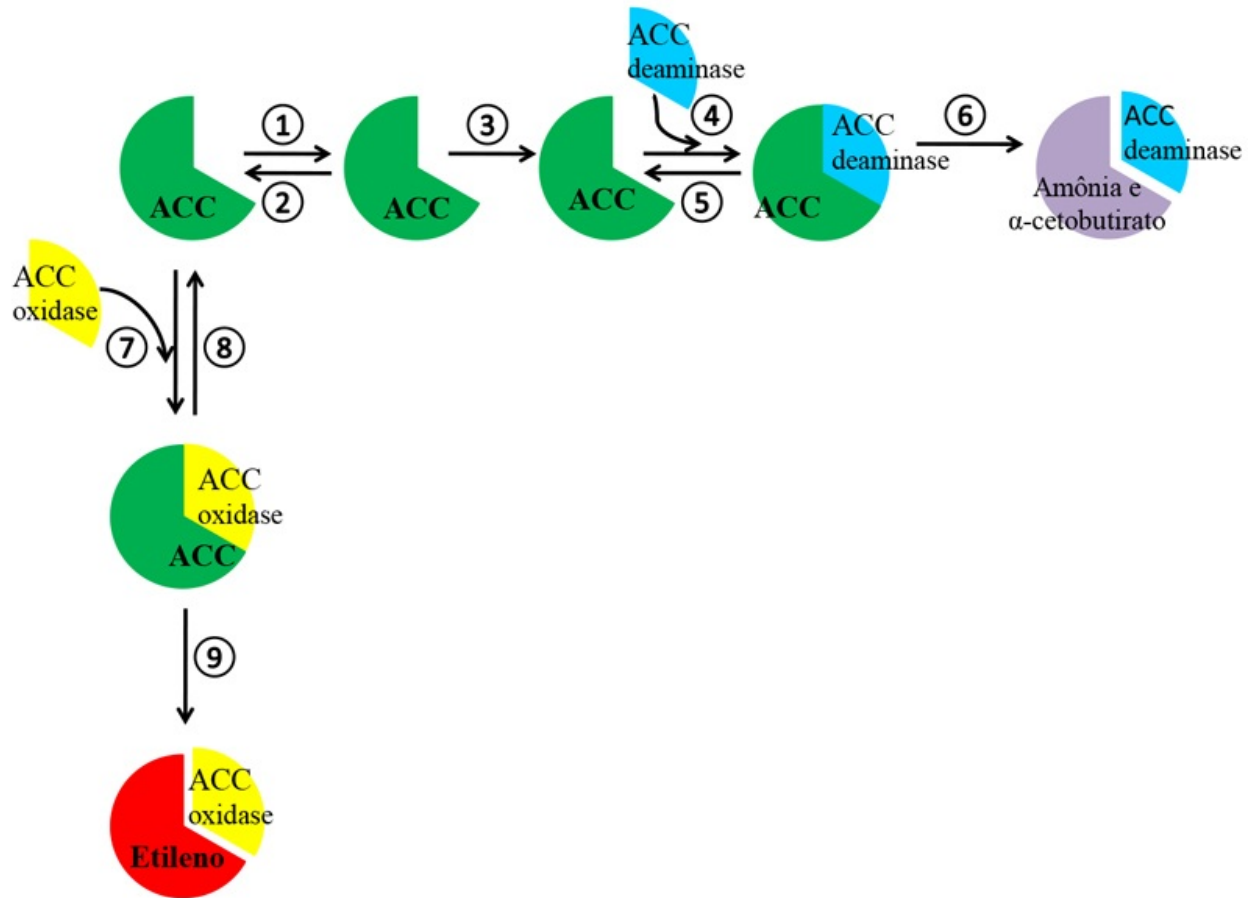
Quando as moléculas de etileno são detectadas pelas células vegetais, ocorre a indução de processos de resposta ao estresse, levando à senescência as células próximas ao sítio de produção de etileno, podendo estimular o desenvolvimento de doenças, a síntese de enzimas e de antibióticos, e inibir o crescimento. Uma

importante enzima, conhecida como ACC deaminase, pode amenizar os efeitos deletérios do etileno vegetal produzido por um estresse. Esta é produzida por uma diversidade de bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPB).

A ENZIMA ACC DEAMINASE

A enzima 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) deaminase encontra-se no citoplasma da bactéria em baixas concentrações até a indução pelo substrato ACC, essa indução é um processo lento, pois a afinidade de enzima pelo ACC é considerada baixa (HONTZEAS et al., 2004). O valor k_m representa a afinidade de uma enzima pelo seu substrato, quanto menor o k_m maior será a afinidade. Glick (2005) obteve valores de k_m 1.5 a 17.5 mM da ACC deaminase em extratos enzimáticos de diferentes microorganismos, esses resultados indicam que a enzima ACC deaminase não possui alta afinidade pelo substrato. Já a enzima ACC oxidase, que compete pelo mesmo substrato, tem alta afinidade pelo ACC. Logo, para que a enzima ACC deaminase possa competir com a enzima ACC oxidase e assim diminuir os níveis de etileno na planta, deve estar em uma concentração 100-1000 vezes superior a ACC oxidase (GLICK, 2005). Glick et al. (1998) esquematizaram o fluxo cinético de ACC através das enzimas ACC deaminase e ACC oxidase (Figura 2).

Figura 2. Fluxo cinético de enzima 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC). 1. Exsudação do substrato ACC pela planta (Raiz ou semente); 2. Absorção do ACC do ambiente externo à planta; 3. A absorção de ACC pela bactéria; 4 e 7. Ligação e 5 e 8 dissociação da enzima com o substrato; 6. Clivagem; 9. Conversão.



Fonte: Adaptado de GLICK et al., 1998.

ATIVIDADE ACC DEAMINASE DURANTE O ESTRESSE

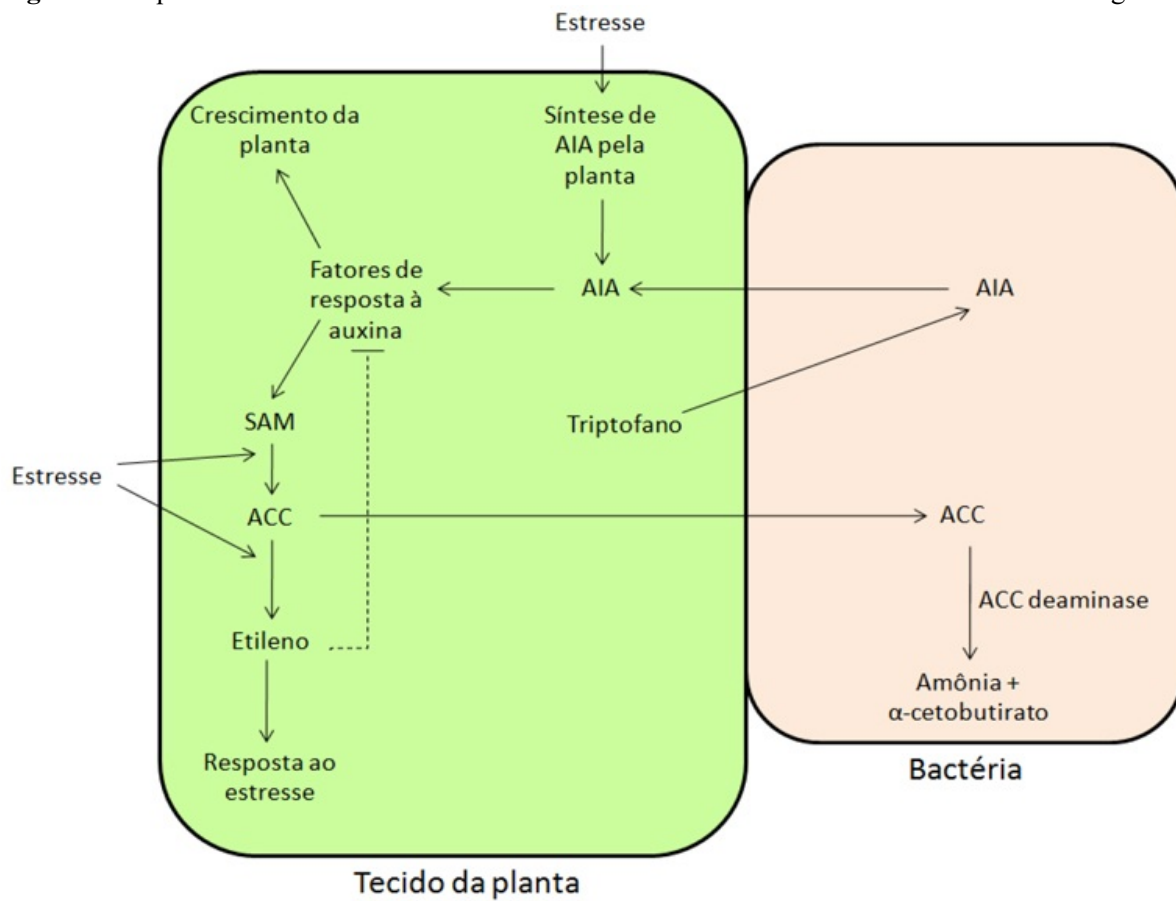
Supõe-se que essa enzima, sem função conhecida na bactéria, pode ser parte de um mecanismo de estímulo do crescimento vegetal, pois esta degrada o etileno (quando em altas concentrações), amenizando os efeitos deletérios nas plantas estressadas (LODEWYCKX et al., 2002; LUGTENBERG et al., 2002). Acredita-se que o etileno seja responsável pela ativação de genes de defesa durante este tipo de associação benéfica para limitar o consumo de açúcares da planta por parte de bactérias fixadoras de nitrogênio (LOHAR et al., 2009).

Glick et al. (1998) esquematizaram a síntese da enzima ACC deaminase de ácido indol acético diante de um estresse e o fluxo cinético de ACC (Figura 2 e 3), no qual as PGPBs poderiam diminuir os níveis de etileno nas plantas através da atividade da enzima. Neste modelo (Figura 3), as bactérias sintetizam AIA em resposta ao triptofano e/ou exsudados radiculares, que é incorporado pela planta.

Este AIA e o produzido pela planta regulam a produção de etileno, através do estímulo da transcrição de genes que codificam a enzima ACC sintase, aumentando a produção de ACC, logo de etileno (PENROSE e GLICK, 1997).

Porém, na presença de PGPB, algumas dessas moléculas de ACC são absorvidas pelas bactérias (GRICHKO e GLICK, 2001a). A enzima ACC deaminase produzida por bactérias, compete com a enzima ACC oxidase, podendo assim clivar ACC a α -cetobutirato e amônia e utilizá-los como fonte de N, isso facilita a redução dos níveis de etileno na planta associada com a bactéria (GLICK 1995, GLICK et al. 1998; 2007a,b). Essa redução previne e ameniza os efeitos deletérios do acúmulo desse hormônio nos tecidos da planta, Indicando que essas bactérias promotoras de crescimento vegetal com atividade ACC deaminase podem ser alternativas potenciais diante aos estresses diversos, como metais, patógenos, seca, sal, inundação, murchamento floral, material orgânicos (ARSHAD et al., 2007; GLICK et al., 2014).

Figura 3. Esquema de síntese de ACC deaminase e AIA das PGPB sob influência de estresse vegetal.



Fonte: Adaptado de GLICK, 2014.

Como pode ser observado acima, existe uma estreita relação entre o etileno e a auxina (AIA). Trata-se de um *feedback*, pois o etileno em altas concentrações inibe a transdução de sinais de AIA, limitando a atividade desse hormônio sob a transcrição da enzima ACC sintase (STEARNS et al., 2012). Altas concentrações de AIA na planta podem induzir a transcrição da enzima ACC sintase que catalisa a formação da ACC, neste caso estimulando a síntese de etileno nas plantas. Podendo assim inibir do crescimento radicular, devido às concentrações do hormônio auxínico acima do “ótimo”, geralmente atribuído à produção de etileno induzido pela auxina.

Mesmo quando a biossíntese de etileno é bloqueada, baixas concentrações de auxina promovem o crescimento de raízes, enquanto altas inibem. Dessa forma, as raízes necessitam de uma concentração mínima ideal para promover crescimento de raiz, sendo o crescimento inibido por concentrações de auxina que promovem o alongamento do caule e coleótilos (TAIZ e ZEIGER, 2004).

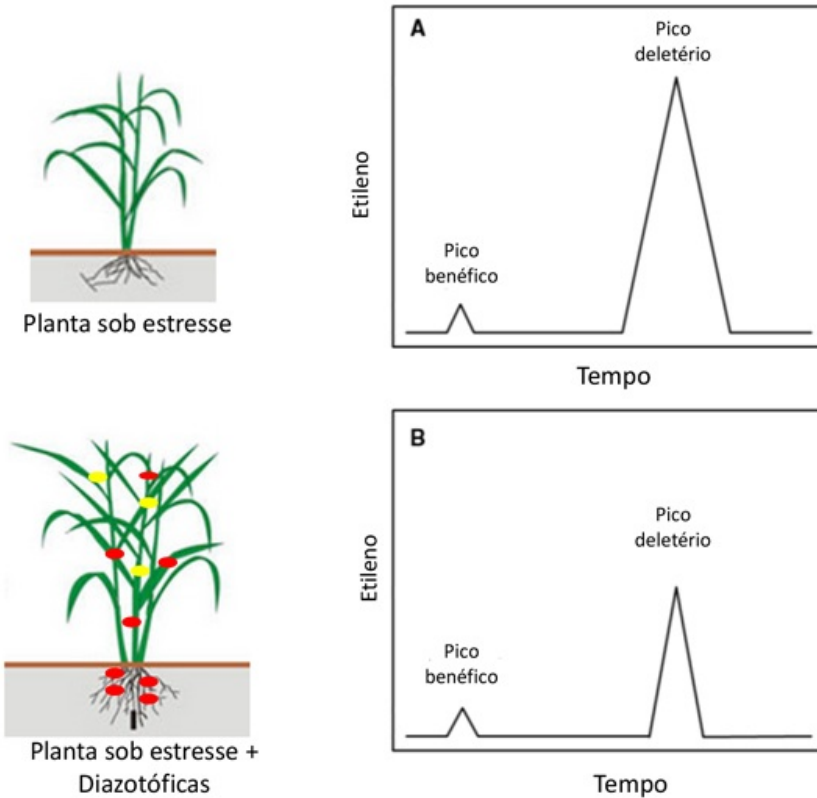
Um mesmo microorganismo pode produzir AIA e ter atividade ACC deaminase, o que pode regular o crescimento e desenvolvimento vegetal (CLICK, 2014). Logo, a utilização de PGPBs com essas habilidades pode ser um método interessante para melhorar o crescimento e desenvolvimento de plantas, que estão propícias a muitos estresses e condições limitantes.

Glick et al. (2007) propuseram outro modelo o qual explica que o estresse causado por etileno na planta é composto 2 picos de produção (Figura 4). No primeiro pico de produção de etileno, é consumido o estoque de ACC existente nos tecidos da planta. Já no segundo pico, possivelmente se inicia a resposta da planta ao estresse, como transcrição de genes relacionados à patogenicidade e aquisição de resistência. Neste último, iniciam-se vários processos degenerativos na planta, como a senescência, clorose e abscisão, este está ligado com o aumento da transcrição de genes da enzima ACC sintase pela planta (GLICK et al., 2007; VAN LOON et al., 2006).

Como relatado, a indução da produção da enzima na bactéria é um processo lento. Antes de ocorrer o estresse, os níveis de ACC na planta e de ACC deaminase na bactéria são baixos. Quando ocorre o primeiro pico de etileno, onde os níveis da enzima ACC oxidase são diminuídos. A síntese de ACC deaminase pela bactéria é induzida, pelo aumento das concentrações de ACC na planta, diminuindo assim os efeitos do segundo pico de etileno na planta.

Figura 4. Modelo de produção de etileno na planta em função do tempo de estresse. (A) Planta sob

estresse; (B) Planta sob estresse na presença de bactérias diazotróficas endofíticas obrigatórias (Circulo vermelho) e endofíticas facultativas (Circulo amarelo).



Fonte: Adaptado de GLICK et al., 2007.

Existem muitas bactérias que possuem atividade ACC deaminase, algumas delas podem ser observadas na Tabela 1. É importante considerar que a maioria dos estudos verifica essa habilidade *in vitro*, por ser mais fácil e rápido.

Tabela 1. Algumas bactérias com atividade ACC deaminase.

Bactéria diazotrófica	Planta	Estresse	Referência
<i>Pseudomonas putida</i> UW4	Canola	Sal	Cheng e Glick, 2007
Isolados rizosféricos (<i>Burkholderia</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Herbaspirillum</i> , etc) de cana	_____	_____	Li et al., 2011
<i>Pseudomonas</i>	<i>Vigna mungo</i> (L.)	_____	Noreen et al., 2012
<i>Azospirillum</i> , <i>Rhizobium</i> , <i>Agrobacterium</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Burkholderia</i> , <i>Pseudomonas</i> e <i>Enterobacter</i>	_____	_____	Blaha et al., 2006
<i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Bacillus</i> <i>pumilus</i> , <i>Ochrobactrum</i> sp.	Arroz	Sal	Bal et al., 2013

Observação. A ausência do estresse e da planta alvo significa que os estudos foram realizados somente *in vitro*.

Apesar de dispendiosos, os estudos na planta são importantíssimos, pois geram informações mais concretas sobre o mecanismo de promoção de crescimento de interesse. No caso da atividade ACC deaminase existem bastantes relatos, pois está diretamente relacionada a estresses, que são fatores diversos que limitam o crescimento e desenvolvimento das culturas.

A planta de canola (*Brassica campestris*) é sensível ao etileno. Chen et al. (2007) mostraram que plantas de canola sob estresse de salinidade cresceram quando inoculadas com *Pseudomonas putida* UW4 (Possui atividade ACC deaminase). A inoculação com as bactérias *Pseudomonas putida* e *P. fluorescência* amenizou os efeitos na germinação de sementes de canola sob estresse de salinidade (JALILI et al., 2009). Rashid et al. (2012) estudaram diferentes mecanismos de promoção de isolados bacterianos (considerados endofíticos) obtidos em solos de diferentes países. Os isolados do gênero *Pseudomonas* (PcFRB037, TF10, D21, STAD384, MTQ15) e uma estirpe de *Microbacterium takaoensis* P1P4 destacaram-se quanto atividade ACC deaminase, alongamento radicular de mudas de canola, produção sideróforos, síntese de AIA e solubilização de fósforo (RASHID et al., 2012).

Raízes de *Salicornia brachiata*, planta halófito, mostraram-se uma fonte potencial de isolados de bactérias promotoras de crescimento de plantas em condições salinas (JHA et al., 2012). Além da atividade ACC deaminase, foram observados a produção de AIA, solubilização de P e fixação biológica de

nitrogênio. Qin et al. (2014) obtiveram treze isolados bacterianos com atividade ACC deaminase de raízes superficiais esterilizadas, hastes e folhas de uma tradicional planta medicinal chinesa, *Limonium sinense*, halófito.

Também existem relatos dos benefícios da enzima ACC deaminase produzida por rizóbio, durante o processo de nodulação, pois, neste processo, a planta hospedeira pode produzir o etileno. Bactérias como *Mesorhizobium loti* (NUKUI et al., 2006) e *Rhizobium leguminosarum* tiveram efeitos negativos na nodulação quando o gene para atividade ACC deaminase foi nocauteado (Mutação). No caso de *Bradyrhizobium japonicum*, o mutante também não apresentou atividade ACC deaminase, entretanto a nodula o pela estirpe mutante não foi afetada quando inoculada em plantas de soja, feijão-caupi, siratro e feijão mungo (MURSET et al., 2012), indicando muita especificidade entre estirpes e plantas hospedeiras.

