



**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**RODRIGO SINGULANE GONÇALVES**

**CULTIVO CONSORCIADO DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA COM  
ESPÉCIES DE ADUBO VERDE VISANDO À DIMINUIÇÃO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA**

**ARARAS - 2018**



**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**RODRIGO SINGULANE GONÇALVES**

**CULTIVO CONSORCIADO DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA COM  
ESPÉCIES DE ADUBO VERDE VISANDO À DIMINUIÇÃO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA**

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para  
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Marcio Roberto Soares

**ARARAS – 2018**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família, por ser a base da minha formação e a motivação que me fez levantar todos os dias, não somente nestes últimos cinco anos, mas em toda a minha vida. Agradeço a minha mãe Rosemeire por todos os sacrifícios por quais ela passou por mim e por meu irmão, ao meu pai Pedro por todas as ligações nos momentos mais difíceis, a meu irmão Gustavo, que me ensina a cada dia mais do que ele possa imaginar, as minhas tias Aparecida e Marlene por todo o apoio oferecido durante minha caminhada, as minhas avós Francisca e Maria, por todas as orações e pensamentos positivos e aos meus avôs Selestino e Jesus, que infelizmente não puderam ver o homem que me tornei. Agradeço a toda lágrima derramada, a todo sorriso, a cada briga e a cada reconciliação, se hoje eu sei quem eu sou é graças a vocês.

A todos os professores que de alguma maneira passaram por mim durante a minha graduação, a Profa. Dra. Anastácia Fontanetti e ao Prof. Dr. Rodrigo Gazaffi pela ajuda incondicional na elaboração deste trabalho e em especial ao Prof. Dr. Marcio Roberto Soares, pela oportunidade de ter sido seu orientado, por todos os conselhos, pelas ligações e e-mails tarde da noite, pelas conversas e por todo o conhecimento passado durante nossa convivência, com ele aprendi a ser um melhor aluno, um melhor profissional e uma melhor pessoa. Todos os alunos deveriam ter o apoio e o auxílio que obtive com vocês. Foi uma honra ser seu aluno.

Agradeço ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Fertilidade do Solo (GEFERT), por toda a experiência adquirida. Todos os membros que por ali passaram tiveram um grande impacto na minha vida, em especial aos amigos Ana Lúcia Scavazza, César Augusto Santana e Paulo Henrique Pizzi de Santi, com quem dividi experiências maravilhosas e pelo apoio dentro e fora da universidade. Sem vocês este trabalho não seria possível.

Aos funcionários da seção agrícola, Fausto e Curtulo, que nunca mediram esforços para que as operações necessárias fossem realizadas e por todo conhecimento passado.

Aos funcionários do Laboratório de Fertilidade do Solo (DRNPA/CCA/UFSCar), especialmente ao João Consonni, Larissa, Roberto e Silvia, por todo apoio durante a realização do projeto e principalmente durante as análises deste trabalho.

À Camila Pessoto, por toda a atenção dada aos alunos, sempre prestativa e com um sorriso no rosto.

A todos os funcionários que mantêm a universidade em pleno funcionamento. Aos funcionários da limpeza e do restaurante universitário, aos guardas, aos técnicos e todos aqueles que transformam uma localidade em uma das melhores universidades do país.

Por fim agradeço a todos aqueles que passaram por minha trajetória acadêmica e que de alguma forma me ajudaram não só neste trabalho como também na minha jornada até aqui.

À todos vocês o meu mais sincero obrigado.

**“Quando você está em uma jornada e o objetivo vai ficando mais próximo, você percebe que o verdadeiro objetivo é a jornada.”**

