

## O FEIJOEIRO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO: O CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE

Fábio Luiz Checchio Mingotte<sup>1,2</sup>, Vinícius Balieiro Fernandes<sup>1</sup>, Leandro Borges Lemos<sup>1,3</sup>, Domingos Fornasieri Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, (UNESP/FCAV), Departamento de Produção Vegetal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP: 14884-900 - Jaboticabal, SP - Brasil. <sup>2</sup> Bolsista FAPESP. <sup>3</sup> Bolsista do CNPq. E-mail: flemingotte@gmail.com; leandrobl@fcav.unesp.br

*RESUMO:* Em regiões de clima quente e chuvoso no verão e seco no inverno a principal dificuldade na implantação do sistema plantio direto (SPD) é a formação e manutenção de palha. Para contornar este desafio, vem sendo amplamente difundido o uso de gramíneas (Poaceae) como milho e braquiárias em cultivos exclusivos e em consórcio. Por outro lado, a formação de palhada com diferentes relações C/N e o gradativo acúmulo de carbono orgânico no solo pode influenciar na dinâmica dos nutrientes, especialmente do nitrogênio, podendo afetar o desempenho agrônomo da cultura em sucessão. A inserção de leguminosas (Fabaceae) em sistemas de sucessão e rotação de culturas torna-se interessante, devido ao fato de promover a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN), resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta, contribuindo com a nutrição das culturas subsequentes. Neste sentido, o feijoeiro irrigado tem sido cultivado após gramíneas no SPD devido ao seu ciclo relativamente curto e por proporcionar rentabilidade econômica na entressafra. No entanto, o processo de FBN no feijoeiro é insuficiente para garantir elevadas produtividades, fazendo com que os desafios atuais das pesquisas busquem a definição de tecnologias que permitam o uso eficiente dos fertilizantes nitrogenados.

*PALAVRAS-CHAVE:* Phaseolus vulgaris, agricultura conservacionista, rotação de culturas.

### THE COMMON-BEAN IN NO-TILLAGE: THE PATHWAY TO SUSTAINABILITY

**ABSTRACT:** The harder difficult to no-tillage system implementation in regions with warm and humid summer and dry winter is the production and the maintenance of the cover grass. For this reason gramineae (Poaceae) like as maize and brachiaria have been cultivated intercropped with success. However, the cover grass production result in different C/N ratio and it can make influences in the nitrogen dynamics, and in the agronomic performance of the crop succession. The inclusion of legumes (Fabaceae) in crop succession and crop rotation systems becomes interesting due to the fact promote biological fixation of atmospheric nitrogen (FBN), resulting investment of significant amounts of this nutrient to the soil-plant system, contributing nutrition of succeeding crops. In this regions the common-bean crop with sprinkler irrigation becomes interesting because the short cycle and the higher profitability in the offseason period. However, the process of FBN in common-bean is insufficient to ensure high yields, making the challenges of research seek to define the technologies that enable the efficient use of nitrogen fertilizers.

**KEY WORDS:** Phaseolus vulgaris, conservation agriculture, crop rotation.

## INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) vem sendo cultivado numa diversidade de agroecossistemas, alcançando produtividades entre 3.000 a 4.500 kg ha<sup>-1</sup>, principalmente em regiões de clima favorável nos períodos de outono-inverno e inverno-primavera com uso de sistemas de irrigação, associado à utilização de maior quantidade de insumos agrícolas e em função das cultivares de elevado potencial produtivo (Chiorato et al., 2007; Farinelli & Lemos, 2010). Ao longo dos anos, o feijoeiro tornou-se uma das principais culturas de entressafra, sendo explorada em áreas irrigadas na Região Central e Sudeste do Brasil (Kluthcouski et al., 2003; Fiorentin et al., 2012).

No entanto, os sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais são altamente vulneráveis, implicando em danos irreversíveis quando manejados irracionalmente especialmente se o solo é utilizado de forma intensiva e contínua. Por outro lado, o monocultivo causa desestabilização do agroecossistema e geralmente ocasiona queda de produtividade e/ou aumento nos custos de produção, pois torna a cultura, neste caso, o feijoeiro, suscetível a competição por fatores ambientais, promovendo a exaustão e empobrecimento nutricional em função da retirada dos nutrientes do solo, sem a devida reposição, o que favorece também o surgimento de populações microbianas em detrimento à planta (Lemos & Farinelli, 2008).

No início dos anos 90 verificou-se com relativa frequência sinais de desequilíbrio ambiental em culturas irrigadas de feijão, e consequentes prejuízos a sua produtividade, especificamente nas Regiões Norte e Nordeste Paulistas, pioneiras no cultivo de feijão com irrigação sob pivô central (Wutke et al., 1998). Nessas regiões com o início da implantação do feijão irrigado na safra de inverno nos anos 80, a obtenção de altas produtividades e preços satisfatórios acabou culminando no manejo do solo e da irrigação de forma desordenada, que associado ao cultivo quase que anual de feijão na mesma área, promoveu o surgimento de doenças, com grande destaque para o mofo branco (*Sclerotinia sclerotium*), ocasionando o aumento do custo de produção e em muitos casos a inviabilidade de exploração da cultura do feijoeiro.

Dessa maneira, para a viabilidade de um agroecossistema faz-se necessário o emprego de um sistema de produção que contribua para a melhoria da capacidade produtora do solo, conservando ou melhorando o ambiente (Lemos & Farinelli, 2008). Entre os vários sistemas de produção destaca-se o sistema plantio direto (SPD) que se fundamenta no mínimo revolvimento do solo, na formação de cobertura morta ou palha no solo e na rotação de culturas. No entanto, em regiões de Cerrado, bem como no Norte e Noroeste do Estado de São Paulo, a maior dificuldade para obter sucesso no sistema plantio direto, está na formação e

manutenção da palhada em razão da alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e da dificuldade de geração da palhada na entressafra (Kluthcouski et al., 2000; Fiorentin et al., 2012).

A quantidade e a qualidade da palhada sobre a superfície do solo dependem do sistema de sucessão de culturas adotado e em grande parte, do tipo de planta de cobertura e do manejo que lhe é dado. O acúmulo de palha de qualidade sobre o solo proporcionado pelo SPD favorece a reciclagem de nutrientes, a agregação do solo, o armazenamento de água e a manutenção da matéria orgânica do solo, com efeitos positivos sobre a fertilidade (Boer et al., 2007). Por outro lado, ocorre menor taxa de mineralização da matéria orgânica neste sistema, em comparação ao preparo convencional, resultando em menor disponibilidade de nitrogênio (N) aos cultivos na implantação do sistema (Sá, 1999; Barbosa Filho et al., 2005; Fiorentin et al., 2012), resultando na necessidade de manejos diferenciados da adubação nitrogenada nas culturas produtoras de grãos.