Chen et al. (2013) estudaram a intera o entre a bactéria *Varivorax paradoxus* 5C-2 e o genótipo de plantas de *Arabidopsis thaliana*. Para as avalia es de etileno e de ACC foram utilizados os seguintes genótipos de plantas de *arabidopsis thaliana*: selvagem (Col), e mutante (*eto1-1*) que produz muito etileno. Foram plantadas 4 sementes por vasos (Capacidades 130 ml de substrato), aos 10 dias após o plantio, foi inoculado com 10^6 células por grama de substrato. Para quantifica o do etileno, as folhas da roseta foram colocadas em frascos (7-8 ml) incubados por 1 hora e mensurado em cromatografia gasosa. Ocorreu uma diminui o significativamente a emissão de etileno nos dois tratamentos (Col (42%) e *eto1-1* (37%)) em rela o aos seus respectivos controles (Não inoculado), indicando, neste caso, a ausência de intera o significativa entre genótipo e inocula o.

ABORDAGENS EXPERIMENTAIS

Serão apresentadas algumas metodologias (Tabela 2) para a determina o da atividade da enzima ACC deaminase das bactérias promotoras de crescimento vegetal, suas fundamenta es, e alguns estudos com estes.   importante considerar que alguns métodos possuem a mesma fundamenta o, apenas algumas varia es como a parte da planta em análise (semente, folha, etc). Também pode-se quantificar o etileno de maneira a agregar informa es de efeitos dessa importante enzima no sistema em estudo, juntamente com a

quantificação de α -cetobutirato (Método de PENROSE e GLICK, 2003), sendo esse o mais usado.

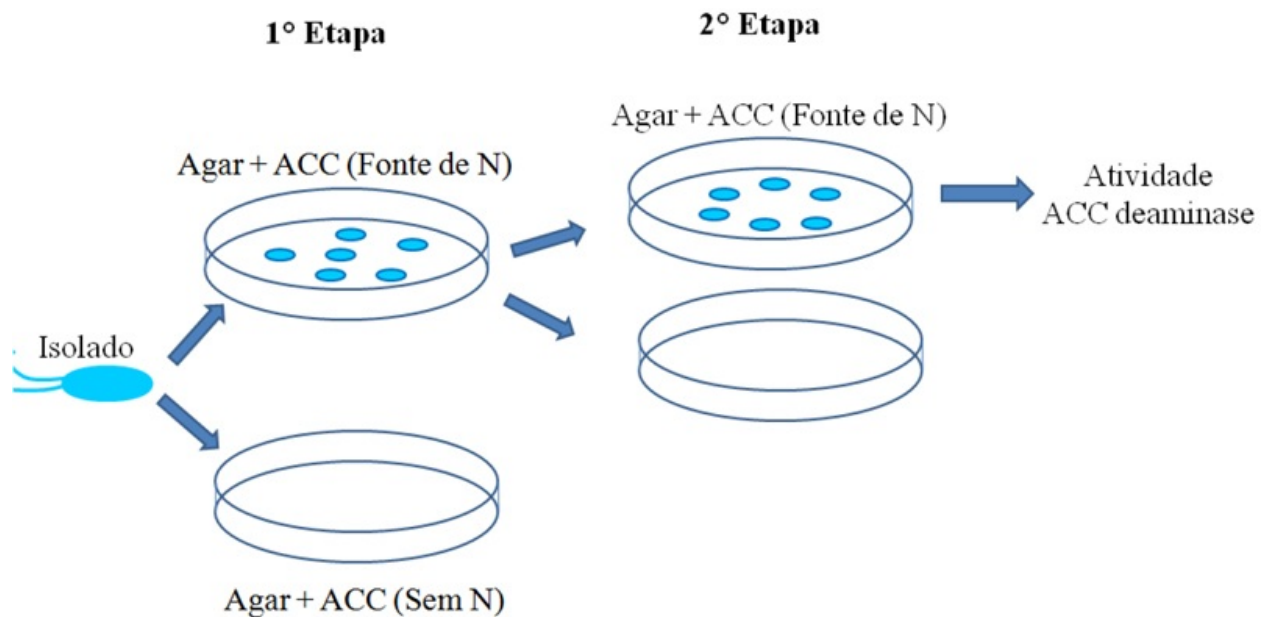
Tabela 2. Algumas metodologias para determinação da atividade da ACC deaminase.

Autor (ou Inibidor*)	Fundamento	Características
GLICK et al., 1995	ACC (Fonte única de N)	Qualitativo. Rápido e fácil (Ideal para uma grande quantidade de isolados).
PENROSE e GLICK, 2003	ACC (Fonte única de N) Mede α -cetobutirato	Quantitativo Muito utilizada
LI et al., 2011	ACC (Fonte única de N) Coloração do ACC com ninidrina	Quantitativo
YIM et al., 2013	Emissão de etileno em folhas	Quantitativo
MAYAK et al., 2004	Emissão de etileno - sementes	Quantitativo
*Prata ou AVG	Inibição de síntese ou atividade	Quantitativo e/ou qualitativo

Método Qualitativo (GLICK et al., 1995)

Um método qualitativo adaptado por Glick et al. (1995), que tem como base o fato de que algumas bactérias podem crescer utilizando ACC como fonte única de nitrogênio. Primeiramente, são preparados os meios livre de nitrogênio complementado com Agar (Sem N ou com 5% de ACC). Os isolados são transferidos para as placas contendo os respectivos meios e incubados a 28-30°C, apenas os isolados que crescem no meio contendo ACC são transferidos para nova placa com o meio contendo ACC. Os isolados que crescerem bem nas duas etapas e não crescerem no meio sem ACC são considerados produtores de ACC deaminase (Figura 5) (GLICK et al., 1995).

Figura 5. Esquema do método qualitativo de Glick et al., (1995).



Fonte: Autor.

Jalili et al. (2009) utilizaram essa metodologia como etapa inicial do trabalho de isolamento e caracterização de espécies *Pseudomonads* com atividade ACC deaminase. A triagem revelou que 14% dos isolados (16% de *Pseudomonas putida* e 12% de *Pseudomonas Cepas*) tiveram atividade ACC deaminase. Para maiores conclusões sob a enzima nestas bactérias, os autores utilizaram a metodologia de Penrose e Glick (2003). Indicando que, quando o objetivo é fazer isolamento ou o número de bactérias é grande, pode-se usar a princípio esse método, que é apenas qualitativo, possui análises simple e rápida, dando assim um panorama geral para possivelmente continuar os estudos.

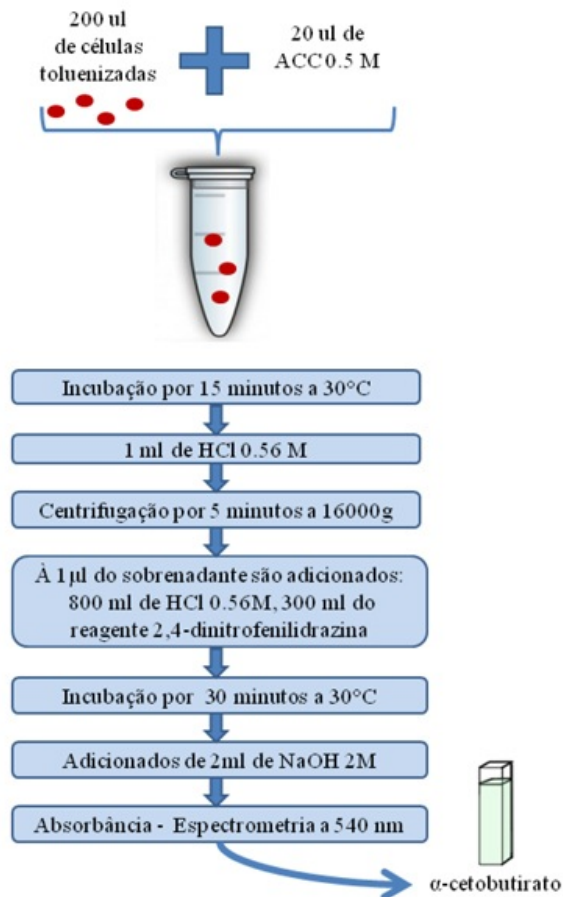
Quantificação de α -cetobutirato (PENROSE e GLICK, 2003)

Esta metodologia é a mais utilizada, quantifica o α -cetobutirato produzido quando a enzima ACC deaminase cliva o ACC (HONMA e SHIMOMURA, 1978), também se baseia na capacidade da bactéria (Com atividade) usar ACC como fonte única de N. Primeiramente, deve ser construída a curva de calibração com α -cetobutirato (0 e 10 μ mol) para determinação da absorbância a 540 nm. Depois de algumas etapas, como centrifugação e adição de tolueno às células bacterianas (Toluenização), foi seguido o fluxograma abaixo (Figura 6).

Segundo os autores, atividade ACC deaminase considerada baixa é de

aproximadamente 20 nmol α -cetobutirato $\text{mg}^{-1}\text{h}^{-1}$ e alta 300 a 400 nmol $\text{mg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (PENROSE e GLICK, 2003).

Figura 6. Fluxograma do método de Penrose e Glick (2003) a partir a toluenização das células.



Fonte: Autor.

Aliadas às metodologias estão as informações depositadas em bancos de dados como o NCBI (*National Center for Biotechnology Information*), onde é possível pesquisar genes e funções de interesse. Blaha et al. (2006) realizaram essa pesquisa para o gene *acdS*, através de amplificação em PCR (*polymerase chain reaction*) da sequência *acdS* e através da metodologia proposta por Penrose e Glick (2003), quando verificaram a atividade ACC deaminase em gêneros de bactérias, como *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* e *Enterobacter*.

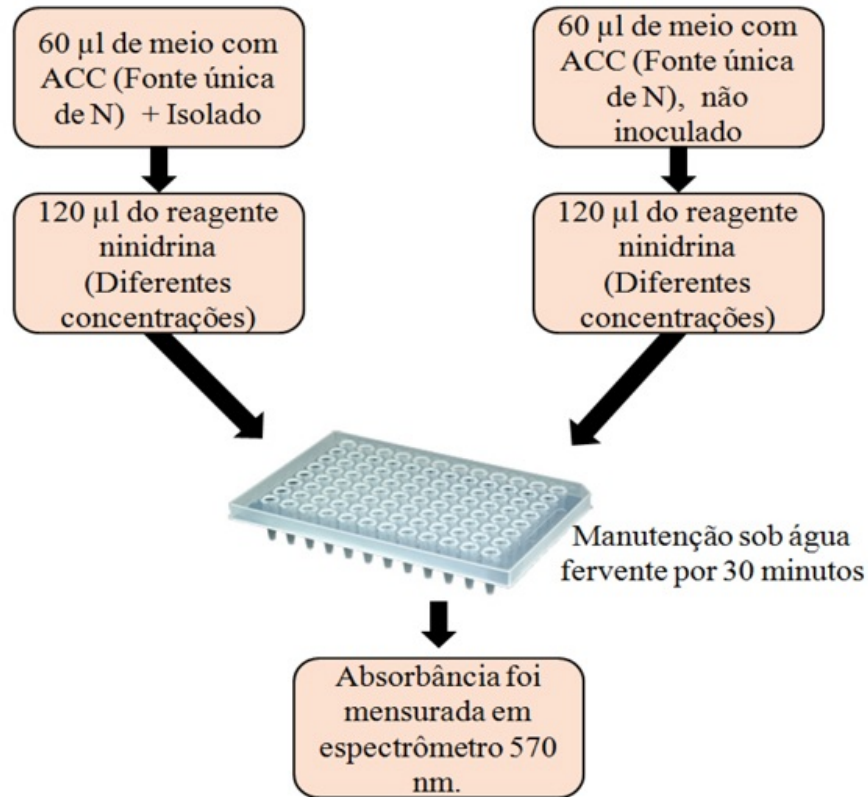
A maioria dos trabalhos citados no tópico Atividade da enzima ACC deaminase durante o estresse utilizou esta metodologia (JALILI et al., 2009; JHA, et al., 2012; RASHID et al., 2012; BAL et al., 2013).

Colorimetria de ACC com ninidrina (Li et al., 2011)

Proteínas como ACC, que têm o grupamento amino livre, também podem ser detectadas através da ninidrina, que, quando aquecida na presença desse reagente (Em excesso), produzem uma coloração púrpura. Fu et al. (2009) mensuraram ACC deaminase através de ensaio colorimétrico com ninidrina, entretanto o consumo de ACC diminuiu no período de avaliação de 24 horas, pois este período inclui a indução enzimática, não sendo um método adequado. Li et al. (2011) consideraram que a ninidrina pode ser utilizada para esse fim e adaptaram este método. Uma das adaptações foi quanto ao agente redutor (Etileno glicol) da ninidrina, ausente no primeiro caso.

Li et al. (2011) seguiram a metodologia descrita a seguir. Primeiramente, os isolados (Solo e rizosfera de cana-de-açúcar; colmos de milho; raízes de arroz) foram crescidos em placas contendo meio sem nitrogênio (N) ou no meio com ACC (sem N) por 48 horas a 28°C, foram observadas colônias visíveis de todos os isolados no meio com ACC. As colônias crescidas nas placas foram inoculadas em meio rico e incubadas a 28°C. As culturas crescidas (2 ml) foram centrifugadas, lavadas e ressuspensas em 2 ml de meio contendo ACC (Sem N) e incubadas a 28 °C a 200 RPM por 24 h. A suspensão foi diluída 10 vezes para quantificação com ninidrina. Para o ensaio com ninidrina, foi construída uma curva padrão com diferentes concentrações de ACC (0.005, 0.01, 0.015, 0.02, 0.03, 0.04, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40 e 0.50 mmol⁻¹). Em cada poço da placa de PCR, foram colocados 60 µl de meio com ACC (Sem N) inoculado separadamente com os respectivos isolados ou 60 do meio não inoculado (Branco), a esses foram adicionados 120 µl do reagente ninidrina (Diferentes concentrações em diferentes poços) (Figura 7).

Figura 7. Fluxograma do método colorimétrico de quantificação de ACC de Li et al., 2011.



Fonte: autor.

A absorbância do meio não inoculado foi significativamente menor do que nos meios inoculados com os isolados bacterianos (LI et al., 2011). Também foi mensurada (Diferentes períodos) a atividade da enzima ACC-deaminase de alguns isolados, através da metodologia proposta por Penrose e Glick (2003), foi observado que a atividade ACC deaminase variou com o período de indução da enzima, e que a atividade foi menor na maioria dos casos após 24 horas de indução. Através de análise da sequência 16S rRNA 44 isolados contendo atividade ACC deaminase, foram identificados nos gêneros *Burkholderia*, *Pseudomonas* ou *Herbaspirillum* (LI et al., 2011).

Quantificação de Etileno (YIM et al., 2013)

Yim et al. (2013) estudaram a indução do sistema de defesa de plantas de tomate em experimento de casa de vegetação. As plantas foram inoculadas 23 dias após o plantio com: *Ralstonia solanacearum* (bactéria patogênica); *R. solanacearum* + cada estirpe de *Methylobacterium* spp. (CBM12, CBM15,

CBM20 ou CBM27); *R. solanacearum* + germicida; controle (Sem inoculação). Entre outras avaliações, foram realizadas análises de emissão de etileno (Figura 8).

Figura 8. Esquema para quantificação de etileno em cromatografia de gás.



Fonte: autor.

Foi observada uma diminuição da emissão de etileno na plantas co-inoculadas (*R. solanacearum*+*Methylobacterium* spp.). Também foram avaliados o acúmulo de ACC e a atividade ACC oxidase nos tecidos da planta. A inoculação com a bactéria promotora de crescimento também reduziu os níveis do substrato ACC, logo a atividade ACC oxidase. Os resultados mostraram a viabilidade da inoculação com a bactéria *Methylobacterium* spp e o potencial para biocontrole na cultura do tomate (YIM et al., 2013).

Quantificação de etileno (MAYAK et al., 2004)

Mayak et al. (2004) propuseram uma metodologia para o monitoramento da produção de etileno por sementes em resposta ao estresse. No estudo, foram utilizadas sementes de tomate, que foram primeiramente embebidas em suspensão bacteriana de *Achromobacter piechaudii* ARV8 (A600 nm = 1,0) ou água deionizada (Controle) durante duas horas. Logo após a suspensão (ou água), foi drenada, e as sementes colocadas dentro em frascos com capacidade de 25 ml sobre um pedaço de papel de filtro. Dois mililitros de água deionizada foram adicionados a cada frasco. Assim que os cotilédones expandiram, o excesso de líquido foi drenado e a solução de sal de 2 ml (207 mM de NaCl) foi

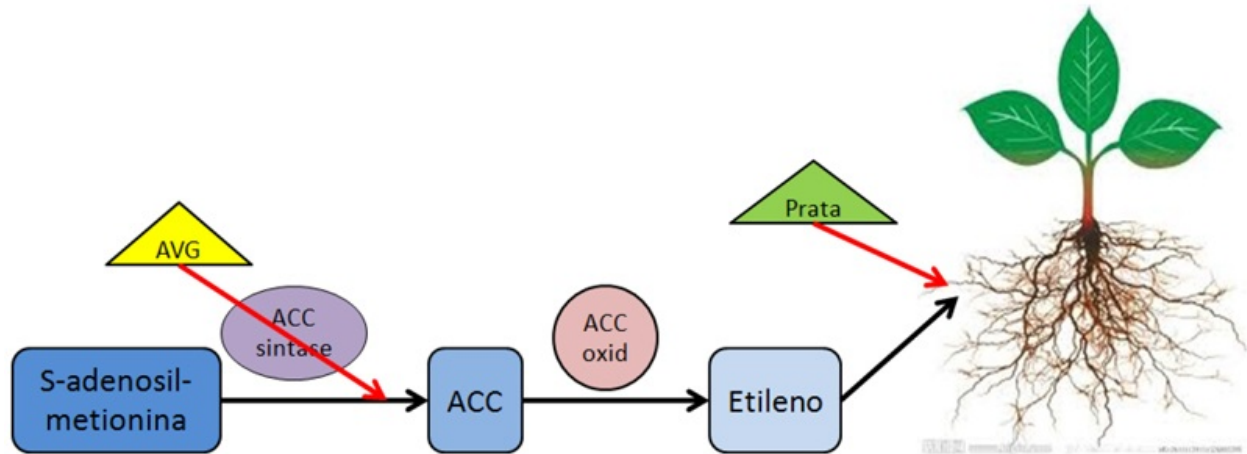
então adicionada, exceto no controle. Quatro horas após a adição de sal, os frascos foram fechados durante duas horas com um septo de borracha, em seguida foi retirada uma amostra gasosa para quantificação do etileno por cromatografia gasosa. Os resultados mostraram que a produção de etileno no tratamento com NaCl + *A. piechaudii* ARV8 foi inferior ao tratamento apenas com NaCl, sugerindo que o uso de bactéria com atividade ACC deaminase pode ser uma alternativa interessante para cultivo em solos salinos (MAYAK et al., 2004).