**Eduardo Spohr**

## RESUMO

O milho de segunda safra (“safrinha”) se tornou a principal cultura de outono-inverno. Na safra 2016/2017, a produtividade média foi de 5.303 kg ha<sup>-1</sup>, superando a do milho de primeira safra. Com as expectativas de aumento da produtividade e de ampliação da área cultivada, haverá a necessidade de complementar a adubação de semeadura com N em cobertura, prática muitas vezes suprimida devido ao déficit hídrico no período de cultivo extemporâneo do milho safrinha. O emprego de espécies de adubos verdes nas entrelinhas em consórcio com o milho safrinha tem sido recomendado para manter a umidade do solo. Além disso, considerando que o N do adubo verde pode tornar-se disponível para a cultura principal por mecanismos *in vivo* no cultivo consorciado, é possível diminuir a quantidade de N ofertado em cobertura por fertilizantes. Os objetivos deste estudo foram: (i) avaliar parâmetros biométricos, nutricionais e de produção do híbrido 30A37 PW de milho safrinha, cultivado em consórcio com espécies de adubo verde e com doses de adubação nitrogenada em cobertura; (ii) o grau de supressão da adubação nitrogenada com uso de adubação verde. O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho distrófico, com delineamento em blocos casualizados e esquema fatorial 4x3, com cinco blocos. Os tratamentos foram constituídos por quatro condições de estabelecimento de adubo verde (sem adubação verde; crotalária; feijão guandu anão; crotalária + feijão guandu anão) e por três níveis de adubação nitrogenada de cobertura (0, 15 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N), aos 30 dias após a emergência. Avaliaram-se a massa seca, o diâmetro do colmo, a altura de planta, o nº de folhas acima da espiga, o peso de 1000 grãos, o nº de fileiras por espiga, o nº de grãos por fileira, a massa de grãos por espiga, a massa da espiga sem palha, o comprimento e o diâmetro da espiga, a altura da inserção da primeira espiga, a produtividade e os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S. Os tratamentos não produziram diferenças significativas nos parâmetros biométricos e de produtividade, que foram mais baixos do que os encontrados na literatura. Independentemente do tratamento, os teores foliares de N estiveram acima da faixa considerada adequada para o milho safrinha. Com exceção do tratamento em que houve cultivo de crotalária na entrelinha e adição de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, todas as condições experimentais resultaram em teores foliares de P considerados insuficientes. Apenas as parcelas experimentais em que não houve o cultivo consorciado com adubo verde resultaram em plantas com teores foliares adequados de K. Não foram observados teores foliares insuficientes de Ca, Mg e S. Não foi possível estimar o grau de supressão da adubação nitrogenada do milho safrinha cultivado em consórcio com as espécies de adubo verde. A produtividade média, que variou de 2,2 a 2,4 t ha<sup>-1</sup>, foi considerada muito baixa quando comparada à produtividade média brasileira e foi atribuída à inadequação do híbrido 30A37 PW ao zoneamento climático, às deficiências de P e de K e à provável insuficiência de Zn.

**Palavras-chave:** milho safrinha; *Crotalaria spectabilis*; *Cajanus cajan*; nitrogênio; híbrido 30A37 PW

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos da cultura do milho.....	17
<b>Figura 2.</b> Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes primários na parte aérea da planta de milho ao longo do ciclo fenológico.....	19
<b>Figura 3.</b> Informações climáticas mensais de precipitação pluvial (mm) e de temperatura média (°C) registradas durante o período de execução do experimento.....	27
<b>Figura 4.</b> Croqui do experimento de cultivo de milho de segunda safra em consórcio com espécies de adubo verde.....	28
<b>Figura 5.</b> Área experimental de Latossolo Vermelho distrófico utilizada para o cultivo de milho de segunda safra.....	29
<b>Figura 6.</b> Fase de pendoamento (florescimento masculino – estágio VT) da cultura do milho de segunda safra, cultivada em consórcio com espécies de adubos verdes.....	31
<b>Figura 7.</b> Cultura do milho de segunda safra após a roçagem das espécies de adubos verdes cultivadas em consórcio.....	32
<b>Figura 8.</b> Colheita e aferição dos parâmetros biométricos e da produtividade do milho de segunda safra.....	33
<b>Figura 9.</b> Teores foliares de nitrogênio (N) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	43.
<b>Figura 10.</b> Teores foliares de fósforo (P) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	46
<b>Figura 11.</b> Teores foliares de potássio (K) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Mercado de sementes de milho no Brasil, de acordo com as características agrônômicas de cultivares disponíveis para as safras 2015/2016 e 2016/2017.....	17
<b>Tabela 2.</b> Extração e remoção de macronutrientes primários para produção de 12 t ha <sup>-1</sup> de grãos de milho.....	20
<b>Tabela 3.</b> Estimativa da exportação de N pela cultura do milho na safra 2016/2017.....	21
<b>Tabela 4.</b> Atributos químicos da camada arável do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental cultivada com milho de segunda safra.....	26
<b>Tabela 5.</b> Características das espécies de adubo verde selecionadas para plantio consorciado com milho de segunda safra.....	30
<b>Tabela 6.</b> Soma térmica requerida pelo híbrido de milho 30A37PW e a registrada no período experimental.....	34
<b>Tabela 7.</b> Balanço hídrico simplificado durante o período experimental com a cultura do milho de segunda safra.....	35
<b>Tabela 8.</b> Demanda hídrica da cultura do milho sob diferentes condições de demanda evaporativa.....	35
<b>Tabela 9.</b> Análise de variância de parâmetros biométricos de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	36
<b>Tabela 10.</b> Análise de variância de parâmetros de produtividade de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	36
<b>Tabela 11.</b> Análise de variância de parâmetros nutricionais de milho de segunda safra cultivado em consórcio com adubação verde e sob doses de adubação de cobertura.....	37
<b>Tabela 12.</b> Parâmetros biométricos de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	38
<b>Tabela 13.</b> Parâmetros de produtividade de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	39
<b>Tabela 14.</b> Teores foliares adequados de macronutrientes para a cultura do milho.....	43
<b>Tabela 15.</b> Teores foliares de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.....	47