O objetivo desta revisão de literatura foi expor a importância da rotação e sucessão de culturas na sustentabilidade dos sistemas de produção nos quais o feijoeiro é submetido, com destaque para o sistema plantio direto em condições de Cerrado.

### **O sistema plantio direto e sua sustentabilidade**

O SPD preenche satisfatoriamente todos os requisitos base que permitem sustentabilidade dos agroecossistemas, pois com a manutenção dos resíduos culturais favorece proteção superficial e o aumento da matéria orgânica (Sá et al., 2001), alterando as condições químicas (Falleiro et al., 2003), físicas (Tormena et al., 2004) e biológicas do solo (Peres et al., 2005). No entanto, a maior dificuldade para obter sucesso nesse sistema de manejo do solo, está na formação e manutenção da palhada em razão da alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e da dificuldade de geração dos mesmos após as culturas de verão em virtude da ocorrência de elevada deficiência hídrica na entressafra, comuns em regiões do cerrado brasileiro (Kluthcouski et al., 2000; Fiorentin et al., 2011). Neste sentido, têm-se cultivado gramíneas de alta relação C/N na palhada remanescente, em especial o milho (*Zea mays*) e braquiárias, dentre elas a *Urochloa ruziziensis* e *U. brizantha*, exploradas em cultivos exclusivos ou consorciados, aumentando o aporte de massa seca e adequada cobertura do solo, sem prejudicar a produtividade de grãos do milho (Kluthcouski et al., 2003, Borghi & Crusiol, 2007; Fiorentin et al., 2011).

A área brasileira ocupada com culturas produtoras de grãos é de 56,3 milhões de hectares, onde 32 milhões de hectares estão sendo cultivados no sistema plantio direto (SPD),

ou seja, existem ainda 24,3 milhões de hectares submetidos ao manejo convencional do solo por meio do uso de arações e gradagens (Conab, 2014; Febrapdp, 2010). O SPD preconiza o não revolvimento do solo, a rotação/sucessão de culturas e a formação de cobertura do solo com palha, sendo também as premissas básicas da agricultura conservacionista (FAO, 2013; Derpsch, 2013). No entanto, a qualidade do SPD no Brasil vem sendo discutida, sendo apenas 17 milhões de hectares que satisfazem os requisitos do sistema, ou seja, cerca de apenas 53% da área inserida no SPD em solos brasileiros (Bataglia et al., 2012; Derpsch, 2013; Llanillo, 2013).

De forma específica e pensando numa Agricultura Conservacionista e de Qualidade, a área perturbada/revolvida deve ser menor de 15 cm de largura ou 25% da área cultivada (qual seja a menor) e não se aceitam preparos periódicos. No que se refere à cobertura permanente do solo, distinguem-se três categorias: 30-60%, 60-90% e maior que 90% de cobertura do solo, medida imediatamente após a operação de semeadura direta, sendo que áreas com menos de 30% de cobertura não é considerada Agricultura Conservacionista. Com relação ao uso de rotação ou associação de culturas maximizando a biodiversidade, deve-se envolver pelo menos três espécies diferentes, porém a semeadura repetida de trigo ou milho não é um fator de exclusão. Recentemente, um quarto princípio vem ganhando em importância, que consiste em manter sempre raízes vivas no campo, o que se consegue mediante o sistema de semear um novo cultivo tão logo o anterior tenha sido colhido ou por meio da sobre semeadura, isto semear uma cultura nova antes que a cultura precedente seja colhida (Derpsch, 2013).

Entende-se como rotação de culturas uma alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais em sequência temporal numa determinada área. A rotação de culturas caracteriza-se no cultivo de espécies vegetais distintas e de modo alternado, visando à ocupação do solo de forma racional e a maior eficiência produtiva, proporcionando a redução na degradação por erosão, melhoria na fertilidade do solo, diminuição na incidência de insetos-praga, doenças e na infestação de plantas daninhas, como também minimiza a alteração ambiental (Medeiros & Calegari, 2006).

Por sua vez, plantas de cobertura ou adubação verde consistem no aproveitamento de plantas cultivadas ou importadas de outra área, deixadas preferencialmente na superfície do solo ou podendo ser incorporadas, com a finalidade de preservar e/ou melhorar a fertilidade das áreas agrícolas. Corresponde a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciadas em cultivos, com o objetivo de proteção superficial, assim como a manutenção e/ou melhoria dos atributos físicos, químicos e biológico do solo, inclusive a profundidades significativas graças aos efeitos de suas raízes, promovendo maior equilíbrio e produção de biomassa com consequente aumento do potencial produtivo do solo. Como consequência de sua adoção

ocorre melhoria da fertilidade dos solos depauperados, a médio e longo prazo, diminuição da dependência por fertilizantes minerais, especialmente os nitrogenados, redução dos custos de produção, tornando as atividades mais competitivas aliadas à preservação do meio ambiente (Calegari, 2006).

### **Desafios da introdução do feijoeiro no sistema plantio direto em áreas de Cerrado**

O agricultor que utiliza o SPD deve considerar sua área de exploração como um sistema tanto para a produção de grãos quanto para a formação de palha para a cobertura do solo, sendo assim, um bom exemplo na rotação de culturas com o feijoeiro é a introdução de espécies como milho, trigo, aveia, cevada e sorgo, que podem ser fornecedoras de matéria seca e/ou de grãos para a comercialização. No geral, o feijoeiro tem sido cultivado em rotação principalmente com as culturas do milho, soja (*Glycine max*), trigo (*Triticum aestivum*), aveia preta (*Avena strigosa*) e branca (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*), milheto (*Pennisetum glaucum*) e leguminosas forrageiras, dependendo do ano agrícola e da região produtora. Nos Estados de Goiás e Minas Gerais a sucessão baseia-se no milho no verão e feijão de inverno. No Sudoeste Paulista, importante polo produtor de feijão, alguns sistemas de rotação já estão bem conhecidos, onde na safra verão cultiva-se milho, soja e feijão das águas, o milho safrinha e feijão da seca na época de verão-outono (segunda safra) e no inverno, também chamada de terceira safra cultivam-se os cereais como aveia preta ou branca, trigo e triticale.

No Cerrado, o cultivo de milheto para a formação de cobertura morta, principalmente em sistema de sequeiro foi o que permitiu o grande impulso na adoção do plantio direto. Deve-se destacar também o emprego de braquiárias como cobertura morta no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro, proveniente de tecnologia difundida pela Embrapa/Arroz e Feijão e colaboradores, caracterizado de Sistema Santa Fé. Esse sistema fundamenta-se na produção consorciada com culturas de grãos (milho, sorgo, arroz de terras altas e soja) com forrageiras, principalmente as do gênero *Urochloa*. Assim, cultivam-se seqüencialmente uma ou duas culturas solteiras por ano e uma última, a safrinha, que consiste em consórcio de uma cultura de ciclo precoce com uma gramínea forrageira.