Catharanthus roseus é uma planta medicinal que tem sido recomendada como alternativa de cultivo em solos salinos de Tamilnadu (Índia). Do interior das raízes dessa planta, foram obtidos isolados para realização de alguns estudos, como a produção de etileno por plântulas de *C. roseus* estressadas por diferentes doses de NaCl (0, 50, 100 e 150 mM) conforme descrito por Mayak et al. (2004). Um isolado (*Achromobacter xylosoxidans* AUM54) foi selecionado e inoculado na planta para análise da produção de etileno. Tanto o tratamento inoculado quanto o não inoculado aumentaram os níveis de etileno com aumento das doses de NaCl. Entretanto, a inoculação com *A. xylosoxidans* AUM54 proporcionou uma diminuição significativa dos níveis de etileno produzidos pela planta, podendo ser um bioinoculante sustentável (Karthikeyan et al., 2012).

Inibidores de síntese (AVG) e de atividade (Prata) do etileno

Alguns estudos fazem comparações entre tratamentos com bactérias promotoras de crescimento com atividade ACC deaminase e tratamentos de produtos químicos. Alguns produtos inibem a síntese de etileno, como o aminoetoxivinilglicina (AVG) que inibe a atividade da ACC sintase não convertendo S-adenosil-metionina (SAM) a ACC, além de produtos que inibem a atividade do etileno na planta, como a prata (Figura 9).

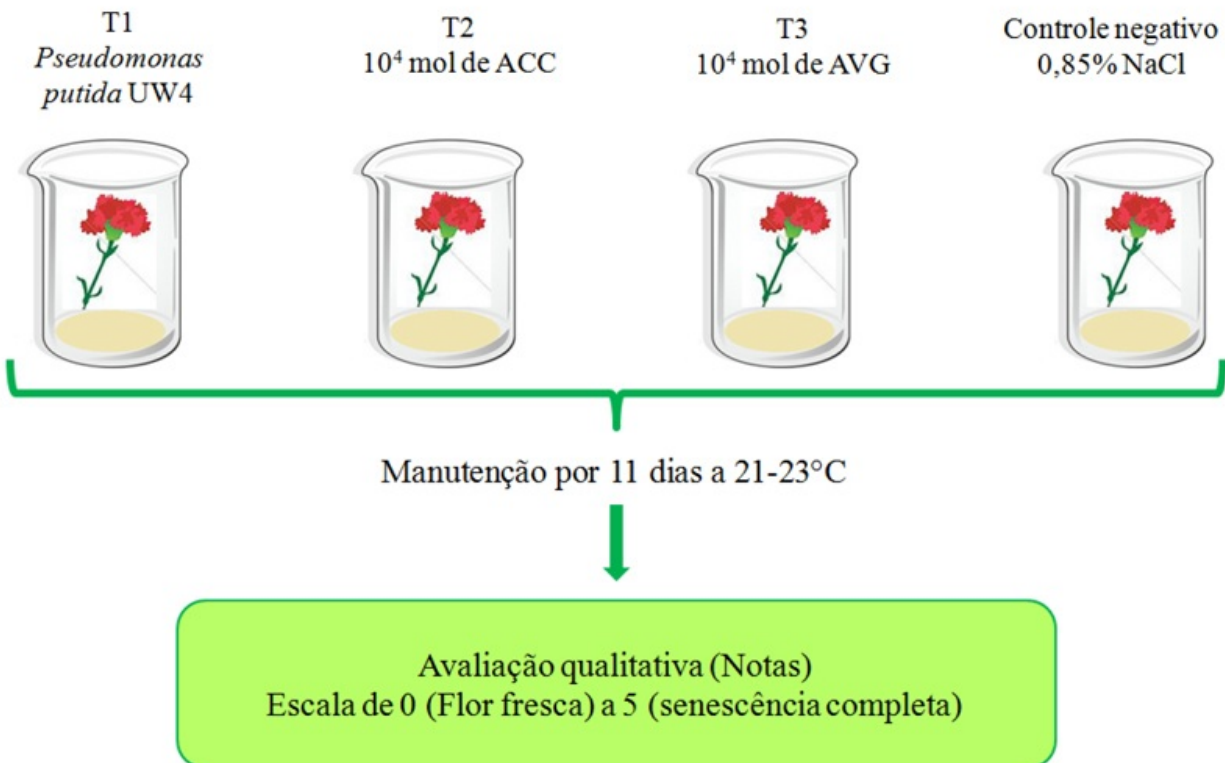
Figura 9. Inibidores de síntese (AVG) e de atividade (Prata) do etileno.
ACC oxid é oxidase.



Fonte: autor.

Ali et al. (2012) avaliaram qualitativamente a senescência floral em *Dianthus caryophyllus*. Cada flor colhida foi colocada em frascos de 8 ml de suspensão bacteriana diluída *Pseudomonas putida* UW4, 10^4 mol de ACC, 10^4 mol de AVG, controle negativo 0,85% NaCl (105 flores por tratamento).

Figura 10. Esquema ilustrativo do experimento de Ali et al., 2012.



Fonte: autor.

As flores tratadas com ACC foram as primeiras a morrer (6 dias), plantas controle morreram com 8 dias de tratamento, enquanto o tratamento com AVG morreram após 9 dias. Flores tratadas com *Pseudomonas putida* UW4 tiveram a senescência relativamente rápida, apenas o tratamento com ACC (6 dias) apresentou senescência mais rápida, indicando que essa estirpe não é adequada prolongar a vida útil dessa flor (ALI et al., 2012).

Nesse mesmo estudo, foi realizado outro ensaio, no qual as flores de *Dianthus caryophyllus* foram tratadas separadamente com as estirpes selvagens *Pseudomonas fluorescens* YsS6 e *P. migulae* 8R6, e seus respectivos mutantes negativos *acdS* (Não expressam ACC deaminase). Os tratamentos com as estirpes selvagens proporcionaram 2 dias a mais de pós-colheita em relação ao tratamento com AVG, de 3-4 dias em relação ao tratamento controle e aos tratamentos com estirpes mutantes (negativo *acdS*). Os autores consideraram o uso de bactéria endofíticas com atividade ACC deaminase uma técnica viável, mediante ao uso dos inibidores químicos de etileno, pois estes são caros e perigosos (ALI et al., 2012).

Brassica napus var. Oleifera L. foi inoculada com rizobactérias promotoras do crescimento que possuem atividade ACC deaminase (*Pseudomonas putida* Am2 e BM3, *Alcaligenes xylosoxidans* CM4, *Pseudomonas* sp. DP2), em experimentos de vasos. Além do tratamento com cada uma das bactérias separadamente (10^6 ufc. ml⁻¹), foi realizado o tratamento com aplicação de sulfato de prata como inibidor de atividade de etileno, pois a prata compete com o sítio de ligação deste hormônio (Etileno). Características de alongamento radicular, formação de pelos radiculares e evolução de etileno foram semelhantes entre os tratamentos com rizobactérias e com prata (Belimov et al., 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos para verificar e quantificar a atividade da enzima ACC deaminase são diversos. Normalmente são combinados, complementando assim as análises da pesquisa.

A cromatografia gasosa é ferramenta muito prática e rápida. Em estudos de quantificação da fixação biológica de N, existe uma técnica conhecida como redução de acetileno (ARA) (BODDEY, et al., 1990), na qual se mede a atividade da enzima nitrogenase. Em um mesmo experimento que se verifica a

atividade da nitrogenase, pode ser bastante interessante a avaliação da atividade da ACC deaminase, através dos níveis de etileno mensurados também por cromatografia gasosa. Para isso, pode-se crescer a bactéria em frascos pequenos: aplicar ACC, fechá-los, estabelecer um tempo para realizar a coleta da amostra para leitura no cromatógrafo. Estudos que verificam mais de um mecanismo de promoção de crescimento são bastante viáveis, dando assim informações mais robustas sobre a bactéria de interesse, além de otimizar todo o processo de pesquisa em relação ao tempo e aos custos. Além da avaliação da atividade ACC deaminase pela bactéria *in vitro*, pesquisas que confirmem a atividade *in situ* diante do estresse são fundamentais.

A enzima ACC deaminase é um dos mecanismos que conferem às plantas estressadas (Fatores abióticos) a tolerância sistêmica induzida (TSI). O termo proposto por Yang et al. (2009) refere-se às mudanças físicas e químicas na planta hospedeira induzidas por rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) que aumentam a tolerância da planta aos estresses abióticos. Além da atividade ACC deaminase, a adequada absorção de nutrientes através do desenvolvimento radicular na presença de PGPR é outro benefício da TSI.

Diante dos diversos estresses bióticos e abióticos que as plantas estão sujeitas, bactérias que possuem atividade ACC deaminase, e, desta forma, diminuem os níveis de etileno (“Hormônio do estresse”), são alternativas potenciais para amenizar os efeitos negativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, S.; CHARLES, T. C.; GLICK B. R. Delay of carnation flower senescence by bacterial endophytes expressing ACC deaminase. **Journal of Applied Microbiology**, v. 113, p. 1139-1144, 2012.

ARSHAD, M.; SALEEM, M.; HUSSAIN, S. Perspectives of bacterial ACC-deaminase in phytoremediation. **Trends in Biotechnology**, v. 25, p. 356-362, 2007.

BAL, H. B.; NAYAK, L.; DAS, S.; ADHYA, T. K. Isolation of ACC deaminase producing PGPR from rice rhizosphere and evaluating their plant growth promoting activity under salt stress. **Plant Soil**, v. 366, p. 93-105, 2013.

BAPAT, S. A.; [JIN, V.](#); [BERRY, N.](#); [BALCH, C.](#); [SHARMA, N.](#); [KURREY, N.](#); [ZHANG, S.](#); [FANG, F.](#); [LAN, X.](#); [LI, M.](#); [KENNEDY, B.](#); [BIGSBY, R. M.](#);

[HUANG, T. H.](#); [NEPHEW, K. P.](#) Multivalent epigenetic marks confer microenvironment responsive epigenetic plasticity to ovarian cancer cells. **Epigenetics**, v. 5, p. 716-729, 2010.

BELIMOV, A.; SAFRONOVA, V. I.; MIMURA, T. Response of spring rape (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 48, p. 189-199, 2002.

BLAHA, D.; PRIGENT-COMBARET, C.; MIRZA, M. S.; MOENNE-LOCCOZ, Y. Phylogeny of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-encoding gene *acdS* in phytobeneficial and pathogenic Proteobacteria and relation with strain biogeography. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 56, p. 455-470, 2006.

BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; PERES, J. R.; SUHET, A. R.; NEVES, M. C. P. Quantification of the contribution of N₂ fixation to field-grown legumes: a strategy for the practical application of the ¹⁵N isotope dilution technique. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p. 649-655, 1990.

CHEN, S. H.; GUO, S. L.; WANG, Z. L.; ZHAO, J. Q.; ZHAO, Y. X.; ZHANG, H. Expressed sequence tags from the halophyte *Limonium sinense*. **DNA Sequence**, v. 18, ed. 1, p. 61-67, 2007.

CHEN, L.; DODD, I. C.; THEOBALD, J. C.; BELIMOV, A. A.; DAVIES, W. J. The rhizobacterium *Variovorax paradoxus* 5C-2, containing ACC deaminase, promotes growth and development of *Arabidopsis thaliana* via an ethylene-dependent pathway. **Journal of Experimental Botany**, 2013 - doi:10.1093/jxb/ert031.

GLICK, B. R. Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. **FEMS Microbiology Letters**, v. 251, p. 1-7, 2005.

GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological Research**, v. 169, p. 30-39, 2014.

GLICK, B. R.; CHENG, Z.; CZARNY, J.; DUAN, J. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. **European Journal of Plant Pathology**, v. 119, p. 329-339, 2007a.

GLICK, B. R.; TODOROVIC, B.; CZARNY, J.; CHENG, Z.; DUAN, J.;

MCCONKEY, B. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 26, p. 227-242, 2007b.

GLICK, B. R.; KARATUROVIC, D. M.; NEWELL, P. C. A novel procedure for rapid isolation of plant-growth promoting *pseudomonads*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 533-536, 1995.

GLICK, B. R.; PENROSE, D. M.; LI, J. P. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. **Journal of Theoretical Biology**, v. 190, p. 63-68, 1998.

GRICHKO, V. P.; GLICK, B. R. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 39, p. 11-17, 2001a.

HONMA, M.; SHIMOMURA, T. Metabolism of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 42, p. 1825-1831, 1978.

HONTZEAS, N.; ZOIDAKIS, J.; GLICK, B. R.; ABU-OMAR, M. M. Expression and characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase from the rhizobacterium *Pseudomonas putida* UW4: a key enzyme in bacterial plant growth promotion. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1703, p. 11-19, 2004.

JALILI, F.; KHAVAZI, K.; PAZIRA, E.; NEJATI, A.; RAHMANI, H. A.; SADAGHANI, H. R.; MIRANSARI, M. Isolation and characterization of ACC deaminase-producing fluorescent pseudomonads, to alleviate salinity stress on canola (*Brassica napus* L.) growth. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 667-674, 2009.

JHA, B.; GONTIA, I.; HARTMANN, A. The roots of the halophyte *Salicornia brachiata* are a source of new halotolerant diazotrophic bacteria with plant growth-promoting potential. **Plant Soil**, v. 356, p. 265-277, 2012.

KARTHIKEYAN, B.; JOE, M. M.; ISLAM, M. R.; AS. T. ACC deaminase containing diazotrophic endophytic bacteria ameliorate salt stress in *Catharanthus roseus* through reduced ethylene levels and induction of antioxidative defense systems. **Symbiosis**, v. 56, p. 77-86, 2012.

KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004.

LI, Z.; CHANG, S.; LIN, L.; AN, Q. A colorimetric assay of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) based on ninhydrin reaction for rapid screening of bacteria containing ACC deaminase. **Letters in Applied Microbiology**, v. 53, p. 178-185, 2011.

LODEWYCKX, C.; MERGEAY, M.; VANGRONSVELD, J.; CLIJSTERS, H.; VAN DER LELIE, D. Isolation, characterization and identification of bacteria associated to the zinc hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* subsp. *calaminaria*. **Int. J. Phytorem.** v. 4, p. 101-115, 2002.

LOHAR, D.; STILLER, J.; KAM, J.; STACEY, G.; GRESSHOFF, P. M. Ethylene insensitivity conferred by a mutated *Arabidopsis* ethylene receptor gene alters nodulation in transgenic *Lotus japonicus*. **Annals of Botany**, v. 104, p. 277-285, 2009.

LUGTENBERG, B. J. J.; CHIN-A-WOENG, T. F. C.; BLOEMBERG, G. V. Microbe-plant interactions: Principles and mechanisms. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 81, p. 373-383, 2002.

MAYAK, S.; TIROSH, T.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 565-572, 2004a.

MURSET, V.; HENNECKE, H.; PESSI, G. Disparate role of rhizobial ACC deaminase in root-nodule symbioses. **Symbiosis**, v. 57, p. 43-50, 2012.

NUKUI, N.; MINAMISAWA, K.; AYABE, S.; AOKI, T. Expression of the 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic Acid Deaminase Gene Requires Symbiotic Nitrogen-Fixing Regulator Gene *nifA2* in *Mesorhizobium loti* MAFF303099. **Applied and environmental microbiology**, v. 72, n. 7, p. 4964-4969, 2006.

ORTEGA-MARTINEZ, O.; PERNAS, M.; CAROL, R. J.; DOLAN, L. Ethylene modulates stem-cell division in the *Arabidopsis thaliana* roots. **Science**, v. 317, p. 507-510, 2007.

PENROSE, D. M.; GLICK, B. R. Enzymes that regulate ethylene levels 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase, ACC synthase and ACC oxidase. **Indian Journal Experimental Biology**, v. 35, ed. 1, p. 1-17, 1997.

PENROSE, D. M.; GLICK, B. R. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. **Physiologia Plantarum**, v. 118, p. 10-15, 2003.

- QIN, S.; ZHANG, Y.-J.; YUAN, B.; XU, P.-Y.; XING, K.; WANG, J.; JIANG, J.-H. Isolation of ACC deaminase-producing habitat-adapted symbiotic bacteria associated with halophyte *Limonium sinense* (Girard) Kuntze and evaluating their plant growth-promoting activity under salt stress. **Plant and Soil**, v. 374, p. 753-766, 2014.
- RASHID, S.; CHARLES, T. C.; GLICK, B. R. Isolation and characterization of new plant growth-promoting bacterial endophytes. **Applied Soil Ecology**, v. 61, p. 217-224, 2012.
- RUZICKA, K.; LJUNG, K.; VANNESTE, S.; PODHORSKA, R.; BEECKMAN, T.; FRIML, J.; BENKOVA, E. Ethylene regulates root growth through effects on auxin biosynthesis and transport-dependent auxin distribution. **The Plant Cell**, v. 19, p. 2197-2212, 2007.
- STEARNS, J. C.; WOODY, O. Z.; MCCONKEY, B. J.; GLICK, B. R. Effects of Bacterial ACC Deaminase on *Brassica napus* Gene Expression. **Molecular Plant-Microbe Interactions Journal**, v. 25, n. 5, p. 668-676, 2012.
- STEPANOVA, A. N.; YUN, J.; LIKHACHEVA, A. V.; ALONSO, J. M. Multilevel interactions between ethylene and auxin in Arabidopsis roots. **The Plant Cell**, v. 19, p. 2169-2185, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- VAN LOON, L. C.; GERAATS, B. P. J.; LINTHORST, H.J.M. Ethylene as a modulator of disease resistance in plants. **Trends Plant Science**, v. 11, p. 184-191, 2006.
- YANG, J.; KLOEPPER, J. W.; RYU, C. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. **Plant Science Conferences** in 2009.
- YIM, W.; SESHADRI, S.; KIM, K.; LEE, G.; SA, T. [Ethylene emission and PR protein synthesis in ACC deaminase producing *Methylobacterium* spp. inoculated tomato plants \(*Lycopersicon esculentum* Mill.\) challenged with *Raltonia solanacearum* under greenhouse conditions.](#) **Plant Physiology et Biochemistry**, v. 67, p. 95-104, 2013.

²⁸ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, Roraima, Brasil.

²⁹ Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, Brasil.

³⁰ Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, Brasil.

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO UTILIZANDO BIOCARVÃO E MICORRIZAS

*Danieli Lazarini de Barros³¹,
Fábio Luiz Henz³²,
André Calixto Sobreira³³,
Plínio Henrique Oliveira Gomide³⁴*

RESUMO

O mamoeiro precisa renovar-se constantemente de 2,5 a 4 anos e para um bom desenvolvimento das mudas é necessário a aplicação de nutrientes em doses adequadas. No entanto, os custos dos substratos disponíveis no mercado são onerosos, e uma alternativa para minimizar esses custos de produção é a utilização de compostos orgânicos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho, foi avaliar o efeito do biocarvão como substrato, associado a fungos micorrízicos arbusculares (FMA) para mudas de mamoeiro. O experimento foi desenvolvido em cultivo protegido, em Rorainópolis, Sul de Roraima. O delineamento experimental foi em blocos, em esquema fatorial (5x2), com cinco doses de biocarvão e presença e ausência de FMA, com dez repetições, totalizando 100 parcelas experimentais. As variáveis analisadas foram: altura das mudas; diâmetro do coleto; número de folhas; fitomassa fresca e seca da parte aérea. O T1 produziu mudas de tamanho e qualidade satisfatórios, porém com o aumento da concentração do biocarvão as mudas apresentaram menor crescimento. Em função do baixo teor nutricional do biocarvão os tratamentos com FMA não mostraram efeitos satisfatórios para o crescimento e desenvolvimento das mudas de mamoeiro.