Os principais objetivos do Sistema Santa Fé são a produção de forrageira para a entressafra e palha em quantidade e qualidade para o SPD. Pode-se destacar como as principais vantagens da palha da braquiária para o plantio direto as seguintes considerações: maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em melhor conservação de água e menor variação na temperatura; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle e minimização das doenças, como o mofo

branco, podridão radicular seca ou podridão por *Fusarium* e podridão por *Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes.

O Sistema Santa Fé encontra-se validado e disseminado por diversos produtores da Região dos Cerrados, principalmente em Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Distrito Federal. Os resultados obtidos pela pesquisa, especificamente envolvendo as braquiárias como fonte de cobertura morta para o feijoeiro em plantio direto, vem motivando sua adoção pelos produtores irrigantes em função da produtividade obtida, redução de algumas doenças do solo e conseqüentemente menor custo de produção por meio da diminuição no uso de fungicidas seja para o tratamento de sementes quanto nas pulverizações foliares.

Segundo Aidar et al. (2007) e Kluthcouski et al. (2007) o emprego da Integração Lavoura-Pecuária (ILP), aliada às práticas conservacionistas como SPD, é uma alternativa econômica e sustentável para recuperar áreas degradadas, a exemplo de pastagens com baixa produção de forragens e lavouras com problemas de produtividade e sustentabilidade. A ILP consiste em diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, madeira, carne, leite e agroenergia, implantados na mesma área, em consórcio, em rotação ou em sucessão, envolvendo o plantio, principalmente de grãos e a implantação ou recuperação de pastagens.

Estudos técnico-científicos e experiências de produtores rurais mostram que a implantação da ILP resulta em importantes benefícios, tais como: aumento da produção e da renda do setor agropecuário, sem a incorporação de novas áreas via desmatamento; melhoria da competitividade das cadeias de carne e lácteos no mercado internacional, com produção a pasto; maior produção de palha para o plantio direto promovendo a recuperação da qualidade e da capacidade produtiva do solo; redução da erosão do solo, da contaminação de nascentes, rios e reservatórios de água; maior oferta de forragem no período da seca e fornecimento de nutrientes reduzindo os custos de implantação da pastagem. Além disso, a ILP proporciona quebra dos ciclos de insetos-praga, doenças e plantas daninhas e conseqüentemente redução no uso de agrotóxicos; diversificação da produção e minimização dos riscos climáticos e de mercado; aumento da eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra e inserção social pela geração de postos de trabalho e renda.

De forma geral, as principais alternativas de ILP são: a) integração em áreas com pastagem e solo degradados (consórcio de culturas anuais com forrageiras, sucessão lavoura-pastagem anual e/ou perene, rotação cultura anual-forrageira), b) integração em áreas com pastagem degradada (consórcio de culturas anuais com forrageiras, rotação/sucessão de culturas anuais com forrageiras), c) integração em áreas de lavouras sob solo corrigido

(consórcio de culturas anuais com forrageiras, rotação cultura anual-forrageira, sucessão cultura anual-forrageira anual). Segundo Maia et al. (2000), no estabelecimento e na renovação de pastagens empregam-se comumente as gramíneas forrageiras dos gêneros *Urochloa*, *Panicum*, *Andropogon*, *Hyparrhenia* e *Setaria*, com as culturas acompanhantes ou companheiras, como milho, sorgo, arroz e milheto. As culturas de milho, sorgo e arroz e, raramente, o milheto, nesse caso, são empregados para a produção de grãos.

Timossi et al. (2007) avaliaram o potencial agrônomo das espécies forrageiras *Urochloa decumbens* e *U. brizantha* comparadas ao milheto na formação de palha para a adoção do SPD em Jaboticabal (SP) no período de março a novembro. Concluíram que as braquiárias comparativamente ao milheto foram eficientes na formação de palha produzindo valores acima de 11 toneladas ha<sup>-1</sup>, além de densa cobertura no solo e com a supressão do desenvolvimento de plantas daninhas.

De acordo com Marochi (2006), a espécie *Urochloa ruziziensis* preenche os requisitos como cobertura morta para o SPD por apresentar disponibilidade de sementes, rusticidade, ampla adaptação, fácil controle com herbicidas, baixa incidência de insetos-praga e doenças, baixa exigência nutricional e hídrica, elevada produção de massa verde (média de 40 toneladas ha<sup>-1</sup>) e alta relação C/N que permite a presença da palha por período mais longo. Possui ainda hábito de crescimento cespitoso o que resulta em 100% de cobertura do solo facilitando a semeadura, pode ser semeada a lanço ou incorporada ao solo, auxilia na redução de patógenos nas culturas da soja/feijão/algodão (*Rizoctonia* e *Fusarium*) e milho (*Cercospora*, *Diplodia* e Antracnose), trata-se de uma espécie com micorrização e recicladora de silício e excelente seqüestradora de carbono. Todas essas vantagens citadas propiciam sua utilização no sistema ILP.

O estabelecimento do consórcio pode ser feito mediante a semeadura simultânea da cultura anual e da forrageira (*Urochloa* sp), ou a partir da semeadura da cultura anual e da germinação natural da forrageira de sementes existentes no solo. Várias culturas anuais têm sido utilizadas para essa finalidade, mas segundo Silva et al. (2004), há uma maior preferência para a cultura do milho destinado à produção de grãos ou silagem, devido à tradição de cultivo, ao grande número de cultivares comerciais adaptados às diferentes regiões ecológicas do Brasil, como também pela excelente adaptação quando utilizado em consórcio e à finalidade de cultivo.

A implantação dessa modalidade de consórcio pode ser realizada de diversas formas, contudo, a semeadura simultânea com duas linhas da forrageira na entrelinha do milho tem apresentado melhores resultados em relação à cultura e à forrageira, tanto em consórcio com o

milho destinado à produção de grãos (Jakelaitis et al., 2005) como para silagem (Freitas et al., 2005a,b).

Segundo Silva et al. (2004) e Freitas et al. (2008), o milho é considerado ótimo competidor com plantas de menor porte, como é o caso das braquiárias, em virtude, principalmente, à sua expressiva vantagem sobre a forrageira, evidenciada pela maior taxa de acúmulo de massa seca produzida nos estádios iniciais de desenvolvimento. Apresenta ainda elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel, o que reduz a quantidade desse recurso para outras espécies. Porém, essa interceptação varia conforme as características morfológicas da cultivar, como altura de planta e conformação das folhas. Segundo Borghi (2007), a competitividade entre a cultura de grãos e a forrageira pode ser amenizada com a adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas, que retarda sobremaneira o acúmulo de biomassa por parte da forrageira, durante o período de competição interespecífica.

Borghi et al. (2007) estudando modalidade de consórcio de *U. brizantha* (semeadura na linha, entrelinha e linha mais entrelinha) com o milho no verão, verificaram que a produtividade de milho, no espaçamento de 0,45 m é menor com o consórcio da braquiária na linha e na entrelinha simultaneamente, em virtude da grande competição entre as espécies, o que acarretou na redução de 2.936 kg ha<sup>-1</sup>, em relação ao cultivo de milho solteiro. Embora a consorciação não tenha provocado diferenças em determinadas características da planta de milho, o efeito sinérgico dos menores valores do estande final, do índice de espiga e da massa de 100 grãos pode ser a causa da menor produtividade nesse espaçamento, com o cultivo da forrageira na linha mais entrelinha. Os autores ainda concluíram que conforme o ano agrícola, a produtividade de grãos é maior no espaçamento reduzido em relação a 0,90 m, quando consorciado com a braquiária, independente da modalidade de consórcio. Quanto à matéria seca, também houve maior produtividade na modalidade de milho consorciado com braquiária na linha e entrelinha.

Brambilla et al. (2009) relataram que no sistema de ILP com o milho cultivado na safrinha, a produtividade sofreu com as modalidades de consórcio. A produtividade no espaçamento entrelinhas de 0,90 m foi severamente reduzida com o consórcio da *U. ruziziensis* na linha e na entrelinha, produzindo apenas 2,7 toneladas ha<sup>-1</sup>. O cultivo de milho solteiro resultou na maior produtividade, em relação aos demais sistemas, alcançando 5,3 toneladas ha<sup>-1</sup>. Contudo, em relação à matéria seca total acumulada (palha de milho e forragem), o sistema de consórcio de milho mais braquiária na linha e entrelinha proporcionou maior produtividade com 18,17 toneladas ha<sup>-1</sup>, favorecendo a cobertura o solo.



De forma geral, a prática do uso da rotação de culturas, por meio da utilização de plantas para a cobertura ou incorporadas ao solo, promove os seguintes benefícios para o feijoeiro como diminuição das perdas de solo, água e nutrientes, melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, e principalmente aumento da produtividade de grãos (Aidar et al., 2000; Andreola et al., 2000; Oliveira et al., 2002; Bordin et al., 2003; Silva et al., 2003; Silveira et al., 2005; Nunes et al., 2006).

Práticas de manejo como adubação verde ou plantas de cobertura, consorciação e rotação de culturas, utilizando leguminosas e gramíneas proporcionam a melhoria da fertilidade do solo pelo enriquecimento em matéria orgânica. A matéria orgânica também é fundamental para a vida microbiana do solo, pois é dela que a maioria dos organismos obtém energia e elementos minerais e orgânicos para a realização de seus processos vitais. Outro aspecto importante é que em solos com elevado teor de matéria orgânica apresenta melhores condições físicas para o desenvolvimento das plantas. Assim, a agregação do solo é definida como a união de partículas do solo em unidades secundárias, sendo a estabilidade dos agregados caracterizada como a resistência a uma ação degradante, particularmente a água. Portanto, uma das primeiras preocupações, quando se trata de manejo do solo é a sua influência na absorção e disponibilidade de água, pois o estado em que se encontra a superfície do solo exerce grande efeito na infiltração, drenagem e escoamento superficial.

Wutke et al. (1998) avaliaram a produtividade do feijoeiro irrigado em Ribeirão Preto (SP), utilizando rotação com culturas graníferas e adubos verdes. Verificaram que as maiores produtividades do feijoeiro foram obtidas quando o mesmo foi antecedido, principalmente, pela mucuna preta, crotalária e ainda pelo milho, promovendo também as melhores taxas de infiltração de água no solo. Isso ocorreu em razão dos efeitos físicos positivos da incorporação ao solo de quantidades nitidamente superiores de suas fitomassas, em relação às demais culturas.

Por outro lado, a cobertura vegetal reduz o efeito da desagregação do solo e evita o selamento superficial provocado pela obstrução dos poros com as partículas finas desagregadas. O SPD em função da cobertura do solo promove menor escoamento de água e maior infiltração, devido principalmente ao aumento da estabilidade de agregados em comparação ao sistema de preparo convencional do solo. Por sua vez, a agregação do solo controla os movimentos internos de água, ar, calor e a proliferação de raízes.

Silva et al. (2006b) verificaram que o feijoeiro em rotação com a aveia preta, cultivada no SPD em comparação a outros sistemas de manejo do solo, apresentou maior produtividade em razão da menor temperatura no solo. A temperatura máxima do solo medida durante todo

o ciclo do feijoeiro foi de 43,7 °C, observada a 0,025 m de profundidade no sistema de cultivo em que o solo recebeu revolvimento pelo escarificador (PDesc.). No sistema de cultivo que recebeu revolvimento do solo com arado e grade de discos (PDar), também se verificaram altas temperaturas na profundidade de 0,025 m, com máxima de 42,2°C. No plantio direto, o efeito da palha na superfície evitou que o solo se aquecesse em proporções iguais à dos outros sistemas, ficando em torno de 36°C. Tais resultados salientam a importância da cobertura vegetal na diminuição da temperatura máxima do solo, haja vista que a palha apresenta baixa condutividade térmica e alta refletividade dos raios solares. Na profundidade de 0,10 m, o sistema PDar apresentou maior temperatura máxima (43,4°C) e foi diferente dos outros sistemas de manejo do solo. Ao contrário de climas temperados onde o aquecimento do solo é desejável para proporcionar temperaturas adequadas à emergência das plântulas, em climas tropicais e subtropicais, o aquecimento excessivo do solo pode prejudicar a germinação e a emergência das plântulas.

De forma geral, na cultura do feijoeiro de inverno em áreas irrigadas ocorre maior concentração de raízes na superfície do solo. Wutke et al. (2000) avaliaram o crescimento do sistema radicular do feijoeiro irrigado, cultivar IAC Carioca, em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. Verificaram, no geral, que a profundidade efetiva do sistema radicular, ou seja, onde se concentraram 80 % das raízes, variou de 35 a 40 cm de profundidade do solo.

Os principais benefícios promovidos pela ação da matéria orgânica na fertilidade do solo estão relacionados ao aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), na reação do solo por meio da diminuição da acidez, influenciando na disponibilidade de nutrientes as plantas e pelo fornecimento de ácidos orgânicos e alcoóis durante sua decomposição, que servem de fonte de carbono aos microrganismos de vida livre, fixadores de N.

No que diz respeito à fertilidade do solo, o N é um dos principais limitantes ao aumento ou mesmo à manutenção da produtividade das culturas nos solos tropicais. A acentuada dinâmica apresentada por esse nutriente, seu potencial poluidor e o elevado custo dos fertilizantes nitrogenados fazem com que sejam necessárias alternativas viáveis que minimizam a aplicação desse insumo e prolonguem ao mesmo tempo a sua disponibilidade no solo para as plantas.