Palavras-Chave: Mamão. Biomassa Carbonizada. Micorrizas.

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo a espécie *Carica papaya* L. é apreciada como o mamoeiro

mais cultivado, tendo sua descoberta no Panamá pelos espanhóis. O Noroeste da América do Sul é considerado atualmente, como centro de origem do mamoeiro, na parte alta da bacia amazônica (LORENZI et al. 2006). No Brasil, o mamoeiro é uma frutífera altamente cultivada, sendo registrada em 2017 a produção de 1.057.101 toneladas de frutos com uma área plantada de 26.526 hectares (FAO, 2019), o que torna esta cultura com larga importância econômica.

Dado ao seu sistema produtivo, o mamoeiro precisa ser renovado constantemente de 2,5 a 4 anos, demandando atenção em relação a obtenção de sementes, ao substrato e ao preparo das mudas do mamoeiro (CAVALCANTE et al., 2011).

Independente da espécie, as mudas devem apresentar boa qualidade e técnicas apropriadas para obter uma produção comercial favorável (LOPES & BARBOSA, 1999).

A aquisição de mudas e plantas com boa qualidade comercial está inteiramente relacionada à utilização de substratos agrícolas peculiares para cada espécie vegetal (PAULUS & PAULUS, 2007). Distintos substratos estão disponíveis com formulação adequada para o desenvolvimento de mudas de diferentes espécies, visando suavizar custos com mão-de-obra e possíveis erros na formulação desses materiais (OLIVEIRA et al., 1993).

O substrato é responsável em fornecer suporte nutricional as plantas nele semeadas (FERMINO, 1996; KÄMPF, 2000), sendo responsável também pela disponibilidade de nutrientes e água (KÄMPF, 2000).

Existem variações quanto aos substratos utilizados para produção de mudas, entre eles, a casca de arroz (queimada, carbonizada ou *in natura*), areia, vermiculita, subprodutos da madeira como maravalha, fibra de madeira e serragem, xaxim, compostos de lixo domiciliar urbano, restos de poda e biocarvão que é um produto rico em carbono produzido a partir da pirólise de qualquer resíduo orgânico (LEHMAN, 2009). O biocarvão possui características de elevado potencial agrícola e alta fertilidade em meio aos solos intensamente intemperizados, tem sido utilizado por ser um substrato inovador (MAIA et al., 2011).

O biocarvão associado a micorrizas apresenta potencial para incrementar a produção de mudas de mamoeiros.

As micorrizas arbusculares (MA) são associações entre raízes de plantas e fungos do solo do filo Glomeromycota (SCHÜßLER et al., 2001), conhecidos como fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Estes organismos estabelecem

relações mutualísticas com, aproximadamente, 80% das espécies vegetais (SIQUEIRA et al., 2002; JEFFRIES et al., 2003).

Estes fungos participam na translocação de nutrientes, disponibilizando-os para as células do córtex de raízes de plantas micotróficas, favorece a nodulação e a fixação do nitrogênio em leguminosas (SIQUEIRA et al., 2002), bem como amplia a capacidade de absorção de água, aumenta a resistência do sistema radicular da planta ao ataque de patógenos bem como aceleram o crescimento e melhoram o vigor das mudas na sua fase de formação (JEFFRIES et al. 2003; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; BORGES et al., 2007).

Alguns estudos têm demonstrado que a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares no sistema de produção de mudas representa um grande potencial para o desenvolvimento de um cultivo racional e eficiente de mudas de boa qualidade de diversas fruteiras (SOARES et al., 2012). No entanto, os estudos são restritos a algumas espécies de frutíferas, como realizado por Nzanza et al. (2012), em tomate e Trindade et al. (2001a), em mudas de mamoeiro. Na tentativa de melhor entender o funcionamento da associação micorrízica com o biocarvão para produção de mudas de mamoeiro, este é o primeiro relato na região Norte, Roraima, Brasil. No entanto, estudos desta natureza na região são escassos ou inexistente, necessitando de informações do uso de biocarvão como substrato para produção de mudas de boa qualidade.

Desse modo, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do biocarvão como substrato associado a fungos micorrízicos arbusculares para mudas de mamoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em estufa, localizado no município de Rorainópolis, Sul de Roraima.

Rorainópolis situa-se nas coordenadas geográficas 60° 25' 47" de longitude Oeste e 00° 56' 46" de latitude Norte. Limita-se ao Norte com o Município de Caracaraí, ao Sul com o estado do Amazonas, ao Leste com Municípios de São Luiz e São João da Baliza e ao Oeste com Município de Caracaraí (SEPLAN/RR 2014).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Ami (tropical chuvoso), com pequeno período de seca, precipitação média variando entre

1.700 – 2.000 mm (Barbosa 1997) e temperatura média anual em torno de 27 °C.

A semeadura da cultivar formosa foi realizada em sacos de 15 x 20 x 0,006 cm. Foram semeadas duas sementes por saco, aos 7 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste e foi mantido uma planta por recipiente.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2 (5 doses de biocarvão e ausência ou presença de FMA), com 10 repetições, totalizando 100 parcelas experimentais (Tabela 1).

Tabela 1 – Representação dos tratamentos utilizados no estudo.

Tratamentos	Doses	Presença ou ausência de FMA
T1	100% SC	presença
T2	100% SC	ausência
T3	75% SC + B	presença
T4	75% SC + B	ausência
T5	50% SC + B	presença
T6	50% SC + B	ausência
T7	25% SC + B	presença
T8	25% SC + B	ausência
T9	100% B	presença
T10	100% B	ausência

*Substrato comercial (SC). Biocarvão (B).

A fonte de biomassa carbonizada (biocarvão) foi o resíduo (pó-de-serra e maravalhas) gerado por madeireiras localizadas próximas a Rorainópolis. Foi carbonizado em uma estrutura cônica produzida em aço galvanizado com tubo de exaustão para oxigenação, onde no seu centro foi queimado pedaços de sarrafos para aquecimento do metal.

A carbonização ocorreu do contato do resíduo com o metal quente, seguida de revolvimentos constantes a cada uma hora, com duração de 20 horas para produção do biocarvão utilizado como componente de substrato. Ao término da carbonização o material foi moído para melhorar a homogeneização.

O inóculo utilizado de Fungos micorrizícos arbusculares (FMA) foi da espécie - *Entrophospora colombiana* Spain & N.C. Schenck multiplicados em

Urochloa decumbens (Stapf) R.D.Webster em vasos de 3 dm³ cedidos da coleção de Glomeromycota da Universidade Federal de Lavras e utilizados para composição dos substratos.

Os propágulos fúngicos foram previamente multiplicados em solo autoclavado, tendo *U. decumbens* como planta hospedeira. A parte aérea da *U. decumbens* foi descartada e as raízes, repicadas. O solo inóculo foi homogeneizado e separados 30 g para ser adicionada aos substratos. Inicialmente, a quantidade de substrato suficiente para preencher três quartos do volume e, por cima, espalhados 30 g de solo-inóculo da espécie *E. colombiana*, por último, outra camada de 3 cm de espessura de substrato para cobrir o solo-inóculo. As mudas foram irrigadas manualmente duas vezes por dia.

Na tabela 2 são apresentados os valores encontrados na análise química dos materiais utilizados como substrato.

Tabela 2 - Caracterização química do biocarvão e do substrato comercial utilizados para a produção de mudas de mamoeiros

Substratos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹mg kg ⁻¹				
Biocarvão	4,80	0,86	2,89	4,81	1,12	1,06	8,66	9,21	5000,05	224,0	39,3
Comercial	7,00	4,30	7,32	5,29	8,01	3,85	23,70	42,10	10971,47	470,0	308,0

As avaliações das variáveis, altura (cm); diâmetro do coleto (mm); número de folhas; massa fresca e seca total (g) foram realizadas de 15 em 15 dias após a emergência (DAE) até os 58 DAE.

Para determinação da altura foi utilizada régua graduada em cm medindo a partir do coleto da muda até a gema apical bem como um paquímetro digital de precisão (0,01 mm) da marca Insize para determinação do diâmetro do coleto (mm) das mudas. A massa fresca e massa seca tanto de parte aérea quanto de raízes foram obtidas em balança analítica, marca Bel, com precisão de quatro casas decimais (0,0001 g) e posteriormente levada à estufa com circulação de ar forçada, marca Equilam, para secagem à temperatura de 65 °C, por 72 h.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é considerado um bom indicador da qualidade de mudas, por considerar no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo ponderados vários parâmetros importantes (FONSECA et al., 2002). O IQD é determinado em função da altura da parte

aérea, do diâmetro do coleto, biomassa seca da parte aérea dada pela soma da biomassa seca do coleto e biomassa seca de folhas e da biomassa seca das raízes, determinado de acordo com a seguinte equação Eq.1 (DICKSON et al., 1960).

Eq.1

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{\text{altura}}{\text{coleto}} + \frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

Onde: IQD – Índice de qualidade de Dickson; MST – matéria seca total (g); MSPA – matéria seca parte aérea (g) e MSR – matéria seca da raiz (g); altura (cm) e coleto (mm).

Os dados foram submetidos ao teste de média t a 5% de significância pelo programa estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância evidenciaram a interação significativa entre doses de biocarvão X FMA a 5% de significância pelo teste t e procedeu-se a análise de regressão para o desdobramento das doses de biocarvão dentro de FMA.

O número de folhas, altura das mudas, diâmetro do coleto, fitomassa fresca e seca total apresentaram reduções com o aumento das doses de biocarvão no substrato comercial (Figura 1, 2, 3 e 4 A e B).

Na Figura 1, pode se observar que com o aumento das doses de biocarvão proporcionou redução do número de folhas das mudas de mamoeiro, sendo que os tratamentos que tiveram presença de FMA apresentaram ligeiro incremento, o que demonstra ser de grande interesse essa associação na composição de substratos para produção de mudas.

O diâmetro de coleto apresentou resultado semelhante ao número de folhas, porém, com o acréscimo das doses de biocarvão notou se um pequeno incremento dos tratamentos que estavam associados com a presença de FMA a partir da dose de 50% de biocarvão (Figura 2).

Diferentemente das demais variáveis a altura, fitomassa fresca e seca total apresentaram melhores resultados nos tratamentos com FMA sem adição de

biocarvão, o que demonstra o efeito inibitório da micorrização a partir do momento que há adição do biocarvão (Figura 3 e 4 (A) e (B)).

Figura 1. Número de folhas de mudas de mamão em diferentes concentrações de biocarvão com e sem FMA.

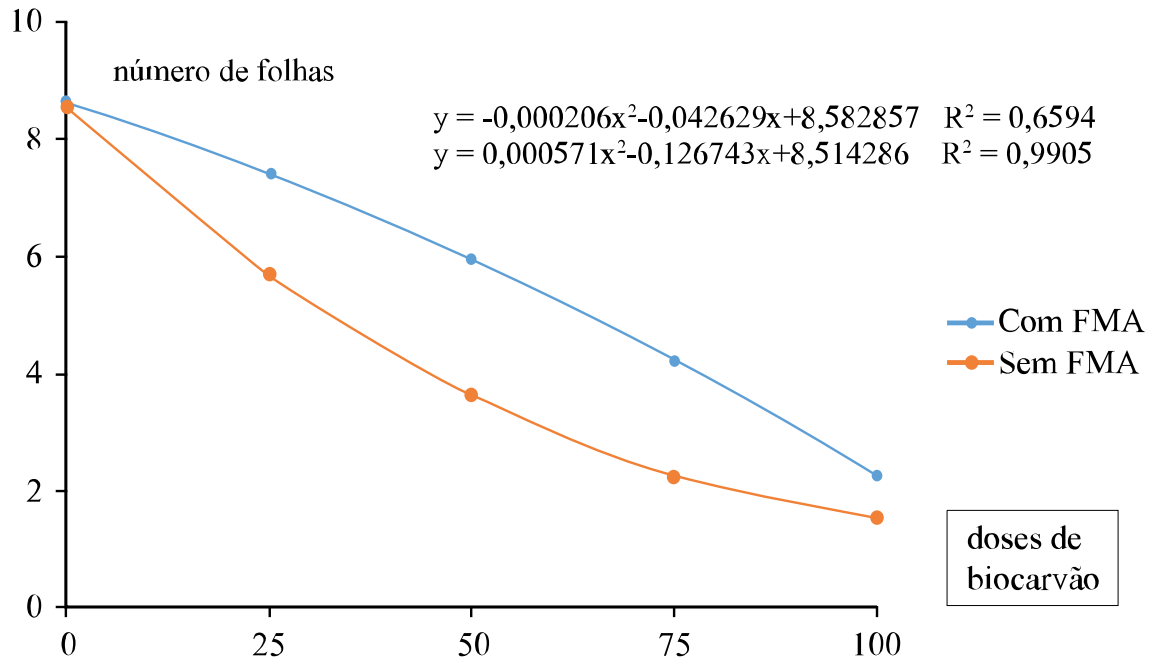


Figura 2. Diâmetro do coleto (mm) de mudas de mamão em diferentes concentrações de biocarvão com e sem FMA.

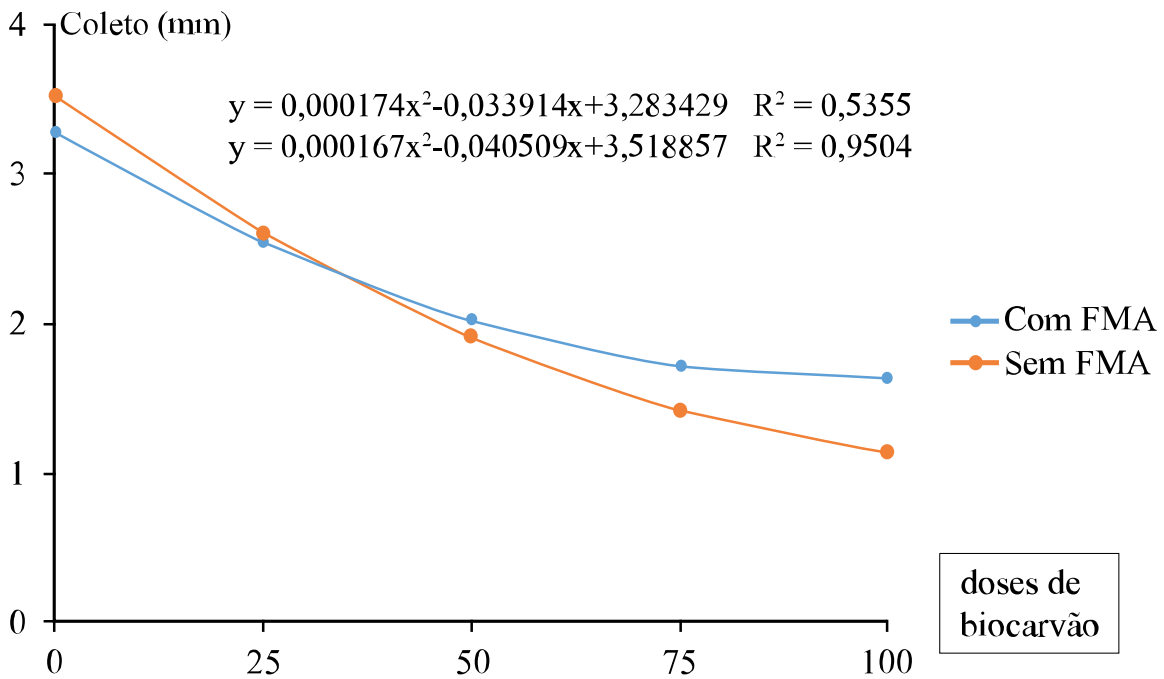


Figura 3. Altura das mudas (cm) de mamão em diferentes concentrações de biocarvão com e sem FMA.

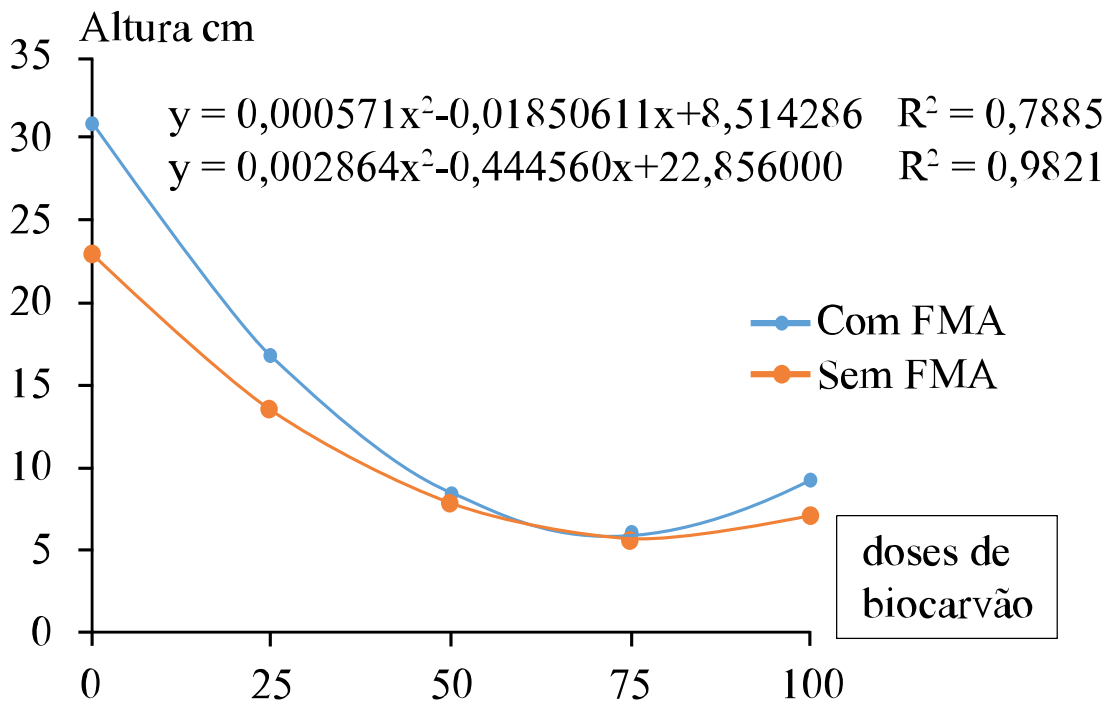
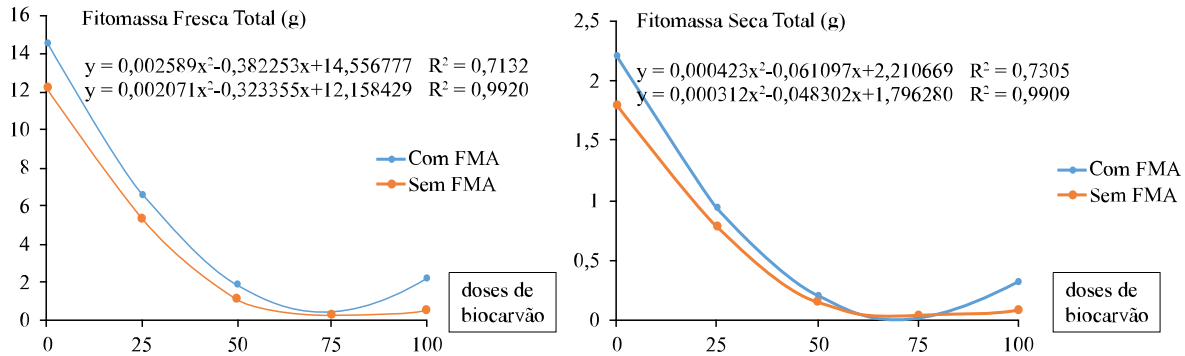


Figura 4. (A) Fitomassa fresca total e (B) Fitomassa seca total de mamão em diferentes concentrações de

biocarvão com e sem FMA.



A caracterização do biocarvão apresentou baixos teores nutricionais quando comparado ao substrato comercial (Tabela 2). Conseqüentemente o aumento da dose de biocarvão reduz a disponibilidade de nutrientes no substrato.

A elevada relação C/N do pó de serra associado há uma carbonização incompleta do mesmo fez com que este material imobilizasse nutrientes do substrato não os tornando disponível as mudas, o que desfavoreceu o incremento nas variáveis analisadas (Moreira & Siqueira, 2006). A elevada recalcitrância desse material associado a elevados teores de moléculas fenólicas fez com que houvesse uma inibição da micorrização, reduzindo os efeitos benéficos deste para a translocação nutricional de nutrientes as mudas de mamoeiro.

O pó-de-serra utilizado para obtenção do biocarvão apresenta uma relação carbono/nitrogênio (C/N) muito alta de 865/1 (KIEHL, 1985), enquanto que o valor ideal está em torno de 30:1 (SILVA, 2010). Esta alta proporção de carbono na composição do pó de serra demanda grande quantidade de nutrientes para os microrganismos degradarem este material. Os nutrientes que deveriam suprir as demandas das mudas foram imobilizados ou insuficientes para os microrganismos.

Cavalcante et al. (2011) trabalhando com maracujá observou respostas positivas com a adição de biocarvão no substrato na mistura de 50% de biocarvão com uma relação C/N 74:1. Cohen-Ofri et al. (2006) e Maia (2010) e relataram que o biocarvão é considerado um material inerte, mas que pode aumentar a capacidade de troca de cátions de um solo ou substrato, mas para isto necessita de um período para que o biocarvão inicie uma “decomposição” e comece a criar sítios reativos capazes de realizar esta troca de cátions. Assim, como o biocarvão foi produzido e logo após utilizado no desenvolvimento do

experimento, não apresentou efeito desejado.

Para Verheijen et al. (2012), a composição química e estrutural do biocarvão está relacionada com a matéria prima utilizada e com o seu processo de produção.

Lima et al., (2013) verificaram que não houve relação significativa com as doses de biocarvão em nenhuma avaliação para nenhum dos parâmetros avaliados, tais como, número de folhas, diâmetro do coleto, altura das mudas, Índice de Qualidade de Dickson, biomassa fresca e seca, corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

Petter (2012), afirma que a temperatura de carbonização exerce papel principal sobre as propriedades físicas do biocarvão.

Para fitomassa fresca e seca total (Figura 4 A e B), conforme aumentou-se as doses de biocarvão houve a diminuição dessas variáveis analisadas. Este resultado pode ser compreendido se observarmos a menor concentração do fósforo no biocarvão, levantado na análise química, então à medida que a proporção do biocarvão aumenta a quantidade de fósforo diminui. Negreiros et al. (2005), relata em seu trabalho, que o fósforo e o potássio são nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura do mamoeiro, sendo muito importante o fósforo no desenvolvimento inicial do mamoeiro, confirmado por Simão (1998) que relata grande importância do fósforo na emissão de folhas e no seu tamanho.

As mudas de mamoeiro com biocarvão adicionados ao substrato comercial independentemente das doses, apresentaram valores abaixo de 0,2 de IQD (índice que avalia se as mudas estão aptas a irem a campo). Os valores recomendados por Hunt (1990), são $IQD \geq 0,2$.

Para Zanetti, et al. (2003) 10 % de biocarvão na composição de um substrato para limoeiro não causa qualquer problema no desenvolvimento das mudas, enquanto que a mistura de 20 % de biocarvão prejudicou o desenvolvimento das mudas, sendo atribuído tal resultado aos baixos valores de espaço de aeração do substrato. Petter et al. (2010), em experimento com alface também conclui que misturas de biocarvão acima de 30% apresentaram redução na produção das plantas.

Nzanza et al. (2012), avaliando o efeito da interação de um FMA *Glomus mossae* Tul. & C. Tul. com biocarvão proveniente da pirólise de *Eucalyptus globulus* Labill, observaram que não houve benefícios da interação FMAs x biocarvão nas variáveis de produção da cultura do tomate, corroborando com os

resultados encontrados neste estudo (Tabela 3), onde os tratamentos sem micorrizas foram superiores aos demais tratamentos com micorriza para as variáveis analisadas.

Tabela 3. Comparação dos resultados da inoculação com micorriza (*Entrophospora colombiana*)

Micorrizas	Altura (cm)	Diâmetro coleto (mm)	FFT (g)	FST (g)
Com micorriza	14,16 b	3,33 b	2,41 b	0,20 b
Sem micorriza	16,61 a	3,95 a	4,11 a	0,36 a
CV(%)	23,04	27,28	60,86	85,26

*Coeficiente de variação (CV). **Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Algumas associações fungo hospedeiro dependendo do genótipo da planta, da espécie e ecótipo do fungo e da disponibilidade de P no solo, podem proporcionar apenas um baixo crescimento vegetal, chegando a atingir uma condição de parasitismo, onde o balanço energético se torna desfavorável a planta (MARSCHNER & DELL, 1994).

É necessário estudos a longo prazo para melhor compreendermos os efeitos do biocarvão sobre a associação micorrízica e benefícios para produção de mudas.

CONCLUSÕES

1. O uso do biocarvão isoladamente como substrato não proporcionou um desenvolvimento adequado das mudas do mamoeiro.
2. O baixo teor nutricional do biocarvão inibiu os efeitos benéficos proporcionados pelos fungos micorrízicos para o crescimento e desenvolvimento de mudas de mamoeiro.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: Barbosa R.I. Ferreira E.F.G. & Castellon E.G. (eds). Homem, ambiente e ecologia no Estado de

Roraima. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Governo do Estado de Roraima, Manaus, Amazonas, p. 325-335. 1997.

BORGES, A. J. S. et al. Reduction of fusarium wilt of “banana-maçã” by inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 01, p. 35-41, 2007.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SILVA, R. R. S.; ALBANO, F. G.; LIMA, F. N.; MARQUES, A.S. Foliar Spray of Humic Substances on Seedling Production of Papaya (Pawpaw). *Journal of Agronomy*, New York, v.10, p.118-122, 2011.

COHEN-OFRI, I.; WEINER, L.; BOARETTO, E.; MINTZ, G.; WEINER, S. Modern and fossil charcoal: aspects of structure and diagenesis. **Journal of Archaeological Science**, Boston, v. 33, n. 3, p. 428-439, 2006.

DICKSON, A.; Leaf, A. L. Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle* v. 36, p. 10-13. 1960.

FAO - Food and Agriculture Organization. Faostat. Disponível em: .Acesso em: 27 de maio de 2019.

FERMINO, M.H. *Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons .*Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2, pp. 109 - 112. ISSN 1413 - 7054.

JEFFRIES, P.; GIANINAZZI, S.; PEROTTO, S.; TURNAU, K. & BAREA, J.M. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol. Fert. Soils*, v. 37, p. 1-16, 2003.

Hunt, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. *Proceedings of Target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report RM-200*, 1990, Roseburg (pp. 218-222). Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service. 1990.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em*

recipientes. Porto Alegre: Genesis, 2000b. p 209-215.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biocarvão for environmental management: an introduction. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Ed.). Biocarvão for environmental management: science and technology. London: Earthscan. p.1-12. 2009.

LIMA, S. L.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; TAMIOZZO, S.; BUCK, G. B.; MARIMON, B. S. **Biocarvão as substitute for organic matter in the composition of substrates for seedlings.** [Acta Scientiarum. Agronomy](#). vol.35 n°3 Maringá, July/Sept. 2013.

LOPES, L. C. & BARBOSA, J. G. **Propagação de plantas ornamentais.** Viçosa: UFV, 46 p., 1999.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas. Instituto Plantarum, São Paulo, 640p., 2006.

MAIA, C.M.B.F., SOHI, S.P. The effect of biochar on soil-carbon stabilization in a highly SOM- depleted soil. 3rd IBI Meeting, Rio de Janeiro, Proceedings. 2010.

MARSCHNER, H & DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, v. 159, p.89-102, 1994.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2.ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 729 p. 2006.

NZANZA, B., D. MARAIS AND P. SOUNDY. Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation and biocarvão amendment on growth and yield of tomato. *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*, v. 14, p. 965–969, 2012.

NEGREIROS, J.R.S.; BRAGA, L.R.; ÁLVARES, V.S.; BRUCKNER, C.H. Diferentes substratos na formação de mudas de mamoeiro do grupo solo. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.11, n.1, p.101-103, 2005.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; VASCONCELLOS, L. A. B. C. Avaliação de mudas de maracujazeiro em função do substrato e do tipo de bandeja. *Scientia Agricola*, v. 50, n. 2, p. 261-266, 1993.

PAULUS, D.; PAULUS, E. Efeito de substratos agrícolas na produção de mudas de hortelã propagadas por estaquia. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 4, p. 594-597, 2007.

PETTER, F.A. **Biomassa carbonizada como condicionador de solo: aspectos agrônômicos do seu uso em solos de cerrado**, Tese de Doutorado, UFG, Ano de Obtenção: 2010.

PETTER, F. A. et al. Soil fertility and agronomic response of rice to biochar application in the Brazilian savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v. 5, p. 699-706, 2012.

SCHÜBLER A.; SCHWARZOTT D.; WALKER C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. ***Mycological Research***, v. 105, p. 1413-1421, 2001.

SEPLAN: **Informações socioeconômicas do município de Rorainópolis-RR 2014**. SEPLAN (Secretaria estadual de planejamento e desenvolvimento). Disponível em: http://www.seplan.rr.gov.br/roirmaemnumeros/dados_municipios/rorainopolis.p acessado em 12 de setembro 2014.

SIMÃO, S. Mamoeiro. *In: Tratado de fruticultura*. Piracicaba: FEALQ, 760 p. 1998.

SIQUEIRA, J.O.; LAMBAIS, M.R. & STURMER, S.L. Fungos micorrizicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. *Biotechnol. Ci. Desenv.*, 25:12-21, 2002.

SILVA, M. A. da, CAVALCANTE, U.W.T., SILVA, F.S.B. da, SOARES, A.A.G., MAIA, F.S.B. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) *Acta Bot. Bras.* v.18, n.4, p. 981-985. 2010.

SCHIAVO, J. A. & MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. *Rev. Bras. Frutic.* [online]. 2002, vol.24, n.2, pp.519-523. ISSN 0100-2945.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. DA S.; GARRIDO, M. DA S.; LIMA, F. de S. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. ***Revista*** ***Ciência Agrônômica***, vol.43 nº.1 Fortaleza, Jan./Mar. 2012.

TRINDADE, A. V.; DANTAS, J. L. L.; ALMEIDA, F.P.; MAIA, I. C. S. Estimativa do coeficiente de determinação genotípica em mamoeiros (*Carica*

papaya L.) inoculados com fungo micorrízico arbuscular. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23., n.3, p. 607-612. 2001a.

VERHEIJEN, F.G.A.; MONTANARELLA, L.; BASTOS, A.C. Sustainability, certification, and regulation of biocarvão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.649-653, 2012. DOI: 10.1590/ S0100-204X2012000500003.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J.O.; MATTOS JÚNIOR, D.; CARVALHO S.A. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro ‘cravo’ em ambiente protegido. ***Revista Brasileira Fruticultura***, Jaboticabal, v.25 n.3 p.508-512, 2003.

³¹ Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia de Roraima, *Campus Boa Vista*, Roraima, Brasil.

³² Universidade Estadual de Roraima, Roraima, Brasil.

³³ Universidade Estadual de Roraima, Roraima, Brasil.

³⁴ Universidade Estadual de Roraima, Roraima, Brasil.

PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS: PERSPECTIVAS E PERIGOS

Iraci Fidelis³⁵.

RESUMO

As plantas medicinais e suas formas derivadas (extratos, tinturas, xaropes, cosméticos etc.) têm disputado espaços na terapêutica biomédica atual. A consciência que as plantas são fontes de substâncias medicamentosas o homem possui desde as mais remotas civilizações e, após período de esquecimento, retorna as práticas fitomedicinais. No entanto, não devemos incorporarmos a ideia que tem sido publicitada que “o natural não faz mal” e, por isso cabe a nós profissionais encará-las, como Medicamentos – devemos entender, medicamento, como droga ou preparação com drogas de ação farmacológica benéfica e tecnicamente elaborado, o qual é criteriosamente ensaiado com verificação da sua eficácia e segurança terapêutica. Propondo desde programas educativos e de assistência primária à saúde em busca da desmitificação deste conceito errôneo, com relação as plantas e suas virtudes terapêuticas, até a elaboração de propostas de política de exploração dos recursos naturais, assim como do uso racional dos fitoterápicos consolidados em bases científicas. O saber popular sobre o emprego das plantas medicinais deve nortear as pesquisas científicas. Por outro lado, o uso empírico e pouco cuidadoso das plantas, fora de seu contexto original e sem respaldo científico se mostram inadequados à implantação da fitoterapia como sólido recurso terapêutico no atendimento de algumas das necessidades básicas dos serviços de saúde.

Palavras chaves: Efeitos colaterais, Metabólitos secundários, Princípios ativos.

INTRODUÇÃO

No século XXI vive-se paradoxo da abundância na área da saúde. O

conhecimento da ciência e da tecnologia é enorme e cada vez mais veloz oferecendo infinitas possibilidades tecnológicas de tratar todas as formas de doenças. Entretanto, nem sempre essas possibilidades têm sido aproveitadas em melhorar o acesso das populações aos medicamentos que continuam com preços exorbitantes e incompatíveis com os orçamentos de saúde dos países, incluindo desenvolvido e em desenvolvimento (HASENCLEVER et al., 2017).

Como assegurar o acesso a medicamentos seguros, eficazes, de qualidade e a preços acessíveis a todos? A indústria de plantas medicinais e fitoterápicos pode representar excelente alternativa à questão acima. De um lado constitui importante fonte de inovação em saúde e pode fortalecer a produção e a inovação locais na exploração da rica biodiversidade brasileira. Do outro representa a possibilidade de ampliação de opções terapêuticas ofertados aos usuários do Sistema Único de Saúde (SUS) na perspectiva de melhoria da atenção à saúde e de inclusão social (HASENCLEVER et al. 2017).

Mesmo com o incentivo da indústria farmacêutica na utilização de medicamentos industrializados, grande parte da população ainda faz uso de práticas terapêuticas no cuidado à saúde, como as plantas medicinais, utilizadas para aliviar ou mesmo curar enfermidades. Isso ocorrer devido ao alto custo dos medicamentos industrializados ou, então, pelo fato de os usuários estarem buscando alternativas que possuam menos efeitos colaterais no tratamento de doenças (BADKE et al., 2016). E também constata que o uso da terapêutica centrada no uso de medicamentos sintéticos não cumpriu a promessa implícita e explícita de dar conta do tratamento das doenças, pelos altos custos, pelos significativos efeitos adversos que têm os medicamentos sintéticos.

A indústria de fitoterápicos é uma indústria em franco desenvolvimento no mundo e pode representar oportunidade de desenvolvimento no setor farmacêutico no Brasil. Esta oportunidade é relevante não só pela riqueza de nossa dotação natural de fatores em biodiversidade, mas pelo conhecimento tradicional e científico acumulado sobre a atividade biológica dessas plantas pela sociedade civil e pelas instituições de ciência e tecnologia (BADKE et al., 2016).

Segundo Hasenclever et al. (2017) existem desafios para o seu desenvolvimento pleno no Brasil para o uso das plantas medicinais e fitoterápicos. O maior desafio, pelo lado da oferta, é a construção de marco regulatório que seja capaz de harmonizar os interesses da extensa cadeia produtiva, desde o cultivo das plantas, o manejo sustentável, a pesquisa e o desenvolvimento (P&D), a produção, a distribuição e o uso de plantas

medicinais e fitoterápicos. Pelo lado da demanda, os maiores desafios são: a definição de elementos suficientes de caracterização dos produtos (formas de apresentação, dosagem etc.) publicados na Relação Nacional de Plantas Medicinais e de Fitoterápicos; e a compra do SUS destes medicamentos (HASENCLEVER et al., 2017).

Plantas Medicinais e Seu Potencial

Os compostos bioativos mais comumente encontrados em vegetais, frutos e hortaliças são substâncias fenólicas, podendo ser encontrados livres ou ligados a açúcares e proteínas. Nos humanos, os estudos têm apontados que os compostos fenólicos são capazes de bloquear as estruturas radicalares (BRAVO, 1999).

O excesso de radicais livres no organismo leva ao estresse oxidativo. Esta condição tem sido associada como o agente causador de uma série de doenças crônicas não transmissíveis, como aterosclerose, infarto do miocárdio, artrite reumatoide, câncer entre outros (KIM et al., 2008).

Estudos têm caracterizado produtos naturais com o intuito de identificar e quantificar os componentes bioativos em vegetais, e assim, reduzir o risco de surgimento de doenças provocadas pelo excesso destes radicais livres (NEVES, 2012). Neste sentido, fruta exótica como o Noni – *Morinda citrifolia* Linn., têm ganhado espaço pelos benefícios que possam oferecer.

O emprego tradicional do Noni, usado há mais de 2.000 anos pelos polinésios, está atribuído aos efeitos antibacterianos, antioxidante, antiviral, antitumoral, anti-inflamatório e imunestimulante, além de melhorar o desempenho sexual (FENGJUAN e WANG, 2017). Entretanto, o que torna o Noni uma planta que requer atenção especial é seu potencial efeito hepatotóxico. A Anvisa recomenda não utilizar o Noni com base em toxicidade em humanos. Stadlbauer et al. (2005) relatam dois casos em que apresentaram hepatotoxicidade relacionados ao consumo de suco de Noni.

Também o número cada vez maior de pessoas que recorrem a alimentação mais cuidadosa, com especial incidência no consumo de substitutos da carne, como a soja, *Glicine max*, e seus derivados, tornou-se necessário aprofundar os conhecimentos atuais sobre os efeitos dos fitoestrogênios, quer a nível farmacológico, quer toxicológico devido principalmente ao fato da soja ser a principal fonte de fitoestrogênios da dieta humana (AZEVEDO, 2011).

As isoflavonas, também chamada isoflavonóides, pertencem à família dos princípios ativos de plantas denominados polifenóis. Uma propriedade comum dos polifenóis é a sua atividade antioxidante. Contudo, as isoflavonas apresentam estrutura química semelhante aos estrógenos humanos, tal como o 17 β -estradiol, e por apresentar atividade estrogênica, essas substâncias são referenciadas como fitoestrógenos (GENOVESE e LAJOLO, 2001).