No SPD é importante priorizar a cobertura do solo, principalmente se as áreas apresentam certo grau de degradação. As culturas de milho e aveia integradas, e de forma planejada no sistema de rotação proporcionam alto potencial de produção de fitomassa de elevada relação C/N, e garantem a manutenção de cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície. Também as braquiárias

apresentam essas condições, sendo uma excelente alternativa em áreas de integração lavoura-pecuária. A eficácia do SPD está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade e qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura e com a persistência destes sobre o solo. Com isso deverá haver a manutenção e/ou, incremento dos teores de matéria orgânica, melhorando a disponibilidade de nutrientes para as culturas subseqüentes, além de outros benefícios como a redução da erosão do solo, a melhoria nos atributos físicos do solo, a elevação dos teores de N total, acúmulo de P e o aumento da disponibilidade de P, K, Ca e Mg superficialmente no solo.

Torres et al. (2005) estudaram a decomposição e liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura em Uberaba (MG), durante dois anos agrícolas. Verificaram que o milho e a crotalária foram as que apresentaram a maior produção de matéria seca, maior acúmulo e a maior liberação de N. A braquiária foi a cobertura que apresentou a maior taxa de decomposição. Todas as coberturas apresentaram a maior taxa de liberação de N até 42 dias após a dessecação. A relação C/N das plantas de cobertura, no segundo ano quando comparada à do ano anterior, aumentou para todas as culturas, com exceção da aveia preta que se manteve estável.

A cobertura no solo é importante para diminuir a temperatura e aumentar a umidade, propiciando melhor atividade das bactérias fixadoras de N, visto que a redução do conteúdo de água de 20% do peso fresco dos nódulos pode ter conseqüências graves na fixação biológica de nitrogênio (FBN) e também, na produtividade da cultura. De forma geral, solos sob plantio direto, apresentam elevada disponibilidade hídrica, resultante do incremento da estabilidade dos agregados e do maior número de macroporos, podendo desenvolver condições favoráveis a FBN. Por outro lado, a adubação verde com plantas fixadoras de N atmosférico é uma das formas mais eficientes de utilização deste processo para fins agrícolas.

Perin et al. (2004) avaliaram a produção de fitomassa e a FBN por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado em Viçosa (MG) e verificaram que a crotalária apresentou maior produção de fitomassa, que foi de 108% maior que a da vegetação espontânea e 31% superior a do milho. A crotalária ainda resultou em valores elevados no teor e acúmulo de N. A contribuição da FBN foi de 61% na leguminosa quando consorciada e de 57% quando cultivada isoladamente, incorporando ao solo via FBN, 89 e 173 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, constituindo-se em excelente estratégia de incremento de N ao solo.

Um exemplo de sucesso na consorciação entre milho e adubos verdes, especificamente com guandu-anão (*Cajanus cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*) é o Sistema Santa Brígida, também desenvolvido pela Embrapa/Arroz e Feijão e colaboradores, com o propósito de validar e transferir tecnologias relacionadas à Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

(ILPF). Pode-se citar como vantagens desse sistema a melhoria na qualidade das pastagens, quando no consórcio também se cultiva braquiárias e a diversificação das palhas para o SPD, principalmente devido ao consórcio triplo (contendo milho, leguminosas e braquiária). A inserção de adubos verdes em sistemas integrados de produção, além de permitir aumento do aporte de N no solo via FBN, promove efeitos benéficos na cultura subsequente, reduzindo a necessidade de aplicação de N mineral (Oliveira et al., 2010).

De acordo com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2010), o cultivo do feijoeiro em sucessão aos consórcios de milho com leguminosas se apresenta promissor. As maiores produtividades foram obtidas sobre palha de milho com leguminosas mesmo sem o fornecimento de N em cobertura. Essa observação indica que o N presente na leguminosa, seja da fixação biológica ou da absorção do solo, foi suficiente para a obtenção de 3.072 kg ha<sup>-1</sup> de feijão (milho+guandu - sem N) e 2.954 kg ha<sup>-1</sup> (milho+crotalária - sem N). As produtividades mais baixas de feijão foram obtidas quando o cultivo foi realizado na palha de milho em monocultivo, mesmo quando foi aplicado até 90 kg de N em cobertura na cultura. Ressalta-se que não houve interação entre palhas no solo e doses de N em cobertura, ou seja, o feijoeiro respondeu às doses de N de maneira semelhante em todas as palhas.

Por muito tempo, a prática da adubação verde ou do emprego de espécies melhoradoras de solo foi utilizada apenas como sinônimo de incorporação de N ao sistema e, sobretudo, com o uso exclusivo de leguminosas. Atualmente, recomenda-se o uso de gramíneas (milheto, aveia branca e preta, centeio e braquiárias) quando se objetiva a melhoria da estruturação do solo, a adição de matéria orgânica ou a supressão de alguns patógenos e nematóides. Deve-se destacar que com o uso de gramíneas pode-se evidenciar o aporte de N ao sistema, de até 45 kg ha<sup>-1</sup>, em função da presença de fixadores livres na rizosfera dessas espécies, principalmente as bactérias do gênero *Azospirillum*. O uso de braquiárias em condições de clima quente e, de centeio em regiões com temperaturas amenas, pode ampliar a taxa de aeração do solo e a estabilidade de agregados e o desempenho das culturas subsequentes. O uso de leguminosas, além do tradicional aporte de N, também poderá proporcionar o aumento de fósforo (P), graças à capacidade de determinadas espécies em solubilizar o elemento indisponível para a maioria das plantas cultivadas, bem como pela facilidade de estabelecer associação com fungos micorrízicos, tal como ocorre com o guandu, a leucena e as crotalárias.

A inclusão do feijoeiro num esquema de rotação de culturas torna-se interessante por apresentar ciclo curto (75 a 90 dias), fotoperíodo neutro permitindo a sua exploração e semeadura em várias épocas do ano, dependendo da região ou local de cultivo, sendo ainda, uma planta fixadora de N (Lemos & Farinelli, 2008). Apesar da capacidade de fixar o N

atmosférico, pela simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, mesmo quando é realizada inoculação, a quantidade do nutriente suprida por esse processo tem sido insuficiente para alcançar o máximo potencial produtivo do feijoeiro (Bassan et al., 2001; Lemos et al., 2003; Martínez-Romero, 2003; Souza et al., 2011).

O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, dentre os quais o N é absorvido em quantidade mais elevada. Segundo Oliveira et al. (1996), quantidade superior a 100 kg de N ha<sup>-1</sup> é requerida para garantir a extração do nutriente associada a altas produtividades. Em razão das perdas que ocorrem no sistema solo-planta, o manejo da adubação nitrogenada é tido como um dos mais difíceis (Santos et al., 2003), fazendo com que a eficiência, na maioria das vezes, seja baixa. Dessa forma, técnicas que possibilitem a maximização da absorção de N pelo feijoeiro são de extrema importância, devido ao alto custo e à baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados.