Os polifenóis (fitohormônios) presentes na soja são denominados de isoflavonas e seus constituintes majoritários são genesteína, genistina e daidzina os quais podem reduzir os sintomas clássicos da menopausa. Tem ação preventiva contra cânceres hormônio dependente como o de mama. Apresenta propriedades imunoestimulantes e antioxidantes. Estudos mostram que as isoflavonas aumentam a quantidade de cálcio retida nos ossos e assim previne contra a osteoporose (DUNCAN et al., 1999). Entretanto, a soja também tem sido associada à disfunção erétil. As duas drogas naturais encontrados na soja, a genisteína e a daidzeína, imitam o estrogênio tão eficientemente que elas têm sido conhecidas por causar uma variedade de efeitos secundários alarmantes nos homens: o aumento dos seios (ginecomastia), diminuiu o crescimento de pelos faciais e corporais, diminuição da libido, mudanças de humor e frequentes acessos de choro, a disfunção erétil, redução na contagem de esperma (MERCOLA, 2019). Os efeitos danosos também incluem bloqueio endócrino, supressão da tireoide, supressão do sistema imune, supressão da produção de esperma, quebra de DNA e incidência aumentada de leucemia, infertilidade, problemas de crescimento e mudanças no comportamento do dimorfismo sexual e diminuição da produção da testosterona (D'AMO e SABIN, 2014).

Outra espécie muito utilizada na medicina popular é a jurubeba, *Solanum paniculatum* L. Solanaceae. Nativa do Brasil, de ocorrência em outras regiões tropicais da América do Sul. Da planta aproveita-se raiz, caule, folhas, flores e frutos, sendo amplamente utilizada na medicina e culinária (VIEIRA JÚNIOR et al., 2015).

Seus frutos são importantes na economia, pois são comercializados em indústrias de bebidas, sendo essenciais na produção do vinho da jurubeba (SANTOS, 2013). Ainda nos frutos, são encontrados compostos ativos e metabólitos secundários, como esteroides, saponinas, alcalóides e glicosídeos, de importância farmacológica sendo utilizado na medicina popular brasileira no tratamento de disfunções gástricas, hepatite, prevenção de tumores uterinos, como descongestionante e antitérmico (MIRANDA et al., 2013).

Há relatos de ser uma planta perigosa que pode causar irritação gastro-intestinal (VEIGA JÚNIOR et al., 2005). Ademais, as solanáceas agrupam cerca de 90 gêneros e mais de 2600 espécies. É preciso ter atenção com as plantas dessa família, pois apesar de muitas serem alimentícias e medicinais, muitas apresentam princípios ativos venenosos fatais como as folhas de tomate, de batata, trombeteiras, tabaco. Sendo da mesma família tem efeitos semelhantes. A solanina presente nas solanáceas é um glicoalcalóide tóxico, amargo. Está presente nas solanáceas em maior concentração nos tubérculos, folhas e frutos. As solaninas podem causar efeito tóxico no sistema nervoso central, membranas celulares e gastrointestinais, efeitos teratogênicos (MACEDO-COSTA et al., 2017).

Plantas medicinais que adquirem valor econômico tendem a serem predadas até o risco de extinção. Ameaçada de extinção no Brasil, em razão da coleta indiscriminada (REIS et al., 2004), a ipeca *Cephaelis ipecacuanha* A. Richard., possui em suas raízes o alcaloide emetina, utilizado no combate à desintéria amebiana, além de possuir propriedades adstringente, espectorante e anti-inflamatória (KAPLAN e GOTTLIEB, 1990).

Em decorrência de sua exploração indiscriminada, destruição das florestas e longo tempo de germinação de suas sementes, a ipeca se encontra em via de extinção. A maior parte da produção é exportada, e o Brasil está entre os principais exportadores. A ipeca é considerada valiosa, porque possui maiores teores de emetina (ASSIS, 1993). Todavia há relatos do cuidado que se deve ter com o uso desta espécie que pode causar irritação gastro-intestinal (VEIGA-JÚNIOR et al., 2005).

De igual modo, a espécie *Teucrium chamaedrys* L. Lamiaceae, ornamental nativa do mediterrâneo na Europa e Norte da África, tem sido historicamente usada como planta medicinal a mais de 2.000 anos no tratamento de artrite inflamatória, antitumoral e antimicrobiana (BAGCI et al., 2010).

Entretanto, um dos efeitos tóxicos relatados recentemente foi ocasionado pelo uso de cápsulas de têucrio, que causou a epidemia de hepatite na França. A origem do efeito tóxico foi atribuída a diterpenos do tipo *neo-clerodano*, transformados pelo citocromo P450 em metabólito hepatotóxico, que apresentaram a subunidade epóxico. Anteriormente, o uso do têucrio era tido como seguro até a comercialização do vegetal em cápsulas associado à camomila - *Matricaria recutita* Asteraceae, prescrito para dietas de emagrecimento, que desencadeou os casos de hepatite tóxica e crônica além de

cirrose (LEKEHAL et al., 1996).

Na medicina popular no Brasil, o Confrei - *Symphitum officinale* Boraginaceae, é conhecido por ser usado para tratar doenças musculoesqueléticas, devido às suas propriedades anti-inflamatórias, analgésica e antiexudativa. Assim, às suas folhas são usadas em chás, sucos e saladas no caso de doenças gastrointestinais, disenterias, inflamações, reumatismo, hemorroidas, tosse, bronquite, irregularidades menstruais, entre outros. Já as raízes têm propriedade hemostática, podendo ser usada em ferimentos abertos, equimoses e fraturas de ossos (SMITH e JACOBSON, 2011).

Foi descoberto que o Confrei tem propriedades cicatrizantes por causa da alantoina, que estimula o crescimento de tecidos novos e saudáveis, atuando como regeneradora (PINTO et al., 2005). Por outro lado, existem estudos que mostram vários efeitos adversos do Confrei. Foi observado que, após ingestão por via oral da planta, podem ocorrer diversos sintomas, como anorexia, letargia, dor abdominal, destruição dos hepatócitos, trombose e carcinogênese (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2006). Existem evidências de que a planta pode causar riscos a mulheres grávidas por estimular a motilidade uterina, provocando aborto (PINTO et al., 2005).

Foi verificado que o Confrei possui os chamados alcalóides pirrolizidínicos, e que são hepatotóxicos, carcinogênicos e mutagênicos (PINTO et al., 2005). Por causa destes compostos existem diversos casos de morte ocasionados por cirrose, como consequências de grave doença hepática veno-oclusiva, além de hamangionarcoma com metástase pulmonar, o que levou a OMS - Organização Mundial da Saúde, a condenar o uso dessa planta por via oral (SMITH e JACOBSON, 2011).

O Brasil é um viveiro inesgotável de plantas medicinais e de grande aceitação pela população. As copaíbas são árvores nativas da região tropical da América Latina e também da África Ocidental. São encontradas na Região Amazônica e Centro-oeste do Brasil. O gênero *Copaifera* L. pertence à família Fabaceae (*Leguminosae*) subfamília *Caesalpinioideae* Kunth. (LEWIS e ELVIN-LEWIS, 1977).

No Brasil, a espécie *Copaifera langsdorffii* é particularmente importante por estar distribuída em quase todo o território e por possuir quatro diferentes variedades *C. langsdorffii* var. *grandifolia*, *grandiflora* (FREITAS e OLIVEIRA, 2002).

O óleo de copaíba é considerado o antibiótico das matas. Tem propriedade

expectorante, desinfetante e estimulante. Entretanto, muitas destas não possuem eficácia e comprovação científica. Vários estudos estão sendo realizados para avaliar as propriedades anti-inflamatória, analgésica e cicatrizante, relatados empiricamente, com o uso do óleo de copaíba, que é conhecido popularmente e pode ser encontrado à venda em quase todas as feiras livres, mercados populares, ervários e farmácia de produtos naturais de todo o país (MACIEL et al., 2002). A empresa Technico-Flor S/A registrou patente mundial sobre cosmético ou alimentos que utilizam a planta. Assim, devemos valorizar, estudar, validar e utilizar terapeuticamente nossas espécies, antes que outros o façam, como já vem ocorrendo através das leis de patentes e da biopirataria.

A Cáscara-sagrada - *Rhamnus purshiana* DC, família Rhamnaceae, é uma planta original das montanhas rochosas dos Estados Unidos. Conhecida dos índios, que já a utilizavam como purgativa e tônica, antes da descoberta das Américas. Muito conhecida por sua função depuratória, é utilizada como laxante, sendo famoso seu uso no combate à constipação intestinal, não apenas pela população europeia, mas também em outras regiões do mundo. Sua ação se deve à presença derivados antracênicos, especialmente cascarosídeos. A ação laxativa desses compostos é bem conhecida. A Cáscara-sagrada tem sido amplamente usada em formulações farmacêuticas convencionais, como laxante ou como coadjuvante na perda de peso. Estima-se que a prescrição de laxantes por médicos brasileiros é de, aproximadamente 85% dos pacientes que buscaram consulta médica queixando-se de constipação (LÔBO, 2012). A espécie Cáscara-sagrada é também utilizada no tratamento do emagrecimento, já que possui propriedades que diminuem a absorção de gordura, além potencializarem a sua digestão, podendo também ser utilizada no controle do colesterol, fluxo menstrual desregulado, tratamento de hemorroidas, problemas de fígado e dispepsia.

A constipação intestinal é sintoma muito comum (OLIVEIRA et al., 2005). Sua elevada incidência está frequentemente associada à dieta inadequada, os quais incluem alimentos industrializados, altamente refinados e pobres em fibras vegetais, sedentarismo, terapias medicamentosas, alterações endócrinas e metabólicas, além de doenças crônicas, neurológicas, distúrbios psiquiátricos e causas idiopáticas (CRUZ; SUDBRACK; WILSON, 1990). Acomete indivíduos em qualquer momento da vida, do recém-nascido ao idoso (SANT'ANNA e CALÇADO, 1999). Estudos realizados no Brasil mostraram elevada prevalência de constipação em lactentes, pré-escolares e escolares, com valores variando

entre 17,5% e 36,5% (SANT'ANNA e CALÇADO, 1999). O uso da Cáscara-sagrada, entre outros efeitos, pode favorecer melhora no estado de saúde, por estar associado com o aumento da frequência dos movimentos intestinais e conseqüentemente, determinando maior fluxo da massa fecal, diminuindo assim a constipação intestinal (SANTOS-JÚNIOR, 2003).

Apesar de possuir muitos benefícios, o uso da Cáscara-sagrada pode levar à ocorrência de alguns efeitos colaterais, como: vômitos, aumento da menstruação, e até queda da pulsação, quando utilizada em altas doses ou sem a secagem prévia adequada, devido à presença da ramnotoxina e das antraquinonas reduzidas; cansaço, cólica abdominal, diminuição de potássio no sangue, diarreia, falta de apetite, má absorção de nutrientes, náuseas, perda da regularidade para defecar, suor excessivo, tontura e vômitos (DARROZ et al., 2014).

Atualmente, a fitoterapia está sendo muito utilizada, sendo que alguns fatores têm contribuído nesse uso, tais como: a crise econômica, o alto custo dos medicamentos em geral, o difícil acesso da população à assistência médica e farmacêutica, bem como a tendência generalizada dos consumidores em utilizarem, frequentemente, produtos de origem natural, atitude esta derivada do modismo, decorrente especialmente do aumento da consciência ecológica (ALEXANDRE, 2004). Este uso crescente vem sendo estimulado de uma maneira geralmente pouco criteriosa, pela internet e demais meios de comunicação, divulgando propriedades milagrosas de determinadas plantas medicinais e informando que as mesmas são isentas de efeitos indesejáveis e desprovidas de qualquer toxicidade ou contraindicações. No entanto, o conhecimento empírico, acumulado no passado, e o conhecimento científico desenvolvido negam estas afirmações. O princípio de que o benefício advindo da utilização de um produto com finalidade medicamentosa deve superar seu risco potencial também pode e deve ser aplicado aos produtos da medicina tradicional/popular (SIMÕES et al., 1986).

Exemplo disso é a Pariparoba, planta brasileira que chega a medir 1,50 m de altura, é originária da mata Atlântica, que produz substância, capaz de proteger a pele dos raios solares ultravioleta do tipo UVB, é muito conhecida da medicina popular. Plantas da família Piperaceae, as pariparobas (*Pothomorphe umbellata* L. Miq. e *Piper regnelli*) são amplamente utilizadas na medicina popular na América Latina e na Índia Ocidental. Na agricultura e na medicina, as plantas da família Piperaceae (gêneros *Piper* e *Photomorphe*) constituem-se como ampla

fonte de fitoquímicos com extensas atividades biológicas, justificando, assim, o grande potencial nessas áreas (SCOTT et al., 2005). Investigações fitoquímicas revelaram o acúmulo de várias classes de produtos naturais com atividade fisiológica como, alcalóides, pironas, lignanas, fenilpropanóides, di-hidro calchonas (ZENG, WU e McLAUGHLIN, 1995), terpenóides, fenóis, ésteres fenólicos, éteres, ácidos, além de terpenos, esteróides, flavonas e flavononas (BENEVIDES, SARTORELLI e KATO, 1999). Muitos deles são antioxidantes naturais que protegem as células vivas da peroxidação, evitando a formação de radicais livres e espécies reativas ao oxigênio (BENEVIDES, SARTORELLI e KATO, 1999). Com o nome de pariparoba e de capeba é conhecido no Brasil uma série de plantas pertencentes ao gênero *Piper* e *Photomorphe*. Está distribuída, em sua grande maioria, em regiões tropicais e subtropicais. Muitas funções biológicas, inclusive proteção contra mutação genética, carcinogênese e outras são atribuídas aos efeitos antioxidantes (PIETTA, 2000)

Na medicina as propriedades da pariparoba são: estimulantes, desobstruem o fígado, auxiliam os processos digestivos, fluidificam a bile, é diurética, excelente no auxílio da bronquite crônica e ativa na expectoração do muco purulento. Porém com a utilização inadequada desta planta pode acarretar consequências desagradáveis. Em doses acima da indicada pode causar náuseas, vômitos, cólicas, diarreia, pequena elevação de temperatura, tremores, aumento de diurese, cefaleia (ÁVILA, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte dos consumidores de plantas medicinais, sentem-se encorajados em consumi-las por acreditarem que estes remédios, por serem naturais, são inerentemente seguros. A influência da imprensa na difusão de informações errôneas sobre os efeitos das plantas medicinais é muito grande e, além disso, sem qualquer controle na maioria dos países. No Brasil é comum ouvir em propagandas a expressão: “não faz mal à saúde porque é 100% natural”. No Reino Unido e na Alemanha, onde estudos sobre a mídia têm sido realizados (ERNST e WEIHMAYR, 2000), comprova-se o aumento do uso de ervas medicinais pelo forte apelo de que não há contraindicações por se tratar de produtos naturais (VEIGA JUNIOR et al., 2005).

Agravando a situação, aproximadamente metade dos consumidores que

utilizam plantas medicinais não avisam ao seu médico (EISENBERG, 1998). O nível de desconhecimento do médico só aumenta os riscos do paciente, uma vez que o médico pode errar seu diagnóstico em função das muitas interações possíveis entre as plantas e os medicamentos da medicina convencional. O agravamento se propaga pela disseminação dos fitofármacos da Medicina Tradicional Chinesa (ERNST e WEIHMAYR, 2000), desconhecidos dos ocidentais e que, assim como os medicamentos Aiurvédicos, utilizam metais e misturas de vários extratos em suas formulações (VEIGA JUNIOR et al., 2005). Cabe aos pesquisadores e à mídia, científica ou não, divulgarem os riscos a que estão expostos os consumidores que se automedicam com plantas medicinais ou fitoterápicos, sem o conhecimento necessário à sua utilização. Generalizando-se o uso seguro dos medicamentos vegetais, deve-se evitar longas terapias, já que o uso de medicação natural não significa ausência de efeitos colaterais ou tóxicos; evitar o uso associado de plantas medicinais com medicação alopata; atenção deve ser dada aos produtos naturais de origem chinesa e indú, já que há possibilidade da presença de metais; deve-se adquirir o vegetal de fontes seguras; indivíduos mais vulneráveis (crianças, mulheres grávidas ou em lactação) devem evitar o consumo de plantas medicinais e, finalmente, seguindo estes passos, se houver efeitos adversos, deve-se interromper o uso do medicamento e buscar ajuda médica (VEIGA JUNIOR et al., 2005).

Estudos multidisciplinares envolvendo etnobotânicos, químicos, farmacólogos e agrônomos (neste caso, no controle do cultivo de ervas medicinais) são necessários para que sejam ampliados os conhecimentos das plantas medicinais, como agem, quais são os seus efeitos tóxicos e colaterais, como seriam suas interações com novos medicamentos alopatas e quais as estratégias mais adequadas no controle de qualidade e produção de fitoterápicos, atendendo às novas normas das agências reguladoras, como as resoluções da ANVISA (VEIGA JUNIOR et al., 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, R. F. Fitoterapia baseada em evidências: exemplos dos medicamentos fitoterápicos mais vendidos em Santa Catarina, 2004, 408 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Programa de Pós-Graduação em Farmácia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ÁVILA, L. C. Índice terapêutico fitoterápico – ITF. 2 ed. Petrópolis: EPUB, 2013, 662 p.

AZEVEDO, E. Riscos e controvérsias na construção social do conceito alimento saudável: o caso soja. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 4, p. 781-788, 2011.

BADKE, M. R.; SOMAVILLA, C. A.; HEISLER, E. V.; ANDRADE, A. de.; BUDÓ, M. de L. D.; GARLET, T. M. B. Saber popular: Uso de plantas medicinais como forma terapêutica no cuidado à saúde. **Revista de Enfermagem da UFSM**, v. 6, n. 2, p. 225- 234, 2016.

BAGCI, E.; YAZGIN, A.; HAYTA, S.; CAKILCIOGLU, V. Composition of the essential oil of *Teucrium chamaedry* L (Lamiaceae) from turkey. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 23, p. 2587-2589, 2010.

BENEVIDES, P. J.; SARTORELLI, P.; KATO, M. J. Phenylpropanoids and neolignans from *Piper regnelli*. **Phytochemistry**, v. 52, p. 339 - 343, 1999.

BRAVO, M. I. S. **A Saúde no Brasil na década 90 - Projetos em disputa**. Revista Superando Desafios: Cadernos do Serviço Social do Hospital Universitário Pedro Ernesto. Ano III, n. 4, Rio de Janeiro: UERJ/RJ, p. 29-31, 1999.

CRUZ, J. V.; SUDBRACK, C.; WILSON, T. J. Tratamento cirúrgico da retocele como causa de constipação. **Revista Brasileira de Coloproctologia**, v. 10, n. 1, p. 5-7, 1990.

DARROZ, J. V.; FUSO, L. C.; BORGES, N. M.; GOMES, A. J. P. S. Utilização de fitoterápicos no tratamento de constipação intestinal. **Arq. Cienc. Saúde UNIPAR**, Umuarama, v. 18, n. 2, p. 113-119, maio/ago. 2014.

D'AMO, C.R.; SABIN, A. Soy foods and supplementation: a review of commonly perceived health benefit and risks. **Alternative Therapies in Health and Medicine**, v. 20, n. 1, p. 39-51, 2014.

DUNCAN, A. M.; [UNDERHILL, K. E.](#); [XU, X.](#); [LAVALLEUR, J.](#); [PHIPPS, W. R.](#); [KURZER, M. S.](#) Modest hormonal effects of soy isoflavones in postmenopausal women. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 84, p. 3479-2489, 1999.

EISENBERG, D.; J. Am. Med. **Assoc.** 1998, 280, 1569.

ERNST, E.; WEIHMAYR, T.; Br. Med. J. 2000,321, 707.

FREITAS, C. V.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Copaifera*

langsdorffii Desf. (*Leguminosae, Caesalpinioideae*). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 311-321, 2002.

GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Determinação de isoflavonas em derivados de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, p. 86-93, 2001.

HASENCLEVER, L.; PARANHOS, J; COSTA, C.R.; CUNHA, G.; VIEIRA, D. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p. 2559-2569, 2017.

KAPLAN, M. A. C.; GOTTLIEB, O. R. Busca racional de princípios ativos em plantas. **Interciência**, v. 15, n. 1, p. 26-29, 1990.

KIM, Y.; GIRAUD, D. W.; DRISKELL, J. A. Tocopherol and carotenoid contents of selected korean fruits and vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 6, p. 458-465, 2008.

LEKEHAL, M.; PESSAYRE, D.; LEREAU, J. M.; MOULIS. C.; FOURAST. F.; FAU, D. Hepatotoxicity of the herbal medicine germander. Metabolic activation of its furano diterpenoids by cytochrome P450 3A depletes cytoskeleton-associated protein thiols and forms plasma membrane blebs in rat hepatocytes. **Hepatology**, v. 24, p. 212-218, 1996.

LEWIS, W. H.; ELVIN-LEWIS, M. P. F. Medical Botany. New York: John Wiley and Sons, 1977, 293 p.

LÔBO, C. R. Cáscara Sagrada (*Rhamnus purshiana*): Uma Revisão de Literatura. **Revista Sena Aires**, v. 2, p. 171-178, 2012.

MACEDO-COSTA, M. R.; SETTE-DE-SOUZA, P. H.; CARNEIRO, S. E. R.; RIBEIRO, A. K. C.; MEDEIROS, K. F.; SILVA, J. F.; FERNANDES-PEDROSA, M. F.; LIMA, K. C. Pytochemical screenin, toxicity and antimicrobial action of *Solanum paniculatum* Linn extract against dental biofilm bacteria. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 47, p. 1676-1680. 2017.

MIRANDA, M. A.; TIOSSA, R. F. J.; SILVA, M; R.; RODRIGUES, K. C.; KUEHNA, C. C.; OLIVEIRA, L. G. R. In vitro leishmanicidal and cytotoxic activities of the glycoalkaloids from *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) fruits. **Chemistry & Biodiversity**, v. 10, n. 4, p. 642-646, 2013.

NEVES, L. C. Frutos - o remédio do futuro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. i, 2012.

- PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, p. 1035-1042, 2000.
- PINTO, A. C.; VEIGA JÚNIOR, V. F.; MACIEL, M. A. M. Plantas Medicinais: cura segura? **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 517-528. 2005.
- REIS, E. S.; PINTO, J. E. B. P.; CORREIA, R. M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; LAMEIRA, O. A. Tamanhos e posições de explantes e volumes de meio de cultivo na multiplicação de ipeca (*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stakes) *in vitro*. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 703-709, 2004.
- SANT'ANNA, A. M. G. A. e CALÇADO, A. C. Constipation in school-aged children at public schools in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 29, p. 190-193, 1999.
- SANTOS-JÚNIOR, J. C. M. Laxantes e Purgativos – O Paciente e as Constipações Intestinais. **Revista Brasileira de Coloproctologia**, v. 23, n. 2, p. 130-134, 2003.
- SANTOS, S. P. A. Jurubeba: importância e sua utilidade. *Tecnologias Sociais*, Recife-PE, v. 1, ed. 1, 2013.
- SCOTT, I. M.; PUNIANI, E.; JENSEN, H.; LIVESEY, J. F.; POVEDA, L.; SANCHEZ-VINDAS, P.; DURST, T.; ARNASON, J. T. Analysis of Piperaceae germplasm by HPLC and LCMS: a method for isolating and identifying unsaturated amides from Piper spp extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1907-1913, 2005.
- SIMÕES, C. M. O.; MENTZ, L. A.; SCHENKEL, E. P.; IRGANG, B. R.; STEHMANN, J. R. **Plantas da medicina popular no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1986, 174 p.
- SMITH, D. B. e JACOBSON, B. H. Effect of a blend of comfrey root extract (*Symphytum officinale* L.) and tannic acid cream in the treatment of osteoarthritis of the knee: randomized placebo-controlled, double-blind, multiclinical trials. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 10, p. 147-156, 2011.
- VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Medicinal plants: Safe cure? **Química Nova**, v. 28, p. 519-528, 2005.
- ZENG, L.; WU, F.-E.; MCLAUGHLIN, J. L. Annohexocin, a novel mono-THF acetogenin with six hydroxyls, from *Annona muricata* (Annonaceae). *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, v. 5, n. 16, p. 1865-1868, 1995.
-

TENDÊNCIAS NO USO DAS MICRO-ONDAS: UMA REVISÃO CRÍTICA SOBRE A SECAGEM DE FRUTAS E VEGETAIS

Tassiane dos Santos Ferrão³⁶,

Ícaro Pereira Silva³⁷,

Jossiê Zamperetti Donadel³⁸,

Roger Wagner³⁹

RESUMO

A secagem de frutas e vegetais é importante para aumentar a comercialização e vida útil desses produtos, evitando perdas pós-colheita e incrementando o setor agroindustrial. O uso de técnicas assistidas por micro-ondas mostram ser uma opção promissora para a secagem de alimentos vegetais, reduzindo o tempo e consumo de energia no processo e conservando a qualidade sensorial e tecnológica do produto seco. Dessa forma, este trabalho pretende apresentar uma revisão crítica e atual acerca de técnicas de secagem de frutas e vegetais assistidas por micro-ondas, ressaltando as vantagens e desvantagens sensoriais e tecnológicas do produto seco.

Palavras-chave: Tempo de secagem, Gasto energético, Qualidade sensorial, Secagem intermitente.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil destaca-se no cenário mundial por ser um grande produtor de frutas e vegetais, incluindo as frutas nativas que despertam grande interesse dos consumidores internacionais (IBRAF, 2017). Sua participação no mercado internacional de processamento de frutas e vegetais ainda é muito pequena, porém possui uma grande capacidade de crescimento devido a sua diversidade natural (IBRAF, 2008).

Esse grande potencial brasileiro deve-se principalmente às condições climáticas do país como calor, umidade e incidência solar, porém estas mesmas

condições dificultam a conservação destes alimentos “*in natura*”, ocasionando perdas no período pós-colheita. Em nível internacional, um terço da produção mundial de alimentos é desperdiçado por falta de um processamento adequado (KUMAR et al., 2014). Neste sentido, o processamento torna-se uma alternativa para aumentar a conservação das frutas e vegetais, visando minimizar as perdas e agregar valor, como a elaboração de produtos processados (polpa, néctar, suco, sorvete, entre outros) ou processos de conservação, como o congelamento e a secagem (DAL MAGRO et al., 2006; SIMUNEK et al., 2013; KUMAR et al., 2014; CRUXEN et al., 2017; HOFFMAN et al., 2017).

Dentre esses processamentos apontados, o processo de secagem tem um espaço expressivo e crescente na indústria alimentícia (JIANG et al., 2010; SHISHIR e CHEN, 2017). Várias técnicas podem ser utilizadas no processo de secagem, no entanto, a escolha da técnica e método de secagem precisa ser estudada cuidadosamente, pois deve garantir a preservação da qualidade e das condições sensoriais do produto. O uso de métodos térmicos convencionais resulta em baixas taxas de secagem, alto gasto de energia, tempo e uso de temperaturas elevadas (VADIVAMBAL e JAYAS, 2007; KUMAR et al., 2014). O emprego de altas temperatura normalmente acarreta alterações nas características sensoriais dos alimentos como cor, textura e aroma/sabor (ZHANG et al., 2010; KUMAR et al., 2014). Diante disso, técnicas assistidas por micro-ondas mostram ser uma opção promissora para realizar a secagem de frutas e vegetais reduzindo tempo e consumo de energia no processo e conservando a qualidade sensorial e tecnológica do produto seco (ZHANG et al., 2006; ORSAT et al., 2007; VADIVAMBAL e JAYAS, 2007; ZHANG et al., 2010; ARIKAN et al., 2012).

Nesse contexto, para aumentar a comercialização de frutas e vegetais, evitar perdas pós-colheita e fomentar o setor agroindustrial, necessita-se maiores estudos de novas técnicas de secagem a fim de aumentar a vida útil desses frutos garantindo qualidade tecnológica, nutricional e sensorial aos produtos resultantes. Dessa forma, este trabalho pretende apresentar uma revisão crítica acerca dos métodos de secagem de frutas e vegetais assistidos por micro-ondas, ressaltando as vantagens sensoriais e tecnológicas do produto seco.

MÉTODOS DE SECAGEM DE FRUTAS E VEGETAIS

Existem várias técnicas utilizadas para a secagem de frutas e vegetais, tais como: desidratação osmótica, solar, por ar quente, por estufa a vácuo, *spray drying*, liofilização, leito fluidizado, micro-ondas, dentre outros (RATTI, 2001; MARQUES et al., 2006; ORSAT et al., 2007; PEREIRA et al., 2007; VADIVAMBAL e JAYAS, 2007; ZHANG et al., 2010).

A desidratação osmótica consiste na remoção parcial de água livre das matérias-primas através da sua imersão em soluções hipertônicas de sacarose ou outros açúcares por tempo e temperatura pré-estabelecidos. Esse processo pode ocasionar alterações nutricionais e sensoriais, pois pode aumentar o valor calórico e o conteúdo de sólidos solúveis totais da fruta (PEREIRA, 2006).

As técnicas mais simples de secagem são a solar e a por ar quente realizada em estufa convectiva. A secagem solar é a técnica mais antiga, porém requer um elevado tempo de exposição à luz solar, acarretando aumento da contaminação microbiana (NGASOH et al., 2018). Já a secagem por ar quente, apesar de ser eficiente, requer longo tempo de secagem, alto consumo de energia e temperatura elevada, o que normalmente ocasiona deterioração térmica com perdas nas características sensoriais de cor, sabor/aroma e textura dos produtos, além da degradação de nutrientes e compostos bioativos (VADIVAMBAL e JAYAS, 2007; ZHANG et al., 2010; ARIKAN et al., 2012). Por outro lado, a liofilização minimiza essas reações de degradação e gera produtos secos de fácil reidratação e com qualidade sensorial, entretanto, demanda longo tempo e gasto de energia elevado no processo de sublimação da água (RATTI, 2001; ZHANG et al., 2010). Geralmente, métodos que utilizam vácuo, como a liofilização e estufa à vácuo, possuem um elevado gasto energético, gerando um aumento no custo do processo (ZHANG et al., 2010; MOTEVALI et al., 2014).

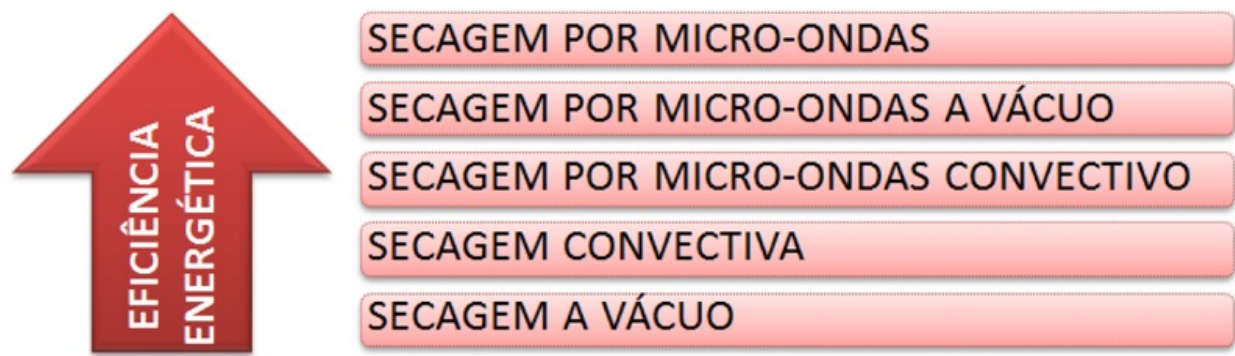
Técnicas que envolvem *spray drying* e leito fluidizado apresentam alto custo, reduzem os compostos bioativos e, normalmente, possuem restrições quanto à natureza da amostra. Amostras que apresentam alto teor de sólidos solúveis totais, como polpa de fruta, tendem a formar aglomerados durante a secagem, originando pós com estruturas compactas e com baixo poder de reidratação (ZHANG et al., 2010; SHISHIR e CHEN, 2017).

No entanto, métodos modernos de secagem que empregam a tecnologia de micro-ondas têm mostrado bons resultados para a garantia de um produto seco de qualidade, que requer menor tempo e energia para o processo (ZHANG et al., 2010; FERRÃO et al., 2017).

A secagem de alimentos é um dos métodos que mais gastam energia na

indústria alimentícia, sendo responsável por grande parte dos custos do processo. Dessa forma, a procura por métodos com maior eficiência energética é de suma importância para indústria de alimentos (KUMAR et al., 2014; MOTEVALI et al., 2014). Atualmente, o que se busca em novas tecnologias de secagem é a união de qualidade sensorial com menor gasto energético. No entanto, métodos que provocam menores alterações sensoriais do produto, muitas vezes, requerem um maior gasto energético. A Figura 1 representa, de forma esquemática, a eficiência energética de vários métodos de secagem, onde se pode observar que métodos a vácuo, apesar de melhorarem as características sensoriais do produto seco (ZHANG et al., 2006), apresentam menor eficiência energética que o método com uso apenas de radiação micro-ondas (MOTEVALI et al., 2014). O esquema demonstra a superioridade quanto a eficiência energética de técnicas que usam micro-ondas e/ou associação de micro-ondas quando comparado com as demais técnicas de secagem.

Figura 1 - Esquema da eficiência energética de diferentes técnicas de secagem.

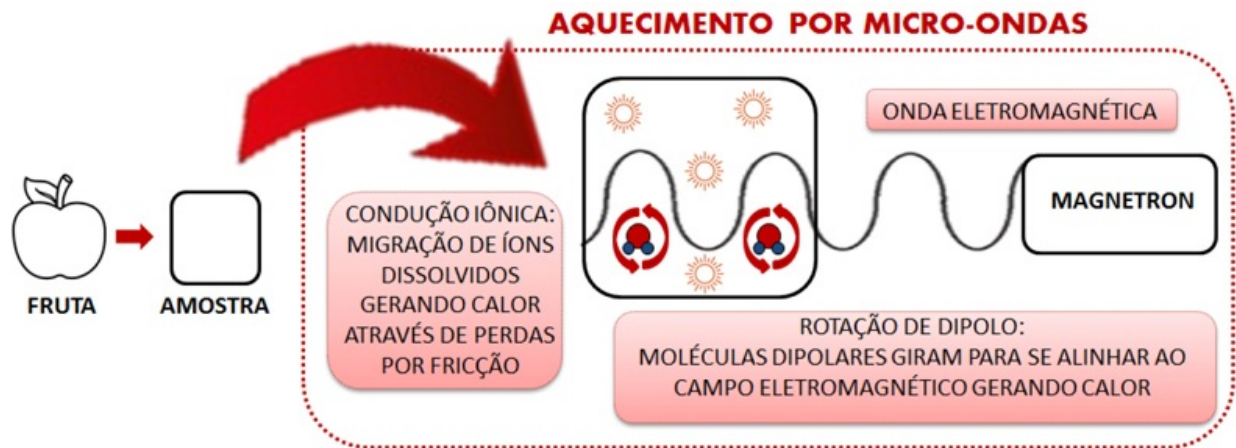


Fonte: Adaptado de Motevali et al., 2014.

Secagem por micro-ondas

As micro-ondas são radiações eletromagnéticas com comprimento de onda de 1 mm a 1 m e frequência entre 300 e 300.000 MHz (SANSEVERINO, 2002). Conforme a Figura 2, o aquecimento do alimento pelas micro-ondas ocorre devido à interação da onda eletromagnética com o dipolo elétrico de uma molécula polar, como água, gordura e açúcares presentes nos alimentos (BARBOZA et al., 2001; VADIVAMBAL e JAYAS, 2007).

Figura 2 – Esquema do aquecimento por micro-ondas.



Fonte: Autor

A transformação da energia eletromagnética em calor ocorre por dois mecanismos principais: a rotação de dipolos e a condução iônica. A rotação de dipolo ocorre quando as moléculas que possuem momento dipolar elétrico se alinham com o campo eletromagnético. Quando o campo é removido, as moléculas voltam ao seu estado desordenado, dissipando energia na forma de calor. A condução iônica ocorre quando a ação de um campo eletromagnético provoca migração de íons dissolvidos, gerando calor através de perdas por fricção (BARBOZA et al., 2001; SANSEVERINO, 2002; VADIVAMBAL e JAYAS, 2007).

Diversos trabalhos relatam as vantagens do uso de métodos assistidos por micro-ondas na secagem de alimentos (Quadro 1), dentre as quais se destacam: aumento da velocidade do processo, eficiência de conversão de energia, melhor e mais rápido controle de processo, menor espaço utilizado, aquecimento seletivo, melhoria na qualidade microbiológica, tecnológica e sensorial do produto seco; além de poder gerar efeitos químicos e físicos desejáveis (ZHANG et al., 2006; 2010; ARIKAN et al., 2012; FERRÃO et al., 2017). No entanto, o uso de micro-ondas para a secagem também apresenta algumas desvantagens em relação aos métodos convencionais, como o aquecimento heterogêneo (FERRÃO et al., 2017) e a redução da mastigabilidade (ZIELINSKA et al., 2015).

Dentre as vantagens do uso de micro-ondas em alimentos destaca-se a redução e/ou mortalidade total de insetos, larvas e micro-organismos, diminuindo a contaminação e, assim, aumentando a segurança alimentar. Manickavasagan et al. (2013) demonstraram a mortalidade de 100% de insetos adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.), e

larvas de *T. castaneum* em tâmaras após tratamento de secagem por micro-ondas. O controle microbiano é relatado nos resultados de Sung e Kang (2014), quando foi possível observar a redução significativa de *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* e *Listeria monocytogenes* em salsa tratada por micro-ondas.

As alterações nas características sensoriais de frutas ocasionadas pela secagem podem ser reduzidas com o uso de micro-ondas. Dentre estas características, a cor tem sido reportada como o principal aspecto sensorial em frutas, sendo decisivo na aceitação do consumidor. Os valores dos parâmetros de cor (Luminosidade, a^* , b^* e Cromo) variam de um alimento para outro, no entanto, durante a secagem, ocorrem alterações da cor do vegetal por escurecimento enzimático e não-enzimático, principalmente, devido a degradação de pigmentos e formação de novos pigmentos por reações químicas como redução de açúcares e aminoácidos (VADIVAMBAL e JAYAS, 2007). Em sua maioria, os trabalhos reportam uma melhor qualidade no aspecto de cor de frutas e vegetais secos por processos com uso de micro-ondas, provavelmente pelo tempo menor de exposição do alimento à degradação térmica durante a secagem por micro-ondas (VADIVAMBAL e JAYAS, 2007; CONTRERAS et al., 2008; ARSLAN e ÖZCAN, 2011; CHONG et al., 2013). Porém, há estudos que mostram uma maior perda de pigmentos, como antocianinas (CONTRERAS et al., 2008) e β -caroteno (ARIKAN et al., 2012), em métodos assistidos por micro-ondas quando comparados com métodos térmicos convencionais.