Dentro desse contexto, devem-se destacar os diversos trabalhos sobre o estudo do desempenho produtivo do feijoeiro em relação à adubação nitrogenada, em sistemas de manejo de solo, nos quais alguns resultados mostraram resposta da cultura a doses de nitrogênio acima de 100 kg ha<sup>-1</sup>, chegando próximo de 200 kg ha<sup>-1</sup>, principalmente em sucessão e/ou rotação com gramíneas (Stone & Moreira, 2001; Silva et al., 2003; Soratto et al., 2004; Barbosa Filho et al., 2005b; Silveira et al., 2005; Soratto et al., 2005; Farinelli et al., 2006; Silva et al., 2006a; Binotti et al., 2007; Farinelli & Lemos, 2010).

Vale ressaltar que na implantação e durante a fase de consolidação do SPD, talvez ocorra a necessidade de utilizar doses de N elevadas em função da velocidade na taxa de decomposição e da relação C/N da palha (Siqueira & Moreira, 2002; Cantarella, 2007), refletindo no processo de imobilização do N, promovendo competição dos microrganismos com o feijoeiro, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, sendo o nutriente absorvido e extraído em quantidades elevadas, limitando assim a produtividade da cultura (Guerra et al., 2000).

Segundo Barbosa Filho et al. (2005a, 2009) essa amplitude na resposta pela cultura do feijoeiro em relação a adubação nitrogenada esta relacionada não somente aos vários sistemas de produção agrícola, mas também as diferenças de manejo da cultura e do fertilizante nitrogenado, podendo citar histórico da área, atributos físico-químicos do solo, as distintas épocas de semeadura e espaçamento, a escolha da cultivar, a rotação e/ou sucessão de culturas, as fontes e os modos de aplicação, como também a aplicação em diferentes estádios fenológicos da cultura do feijoeiro e a eficiência de utilização do nutriente pela planta.

Com o passar do tempo de adoção do SPD verifica-se que é possível produzir quantidades elevadas de grãos (em torno de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>) com pouco N via adubação

química. Atualmente em áreas a bastante tempo em SPD, a tendência é de antecipação da aplicação do N (antes da semeadura ou 15 dias após a emergência das plântulas) via adubação química, porém utilizando doses menores (em torno de 50 a 70 kg ha<sup>-1</sup>) do que o habitual. No entanto, os resultados são contraditórios e merecem maior investigação científica.

No trabalho de Silveira et al. (2005), o N afetou a produtividade do feijoeiro de inverno (cultivar Pérola) em todas as espécies de cobertura no SPD, sendo que nas palhas de braquiária, milho+braquiária, mombaça, sorgo e estilosantes, a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura não foi suficiente para atingir a produtividade máxima.

Meira et al. (2005) relataram que a cultivar IAC Carioca, semeada no outono, após a cultura do arroz, não foi influenciada pelas épocas de aplicação de nitrogênio, contudo, a máxima produtividade foi obtida com 164 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura no SPD.

De acordo com o trabalho de Farinelli et al. (2006), com a cultivar Pérola, sob sucessão a aveia preta (outono-inverno) e milho (primavera) relataram resposta linear para as doses de N (até 160 kg ha<sup>-1</sup> de N) no SPD, e quadrática no preparo convencional, onde somente seria alcançada a máxima produtividade com a aplicação de 185 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Silva et al. (2006b) concluíram que a aplicação de doses crescentes de N em cobertura até 120 kg ha<sup>-1</sup> não aumentou a produtividade do feijoeiro em sucessão ao milho no SPD.

Arf et al. (2011) ao avaliarem a influência de fontes (ureia, entec - sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação - dimetilpirazolfosfato e sulfato de amônio) e épocas de aplicação de N (testemunha sem N; semeadura; estágio de desenvolvimento V<sub>3</sub> - 1ª folha trifoliada aberta; estágio V<sub>4-5</sub> - 5ª folha trifoliada aberta; 1/3 semeadura + 2/3 estágio V<sub>3</sub>; e 1/3 semeadura + 2/3 estágio V<sub>4-5</sub>) na dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> sobre a produtividade do feijoeiro (cultivar Pérola) de inverno cultivado em SPD (em sucessão a milho consorciado com braquiária) em dois anos agrícolas não verificaram efeitos das fontes na produtividade de grãos, mas houve diferença entre os tratamentos com aplicação de N, em relação à testemunha, resultando em incremento médio de 106,5% na produtividade no primeiro ano de cultivo, não ocorrendo diferenças no cultivo seguinte.

Fiorentin et al. (2012) verificaram produtividades de grãos superiores no feijoeiro em sucessão à palhada de milho consorciado com *U. ruziziensis* e de *U. ruziziensis* exclusiva em relação a sucessão com milho exclusivo. Resultados semelhantes foram observados por Carmeis Filho et al. (2014) em função da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva e em consórcio com milho.

Souza & Soratto (2012) ao avaliarem a influência da adubação nitrogenada (0, 35, 70 e 140 kg ha<sup>-1</sup>), aplicada de forma parcelada sendo ½ aos dois dias após a semeadura e 1/2 em

V<sub>4.4</sub>, fonte nitrato de amônio, no feijoeiro (IAC Alvorada) cultivado no SPD, em sucessão ao milho safrinha consorciado com *U. brizantha* e com *U. ruziziensis*, em dois anos agrícolas, verificaram que a aplicação de N promoveu incremento na produtividade de grãos no feijoeiro cultivado sobre *U. brizantha*, no segundo ano agrícola, com a máxima produtividade sendo obtida com a dose estimada de 113 kg ha<sup>-1</sup>. Os autores indicaram ainda que a produtividade de grãos do feijoeiro foi semelhante em sucessão ao milho consorciado com *U. brizantha* e *U. ruziziensis*.

Soratto et al. (2013) avaliaram a resposta do feijoeiro a épocas de aplicação (testemunha, 33 dias antes da semeadura, na semeadura, 23 dias após emergência) do N (100 kg de N ha<sup>-1</sup>) em SPD em sucessão ao cultivo de milho exclusivo e consorciado com *U. brizantha* e observaram que a antecipação do N, antes ou por ocasião da semeadura, proporcionou produtividade de grãos semelhante a observada pelo fornecimento em cobertura.

Em relação à questão alimentar da população brasileira, o feijão apresenta características que tornam seu consumo vantajoso, em virtude de seu alto teor protéico e energético, além dos efeitos benéficos proporcionados pelo seu elevado teor de fibras, ferro e outros minerais, carboidratos e presença de vitaminas do complexo B (Borém & Carneiro, 2006).

Os principais atributos que norteiam a qualidade tecnológica dos grãos de feijão são o tamanho, formato e coloração do tegumento, conteúdo protéico e o balanço em aminoácidos de sua proteína, tempo para cozimento e a capacidade de hidratação, sendo influenciados pela interação genótipo x ambiente (Carbonell et al., 2003; Lemos et al., 2004; Ramos Junior et al., 2005; Perina et al., 2010; Carbonell et al., 2010).

O N é o nutriente extraído em grande quantidade pelo feijoeiro e de expressiva influência na produtividade, além de possibilitar a melhoria na qualidade tecnológica, principalmente no teor protéico dos grãos (Bordin et al., 2003; Gomes Junior et al., 2005; Silva et al., 2006a; Farinelli & Lemos, 2010). Segundo Cantarella (2007) o N é um elemento com grande capacidade para promover o crescimento de plantas, que traz implicações diretas e indiretas para a produtividade e qualidade dos produtos.

De acordo com Carbonell et al. (2010) o rendimento de peneira, caracterizado pela classificação de grãos quanto ao tamanho e formato, é uma característica que vem sendo trabalhada em programas de melhoramento genético do feijoeiro. Por ser influenciada pelo genótipo e sua interação com o ambiente, fica evidente a necessidade de trabalhos que considerem a adubação nitrogenada.

Nesse sentido, Fiorentin et al. (2012) estudando a influência de doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) no feijoeiro (cultivar Pérola), em sucessão a milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, observaram que a dose de N não influenciou o rendimento de peneira. No entanto, ocorreram diferenças para esta característica quanto ao sistema de cultivo em que o feijoeiro foi submetido, obtendo maior quantidade de grãos retidos na peneira número 13, no feijoeiro cultivado em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva em relação ao cultivado em sucessão com milho exclusivo.

Silva et al. (2006a) verificaram incremento no teor de proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para máxima hidratação dos grãos da cultivar Pérola, em sucessão a milheto em SPD, mediante doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e aplicação de molibdênio via foliar (0 e 80 g ha<sup>-1</sup>).

Farinelli & Lemos (2010) verificaram a influência do manejo do solo (preparo convencional e plantio direto) e doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) na produtividade e nas características tecnológicas dos grãos do feijoeiro (cultivar Pérola), em sucessão a aveia preta e milheto. A adubação nitrogenada promoveu acréscimo no teor de proteína bruta, sendo que os sistemas de manejos de solo e as doses de N em cobertura influenciaram diferentemente no tempo para cozimento. Para os dois sistemas de manejo de solo, a aplicação de doses de N em cobertura resultou em aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijão até a quantidade de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Estudos realizados por Fiorentin et al. (2011) utilizando doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) no feijoeiro, cultivar Pérola, em diferentes palhas (milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Urochloa ruziziensis* exclusiva), concluíram que os componentes de produção (vagens por planta, grãos por vagem e produtividade diferem na sucessão ao milho exclusivo, e não responde ao incremento de doses de nitrogênio, no primeiro ano após implantação do SPD. Neste mesmo trabalho os autores verificaram que o sistema de cultivo não influenciou o tempo para cozimento dos grãos de feijão. No entanto, a dose de N aplicado em cobertura influenciou de forma significativa o tempo para cozimento dos grãos, iniciando com 35,4 minutos para o tratamento sem aplicação de N em cobertura, reduzindo para 29,9 minutos na dose de 105 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Mingotte (2011) avaliou os efeitos de doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) no feijoeiro, cultivar IPR 139 (Juriti-claro), cultivado no período de inverno-primavera, em sucessão a gramíneas (milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva) cultivadas no verão. Não verificou resposta à aplicação de N em cobertura no feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva e tempo para cozimento dos grãos elevados (33 a 40 minutos). Observou que o acréscimo das doses de N no feijoeiro em sucessão a



milho exclusivo incrementou a produtividade de grãos e a margem bruta de ganho foi linear, com redução na eficiência agrônômica. O tempo para cozimento de grãos diminuiu em função de doses crescentes de nitrogênio, ocorrendo menores valores no feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* e ao milho cultivados exclusivamente.

Diante do exposto, verifica-se que em relação à qualidade tecnológica, especialmente quanto ao tempo para cozimento e a capacidade de hidratação dos grãos, que são escassos os trabalhos científicos relacionando a influência de sistemas de manejos de solo, rotação de culturas e uso de fertilizantes nitrogenados, merecendo maior investigação científica.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola depende do estabelecimento de estratégias racionais de manejo, onde o uso da rotação de culturas com espécies destinadas à cobertura do solo ou adubação verde possa influenciar positivamente a produtividade do feijoeiro, com a inclusão de culturas de interesse econômico aos produtores rurais.

De forma geral, na escolha das plantas de cobertura devem ser considerados alguns requisitos, como o conhecimento da espécie, adaptação à região de cultivo e boa aceitação pelo produtor, apresentar tolerância ao déficit hídrico, ser pouca exigente em fertilidade do solo, ter potencialidade na diminuição de pragas, doenças e alelopatia a plantas daninhas e consequentemente possibilitar a produção de matéria seca e o uso em nível comercial.

O sistema de rotação de culturas deve ser adequado para permitir a manutenção de uma cobertura mínima do solo com palha. Na escolha destas plantas, é fator decisivo conhecer a sua adaptação à região e sua habilidade em crescer num ambiente menos favorável, uma vez que as culturas comerciais são estabelecidas nas épocas mais propícias. Isso ocorre nas condições do Brasil Central, onde o inverno é seco, ao passo que na Região Sul, de inverno úmido, não existe essa limitação e há maior opção de plantas adaptadas às condições do inverno. Existem muitas plantas de cobertura para as diferentes regiões do Brasil, e a experiência local é decisiva nesta seleção. Em qualquer situação, deve-se ter sempre em mente que não existe uma planta milagrosa e que o ideal é ter mais de uma dessas espécies no sistema de produção, onde se busca aliar renda à preservação ambiental.

### REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T. **Palhada de braquiária: Redução dos riscos e do custo de produção das lavouras.** In: Integração Lavoura-Pecuária. Informe Agropecuário: Belo Horizonte, v.28, n.240, p.30-38, 2007.

AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G.E.S.; SILVA, J.G.; DEL PELOSO, M.J. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.43, p.150-151, 2000.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKUSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.867-874, 2000.

ARF, M.V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J.P.; GITTI, D.C.; YAMAMOTO, C.J.T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.3, p.430-438, 2011.

BARBOSA FILHO, M.P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N.K.; MENDES, P.N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.2, p.425-431, 2009.

BARBOSA FILHO, M.P.; COBUCCI, T.; MENDES, P.N. **Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005b. 7p. (Circular Técnica, 70).

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.69-76, 2005a.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.69-76, 2005.