Li et al. (2011) constataram que a secagem por micro-ondas com rampa de temperatura em três fases (30, 40 e 50°C) melhorou a qualidade de maçãs secas em termos de cor, sabor e aparência geral em comparação com métodos de secagem com temperatura única. Os autores chegaram a esta conclusão após verificarem que a temperatura alta acelerava o tempo de secagem, mas reduzia muito a qualidade sensorial do produto, enquanto temperaturas baixas originavam produtos com melhor qualidade sensorial, mas aumentava muito o tempo de secagem.

Arikan et al. (2012) relataram uma redução no gasto de energia e no tempo de secagem de cenouras raladas com o uso de secagem convectiva associada ao micro-ondas em comparação com a secagem convectiva em forno convencional (70°C). Além disto, as cenouras secas por micro-ondas convectivo apresentaram melhor aspecto físico e sensorial.

Cuccurullo et al. (2012) realizaram a secagem de pedaços de maçãs por ar quente e em forno de micro-ondas com controle de temperatura com

infravermelho em três temperaturas (55, 65 e 75°C). A cinética de secagem demonstrou que o método por micro-ondas apresentou taxa de secagem significativamente maior. Os autores realizaram um acompanhamento da temperatura de secagem através do acoplamento de uma câmara termográfica de infravermelho ao forno de micro-ondas. Os resultados demonstraram que a variação de temperatura dentro do forno de micro-ondas aumenta com o aumento da temperatura, sendo maior na temperatura de 75°C. As imagens termográficas demonstraram ainda que, durante a secagem por micro-ondas, o aquecimento dos pedaços de maçãs é maior no centro, enquanto as extremidades apresentam-se mais frias. Além disso, também foi possível visualizar que a distribuição de temperatura não é homogênea dentro do forno de micro-ondas.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens do uso de micro-ondas na secagem de vegetais em diferentes estudos.

Referência	Amostra	Método*	Vantagem MO	Desvantagem MO
Zielinska et al. (2015)	Mirtilo	SC; SMV; SC+SMV	Reduziu o tempo de secagem; Reduziu a dureza; Reduziu o encolhimento; Reduziu a densidade; Aumentou a porosidade.	Aumentou o gasto de energia; (SMV>SC+SMV>SC) Reduziu a mastigabilidade.
Chong et al. (2013)	Maçã; Pera; Mamão; Manga	SBC; SAQ-AF; SC+SMV	Reduziu o tempo de secagem; Melhorou a cor; Aumentou a atividade antioxidante; Aumentou os fenólicos.	--
Huang et al. (2012)	Maçã	SL; SMV+SL; SL+SMV	Aumentou a crocância; Reduziu a dureza (SL+SMV).	Reduziu os fenólicos (SMV+SL); Aumentou a dureza (SMV+SL); Reduziu a retenção de aroma: (SL>SL+SMV>SMV+SL).

Arikan et al. (2012)	Cenoura	SC; SMC	Reduziu o gasto energético; Reduziu o tempo de secagem; Melhorou os aspectos físicos; Melhorou a qualidade sensorial.	Reduziu o beta-caroteno.
Ding et al. (2012)	Gengibre	SC; SM; SV; SL	Aumentou a retenção de compostos voláteis; Reduziu o tempo de secagem; Reduziu o gasto de energia.	--
Li et al. (2011)	Maçã	SM com rampa de temperatura	Melhorou a cor; Melhorou o sabor e a aparência geral.	--
Arslan e Özcan (2011)	Pimentão	SS; SC (50 e 70°C); SM (210 e 700 W)	Reduziu o tempo de secagem: (SS>SC-50°C> SC-70°C>SM-210W>SM-700W); Melhorou a cor.	--
Contreras et al. (2008)	Morango; Maçã	SC e SMC	Reduziu o tempo de secagem; Melhorou a cor.	Reduziu as antocianinas; Aumentou a firmeza e rigidez.

Métodos de secagem SS = solar; SC = convectiva; SV = a vácuo; SM = micro-ondas; SMC= micro-ondas – convectiva; SMV = micro-ondas a vácuo; SL = liofilização; SAQ-AF = ar quente - ar frio; DOVP = desidratação osmótica com vácuo pulsante; ISV = impregnação solução hipertônica a vácuo.

Técnicas de secagem associadas às micro-ondas

Como demonstrado nos trabalhos relatados anteriormente e no Quadro 1, a secagem única com micro-ondas é uma técnica eficiente para a secagem de frutas e hortaliças, apresentando vantagens em relação à secagem convectiva normal. No entanto, métodos de secagem intermitentes com uso das micro-ondas têm despertado bastante interesse no meio científico, visando melhorar ainda mais as vantagens já mencionadas ao uso único das micro-ondas. Segundo Kumar et al. (2014), um método de secagem intermitente consiste em qualquer alteração nas condições de secagem durante o processo, seja por diferentes métodos, potência, temperatura, entre outros. O uso desse tipo de secagem proporciona redução do gasto de energia, diminuição do tempo de secagem e melhor qualidade sensorial do produto seco.

Atualmente, há um grande número de trabalhos que relatam diferentes tipos de técnicas de secagem associadas às micro-ondas, dentre os quais se pode citar: técnicas com convecção, a vácuo, liofilização, usando leite fluidizado e técnicas com aquecimento hêmico (ZHANG et al., 2006; 2010; ASCARI et al., 2013; NGUYEN et al., 2013).

A secagem por ar quente em estufa convectiva é uma das técnicas mais populares para a secagem de alimentos, porém, devido ao seu mecanismo de aquecimento, requer maior tempo de secagem. Nesta técnica, o ar quente gerado pelo equipamento aquece a camada externa do alimento que transfere calor para as camadas mais internas por condução (VADIVAMBAL e JAYAS, 2007), conforme a Figura 3. Devido ao maior tempo de exposição ao calor, o uso de apenas ar quente normalmente ocasiona deterioração térmica com perdas nas características sensoriais de cor, sabor/aroma e textura dos produtos secos (VADIVAMBAL e JAYAS, 2007; ZHANG et al., 2010; ARIKAN et al., 2012; KUMAR et al., 2014). Para reduzir a degradação térmica ocasionada nesse tipo de secagem, essa técnica passou a ser associada com vários outros processos de secagem, como as micro-ondas. As técnicas de associação são diversas, como o acoplamento de um secador convectivo a um forno de micro-ondas (CONTRERAS et al., 2008; ARIKAN et al., 2012; MOTEEVALI et al., 2014), e o uso de secagem convectiva antes ou após a secagem por micro-ondas (CHONG et al., 2013; ZIELINSKA et al., 2015). Os estudos relatam que a associação da secagem convectiva com micro-ondas reduz significativamente o tempo de secagem quando comparado com o método convectivo convencional (CONTRERAS et al., 2008; ARIKAN et al., 2012; MOTEEVALI et al., 2014).

Figura 3 – Esquema do aquecimento por ar quente em estufa convectiva.



Fonte: Autor

A associação de vácuo a métodos de secagem de frutas e vegetais está sendo bastante estudada atualmente, como a liofilização e o emprego de vácuo a um forno de micro-ondas para a secagem de amostras *in natura* ou congeladas. O uso dessas técnicas visa à redução do tempo e temperatura de secagem, além da obtenção de produtos secos com melhor qualidade nutricional e sensorial (ZHANG et al., 2006; HUANG et al., 2012; CHONG et al., 2013; ZIELINSKA et al., 2015). Na secagem a vácuo, ocorre redução do ponto de ebulição da água no alimento, criando um gradiente de pressão entre o interior e a superfície do alimento. Além disso, a concentração de vapor de água na superfície do produto também diminui, pois as moléculas de água de alta energia difundem-se rapidamente para a superfície e evaporam na câmara de vácuo. Esses fatores favorecem o aumento da taxa de secagem e o uso de temperaturas mais amenas para o processo (ZHANG et al., 2006; 2010). A redução de temperatura e do contato com oxigênio favorece a manutenção de compostos bioativos e diminui a degradação térmica, ocorrendo melhora nos parâmetros sensoriais de cor, textura e sabor (; ZHANG et al., 2006; 2010; WANG et al., 2010; ARIKAN et al., 2012; CHONG et al., 2013; MOTEVALI, et al., 2014; ZIELINSKA et al., 2015). No entanto, alguns estudos sinalizam o contrário, indicando que, quando associado com etapa de congelamento, o conteúdo de compostos voláteis responsáveis pelo aroma pode reduzir pela aplicação de vácuo ao sistema de secagem (DING et al., 2012). Isso possivelmente ocorre porque a formação de cristais de gelo, na fase de congelamento, e o aumento desses cristais, na fase de sublimação, geram rupturas na microestrutura da parede celular, e a aplicação de baixa pressão pode favorecer a remoção de substâncias mais voláteis (DING et al., 2012; ZIELINSKA et al., 2015). Para confirmar essas possíveis causas, ainda são necessários mais estudos a respeito do comportamento dos compostos voláteis e microestrutura de alimentos quando submetidos a técnicas de secagem que utilizam congelamento e vácuo.

Ding et al. (2012) analisaram a composição volátil de gengibre secos por liofilização, secagem convectiva, secagem a vácuo e por micro-ondas. A secagem somente por micro-ondas apresentou vantagens em relação aos sistemas de secagem convectivos e a vácuo por obter maior retenção de compostos voláteis associado a um menor gasto energético. Contrariamente, Calin-Sanchez et al. (2011) recomendaram o uso de métodos assistidos por

micro-ondas e vácuo na secagem de alecrim para a aumentar a concentração de compostos voláteis e a qualidade sensorial do produto seco.

Zielinska et al. (2015) secaram mirtilos por diferentes métodos de secagem: ar quente (60°C e 80°C); micro-ondas com vácuo; e a combinação de ar quente (60°C e 80°C) e micro-ondas com vácuo. Os autores observaram que, quando as frutas foram secas por circulação de ar quente seguida de micro-ondas com vácuo (SC+SMV), ocorreu diminuição de 80% do tempo de secagem em comparação com a secagem apenas com ar quente, porém o gasto de energia por SC+SMV foi quase cinco vezes maior. No entanto, quando comparados com secagem por circulação de ar (60°C e 80°C), os métodos assistidos por micro-ondas sob vácuo aumentaram a porosidade do produto seco e diminuíram a dureza, mastigabilidade, encolhimento e densidade. Tais características foram mais evidentes no método SC (80°C) + SMV. Assim, apesar de ter diminuído a mastigabilidade, o método usando SC (80°C) + SMV apresentou vantagens na secagem de mirtilos, melhorando a qualidade sensorial e reduzindo o consumo de energia em comparação com a secagem em micro-ondas sob vácuo em estágio único.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de micro-ondas em métodos de secagem de frutas e vegetais demonstra ser eficiente por aumentar a taxa de secagem, reduzindo o gasto energético e o tempo de processo. Além disso, os produtos secos por vários métodos assistidos por micro-ondas apresentam qualidade nutricional e sensorial superior quando comparados com métodos convencionais. Dessa forma, trabalhos de desenvolvimento e avaliação de novos métodos assistidos por micro-ondas tornam-se importantes diante dos resultados promissores relatados até o momento, porém são necessários mais estudos sobre a microscopia e preservação dos compostos voláteis dos produtos secos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIKAN, M. F.; AYHAN, Z.; SOYSAL, Y.; ESTURK, O. Drying Characteristics and Quality Parameters of Microwave-Dried Grated Carrots. **Food Bioprocess Technology**, v. 5, p. 3217–3229, 2012.

ARSLAN, D.; ÖZCAN, M. M. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, p. 504–513, 2011.

ASCARI G. R.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVIET, S. M. Heat and mass transfer in apple cubes in a microwave-assisted fluidized bed drier. **Food and Bioproducts Processing**, v.91, p. 207–215, 2013.

BARBOZA, A. C. R. N. Aquecimento em forno de micro-ondas: desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, v. 24, p. 901-904, 2001.

CALIN-SANCHEZ, A.; SZUMNY, A.; FIGIEL, A.; JAŁOSZYŃKI, K.; ADAMSKI, M.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. Effects of vacuum level and microwave power on rosemary volatile composition during vacuum–microwave drying. **Journal of Food Engineering**, v. 103, p. 219–227, 2011.

CHONG, C. H.; LAW, C. L.; FIGIEL, A.; WOJDYŁO, A.; OZIEMBŁOWSKI, M. Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. **Food Chemistry**, v. 141, p. 3889–3896, 2013.

CONTRERAS, C.; MARTI'N-ESPARZA, M. E.; CHIRALT, A.; MARTI'NEZ-NAVARRETE, N. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 55–64, 2008.

CRUXEN, C. E. S.; HOFFMANN, J. F.; ZANDON, J. P.; FIORENTINI, A. M.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C; Probiotic butia (*Butia odorata*) ice cream: Development, characterization, stability of bioactive compounds, and viability of *Bifidobacterium lactis* during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, p. 379-385, 2017.

CUCCURULLO, G.; GIORDANO, L.; ALBANESE, D.; CINQUANTA, L.; DI MATTEO, M. Infrared thermography assisted control for apples microwave drying. **Journal of Food Engineering**, v. 112, p. 319–325, 2012.

DAL MAGRO, N. G.; COELHO, R. O.; HAIDA, K. S.; BERTÉ, S. D; MORAES, S. S. Comparação físico-química de frutos congelados de *Butiá eriospatha* (mart.) becc. do Paraná e Santa Catarina – Brasil. **Revista Varia Scientia**, v. 06, p. 33-42, 2006.

DING, S. H.; AN, K. J.; ZHAO, C. P.; LI, Y.; GUO, Y. H.; WANG, Z. F. Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, p. 515–524, 2012.

FERRÃO, T. S.; TISCHER, B.; MENEZES, M. F. S. C.; HECKTHEUER, L. H. R.; MENEZES, C. R.; BARIN, J. S.; MICHELS, L.; WAGNER, R. Effect of Microwave and Hot Air Drying on the Physicochemical Characteristics and Quality of Jelly Palm Pulp. **Food Science and Technology Research**, v. 23, p. 835-843, 2017.

HOFFMANN, J. F.; ZANDONÁ, G. P.; SANTOS, P. S.; DALLMANN, C. M.; MADRUGA, F. B.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. Stability of bioactive compounds in butiá (*Butia odorata*) fruit pulp and nectar, **Food Chemistry**, v. 237, p. 638-644, 2017.

HUANG, L. L.; ZHANG, M.; WANG, L.; MUJUMDAR, A. S.; SUN, D. Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices. **LWT - Food Science and Technology**, v. 47, p. 183-188, 2012.

IBRAF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas 2008**. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exportação/ComparativoExportacoesBrasileir2007.pdf>. Acesso em 10/03/2010.

IBRAF – INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Disponível em: www.ibraf.gov.br. Acesso em 15/07/2017.

JIANG, H.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A. S. Microwave Freeze-Drying Characteristics of Banana Crisps. **Drying Technology**, v. 28, p. 1377–1384, 2010.

KUMAR, C.; KARIM, M. A.; JOARDDER, M. U. H. Intermittent drying of food products: A critical review. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 48–57, 2014.

LI, Z.; RAGHANAN, G. S. V.; WANG, N.; VIGNEAULT, C. Drying rate control in the middle stage of microwave drying. **Journal of food engineering**, v. 104, p. 234-238, 2011.

MANICKAVASAGAN, A.; ALAHAKOON, P. M. K.; AL-BUSAIDI, T. K.; AL-ADAWI, S.; AL-WAHAIVI, A. K.; AL-RAEESI, A. A.; AL-YAHYAI, R.;

JAYAS, D. S. Disinfestation of stored dates using microwave energy. **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 1-5, 2013.

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T. Freeze-drying characteristics of tropical fruits. **Drying technology**, v. 24, n. 1, p. 457-463, 2006.

MOTEVALI, A.; MINAEI, S.; BANAKAR, A.; GHOBADIAN, B.; KHOSHAGHAZA, M. H. Comparison of energy parameters in various dryers. **Energy Conversion and Management**, v. 87, p. 711–725, 2014.

NGASOH, F. G.; ANYANWU, C. N.; NAMESSAN, N. O.; AHMADU, A. A.; SULEIMAN, M. A. An overview of solar fruit drying: a potential remedy for postharvest losses in Nigeria. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 5, p. 3559-3568, 2018.

NGUYEN, L. T.; CHOI, W.; LEE, S. H.; JUN, S. Exploring the heating patterns of multiphase foods in a continuous flow, simultaneous microwave and ohmic combination heater. **Journal of Food Engineering**, v. 116, p. 65–71, 2013.

ORSAT, V.; YANG, W.; CHANGRUE, V.; RAGHAVAN, G. S. V. Microwave-assisted drying of biomaterials. **Food and Bioproducts Processing**, v. 85, n. 3, p. 255–263, 2007.

PEREIRA, B. Processamento agrega valor. **Frutas e Derivados**. v. 3, p. 19-26, 2006.

PEREIRA, N. R.; MARSAIOLI, A.; AHRMÉ, L. M. Effect of microwave power, air velocity and temperature on the final drying of osmotically dehydrated bananas. **Journal of Food Engineering**, v.81, p.79–87. 2007.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v.49, p. 311-319, 2001.

SANSEVERINO, A. M. Microondas em síntese orgânica. **Química Nova**, v. 25, p. 660-667, 2002.

SHISHIR, M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science and Technology**, v. 65, p. 49-67, 2017.

SIMUNEK, M.; JAMBRAK, A. R.; PETROVI, M.; JURETI, H.; MAJOR, N.; HERCEG, Z.; HRUSKAR, M.; VUKU, T. Ultrasound Treatment of Apple Juice and Nectar. **Food Technology and Biotechnology**, v. 51, n. 1, p. 101–111, 2013.

SUNG, H. J. & KANG, D. H. Effect of a 915 MHz microwave system on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in salsa. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 754-759, 2014.

VADIVAMBAL, R.; JAYAS, D. S. Changes in quality of microwave-treated agricultural. **Biosystems Engineering**, v. 98, p. 1-16, 2007.

WANG, R.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A. S. Effects of vacuum and microwave freeze drying on microstructure and quality of potato slices. **Journal of Food Engineering**, v. 101, p. 131–139, 2010.

ZHANG, M.; JIANG, H.; LIM, R. Recent Developments in Microwave-Assisted Drying of Vegetables, Fruits, and Aquatic Products - Drying Kinetics and Quality Considerations. **Drying Technology**, v. 28, p. 1307–1316, 2010.

ZHANG, M.; TANG, J.; MUJUMDAR, A. S.; WANG, S. Trends in microwaverelated drying of fruits and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, p. 524-534, 2006.

ZIELINSKA, M.; SADOWSKI, P.; BŁASZCZAK Freezing/thawing and microwave-assisted drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 555-563, 2015.

³⁶ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, Roraima, Brasil.

³⁷ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, Roraima, Brasil.

³⁸ Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

³⁹ Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.



PUBLIQUE SEU LIVRO!

Hoje é muito mais fácil publicar um livro do que se imagina. A Editora Kiron é a solução para autores que desejam publicar seu livro em grande e pequenas quantidades, com um custo acessível e boa qualidade.

Com um processo inovador de produção de livro por demanda (pequenas quantidades), o autor pode realizar o sonho de publicar uma obra. Com a assessoria dos nossos profissionais, você pode ter sucesso e obter um bom retorno.

Conheça as publicações da Editora Kiron no site:

www.livrariakiron.com.br

Fone: (61) 3563.5048

atendimento@editorakiron.com.br

www.editorakiron.com.br

Facebook: editorakiron

Instagram: @editorakiron