BASSAN, D.A.Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.A.C.; SANTOS, N.C.B.; SÁ, M.E.; GUERREIRO NETO, G. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, p.76-83, 2001.

BATAGLIA, O.C.; BRÜGGEMANN, G.; CARDOSO, F.; DECHEN, S. **Estado da arte do plantio direto no Brasil 2007-2012**. In: 13º Encontro Nacional de Plantio Direto, Passo Fundo, 2012.

BINOTTI, F.F.S.; ARF, O.; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, v.66, n.1, p.121-129, 2007.

BOER, C.A.; ASSIS, R.A.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, v.62, n.2, p.235-241, 2003.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. p.13-18.

BORGHI, E. **Produção de milho e capins Marandu e Mombaça em função de modos de implantação do consórcio**. 2007. 142f. Tese (Doutor em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.163-171, 2007.

BRAMBILLA, J.A.; LANGE, A.; BUCHELT, A.C.; MASSATORO, J.A. Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavoura-pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.3, p.263-274, 2009.

CALEGARI, A. **Plantas de cobertura**. In: Sistema plantio direto com qualidade. CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y.R.; PASSINI, J.J. (Editores). Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. p.55-73.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v.1, p.375-470.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipo de feijoeiro cultivado em diferentes ambientes. **Bragantia**, v.62, n.3, p.369-379, 2003.

CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p.2067-2073, 2010.

CARMEIS FILHO, A.C.A.; CUNHA, T.P.L.; MINGOTTE, F.L.C.; AMARAL, C.B.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, v.27, p.66-75, 2014.

CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; ITO, M. F.; BENCHIMOL, L. L.; COLOMBO, C. A.; REGINA, C. L. Novas cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo. In: ITO, M. F.; STEIN, C. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; ITO, M. A. (Coordenadores). **Anais... Dia de Campo de Feijão**, 23. Capão Bonito, SP, Campinas: Instituto Agrônomo, 2007, p. 13-19.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**, oitavo levantamento, safra 2013/14. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 17 de maio de 2014.

DERPSCH, R. Sistemas conservacionistas de produção: como assegurar a sua sustentabilidade? In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. **Resumos...** Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p.383-391.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1097-1104, 2003.

FAO, IFAD, WFP. The state of food insecurity in the world: The multiple dimensions of food security. Rome, FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3434e/i3434e.pdf>>. Acesso em 14 de Janeiro de 2014. 2013.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, v.69, n.1, p.165-172, 2010.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B.; PENARIOL, F.G.; EGÉA, M.M.; GASPAROTO, M.G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.307-312, 2006.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palhada - Brasil. 2010**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; JARDIM, C.A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.70, p.917-924, 2011.

FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; JARDIM, C.A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p.2825-2836, 2012.

FREITAS, F.C.L.; SANTOS, M.V.; MACHADO, A.F.L.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, M.A.M.; SILVA, M.G.O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodossulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.215-221, 2008.

GOMES JUNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; LEAL, A.J.F.; MATOS, F.A.; SÁ, M.E.; HAGA, K.I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.27, n.3, p.455-459, 2005.

GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1229-1235, 2000.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.59-67, 2005.

KLUTHCOUSKI, J., COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J.L.S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santa Helena de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28p. (Documentos/Embrapa Arroz e Feijão, 157).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. **Opções e vantagens da Integração Lavoura-Pecuária e a produção de forragens na entressafra**. In: Integração Lavoura-Pecuária. Informe Agropecuário: Belo Horizonte, v.28, n.240, p.16-29, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L.; BARCELOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: Integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Circular Técnica/Embrapa Arroz e Feijão, 38).

LEMOS, L.B.; FARINELLI, R. **Rotação do feijoeiro em sistemas de produção agrícolas.** Documentos, IAC, Campinas, 85, 2008. p. 1693-1733.

LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D.; CAMARGO, M.B.; SILVA, T.R.B.; SORATTO, R.P. Inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada em genótipos de feijoeiro. **Agronomia**, v.37, n.1, p.26-31, 2003.

LEMOS, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p.319-326, 2004.

LLANILLO, R.F. Avanços e limitações à consolidação do SPD no Paraná. In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. **Resumos.** Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p. 447-450.

MAIA, M.C.; PINTO, J.C.; ANDRADE, I.F.; Estabelecimento de pastagem de capim Tanzânia usando milheto como cultura acompanhante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1312-1319, 2000.

MAROCHI, A.I. **Manejo de plantas de cobertura no sistema plantio direto.** Informações Agronômicas: International Plant Nutrition Institute. Piracicaba, n.116, p.4-5, 2006.

MARTÍNEZ-ROMERO, E. Diversity of Rhizobium-Phaseolus vulgaris symbiosis: overview and perspectives. **Plant Soil**, v.252, p.11–23, 2003.

MEDEIROS, G.B.; CALEGARI, A. **Rotação de culturas.** In: Sistema plantio direto com qualidade. CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y.R.; PASSINI, J.J. (Editores). Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. p.135-141.

MEIRA, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.383-388, 2005.

MINGOTTE, F.L.C. **Adubação nitrogenada no feijoeiro de primavera em sucessão a milho e braquiária em plantio direto.** 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

NUNES, U.R.; ANDRADE JUNIOR, V.C.; SILVA, E.B.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A. O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.943-948, 2006.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, M.J.O., (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba, Potafós, p.169-221, 1996.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J.L.; SANTOS, D.C. **Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: Consorciação de milho com leguminosas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Circular Técnica, 88).

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1079-1087, 2002.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.137-144, 2005.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.35-40, 2004.

PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; CARBONELL, S.A.M. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.2, p.398-406, 2010.

RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; SILVA, T.R.B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v.64, n.1, p.75-82, 2005.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO J.G. (Ed.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras, SBCS/UFLA, 1999. p.291-309.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J. Organic mater dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, v.65, p.1486-1499, 2001.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p.1265-1271, 2003.

SILVA, A.A.; JAKELAITIS, A. FERREIRA, L.R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A.A.; AGNES, E.L. (Eds.). **Manejo integrado: Integração agricultura-pecuária**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.117-169.

SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.25, n.1, p.81-87, 2003.

SILVA, T.R.B.; LEMOS, L.B.; TAVARES, C.A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p.739-745, 2006a.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.391-399, 2006b.

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.377-381, 2005.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (Eds.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. p.305-329.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.895-901, 2004.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v.64, n.2, p.211-218, 2005.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1351-1359, 2013.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro após milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.2669-2680, 2012.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P.; PAGANI, F.A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.4, p.370-377, 2011.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.473-481, 2001.

TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v.66, n.4, p.617-622, 2007.

TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1023-1031, 2004.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.621-633, 2000.

WUTKE, E.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; AMBROSANO, G.M.B. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação de culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, v.57, n.2, p.325-338, 1998.