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. HIPÓTESE E OBJETIVOS.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1. A cultura do milho .....	15
3.1.1. Mercado de sementes de milho na safra 2016/2017.....	14
3.1.2. Fenologia do milho e marcha típica de absorção de nutrientes.....	16
3.1.3. Adubação nitrogenada na cultura do milho.....	19
3.2. Adubo verde.....	21
3.2.1. Transferência de N nos sistemas de consórcio com adubo verde.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.2. Delineamento experimental e análise estatística.....	26
4.3. Instalação e condução do experimento.....	27
4.4. Avaliações biométricas e componentes produtivos.....	31
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1. Condições ambientais.....	34
5.2. Análise de variância.....	36
5.3. Parâmetros biométricos e de produção.....	37
5.4. Parâmetros nutricionais.....	42
6. CONCLUSÕES.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado em grande parte do território brasileiro empregando-se diferentes sistemas de produção. A cultura é explorada através dos cultivos de primeira (verão) e de segunda safras (safrinha). Recentemente, a área plantada, a produção e a produtividade média do milho de segunda safra superaram as do milho de verão. A produtividade média do milho safrinha na safra 2016/2017 está estimada em 5.303 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017) e, considerando o potencial do amplo material genético disponível comercialmente, a eficiência de produção ainda é considerada baixa.

O melhoramento genético tem tido importantes avanços na produção de cultivares mais produtivas para cultivo de milho em segunda safra. Segundo levantamento da Embrapa Milho e Sorgo, na safra 2106/2017 foram disponibilizadas 315 cultivares de milho no mercado, das quais 155 são recomendadas para produção de grãos. Houve predomínio da comercialização de sementes de milho híbrido simples com ciclo precoce, que são cultivares tecnicamente indicados para o cultivo em segunda safra.

Mesmo cultivado sob condições ambientais peculiares de baixas temperaturas e de pouca disponibilidade de água no solo, o cultivo de segunda safra passará a responder cada vez mais pela produção de milho no Brasil, já que o cultivo de primeira safra tem cedido área para o cultivo de soja. Assim, a milhocultura brasileira deverá aprimorar o sistema de produção normalmente empreendido para o cultivo do “safrinha”, ou seja, o nível tecnológico tenderá a aumentar e alguns tratamentos culturais deverão ser revistos (DUARTE, 2015)

Ainda há pouca informação sobre a necessidade de retificar a prática de adubação para atender um novo patamar de produção de milho de segunda safra, a partir de sementes com alto potencial genético e da necessidade de antecipar a semeadura. É provável que haja mudança nos padrões de requerimento nutricional da cultura do milho, sobretudo de nitrogênio (N). Atualmente, a aplicação de 30 t ha<sup>-1</sup> de N tem sido recomendada na ocasião do plantio do milho safrinha, dispensando a adubação nitrogenada de cobertura para produtividades até 3 t ha<sup>-1</sup>. Para produtividades entre 4-6 t ha<sup>-1</sup>, orienta-se o acréscimo de 10-40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, dependendo da produtividade esperada e das classes de resposta a N.

Em razão dos eventos de déficit hídrico no período de cultivo do milho safrinha, a adubação de cobertura muitas vezes é negligenciada. Com o cultivo safrinha em sucessão ao cultivo de soja, o milho tende a se beneficiar do N biologicamente fixado pela leguminosa. Entretanto, não há como afirmar sobre a quantidade de N que será fornecida e, conseqüentemente, sobre a quantidade de N a ser complementada. Mesmo assim, a produtividade do milho safrinha pode ser aumentada com a adubação nitrogenada em cobertura, mesmo quando cultivado em sucessão à soja.

A atual proposta de cultivo do milho de segunda safra conduz aos seguintes questionamentos: (i) as quantidades de N recomendadas para os cultivos de safrinha ainda são suficientes para atender ao potencial produtivo das cultivares modernas? Quais seriam as opções de doses de N recomendadas e como manejar esta adubação? É possível ter estimativa precisa do teor de N disponibilizado pelos restos culturais da cultura antecessora, na maioria das vezes a soja? A disponibilização ocorrerá em consonância com as fases de maior requerimento de N pelo milho safrinha, considerando que os estádios reprodutivos podem coincidir com períodos de forte estresse hídrico? Qual a expectativa de fornecimento de N para o cultivo de safrinha se a cultura antecessora não for uma leguminosa?

O cultivo consorciado com espécies de adubo verde, com alto potencial de fixação biológica ou de reciclagem do N das camadas mais profundas do solo, pode constituir uma estratégia para suprir, ao menos parcialmente, a quantidade de N requerida pelo milho safrinha. Além disso, a cultivo de adubo verde na entrelinha do milho de segunda safra auxilia na manutenção da umidade do solo, reduzindo o impacto negativo do estresse hídrico característico do período. Ainda não há informações suficientemente conclusivas sobre o efeito do adubo verde em pré-cultivo ou em consórcio com a cultura do milho de segunda safra. Considerando que o N da planta utilizada como adubo verde pode tornar-se disponível para a cultura principal por mecanismos *in vivo* no cultivo consorciado, é possível diminuir ou substituir, mesmo que parcialmente, a quantidade de N ofertado em cobertura por fertilizantes.

## 2. HIPÓTESE E OBJETIVOS

Considerando a hipótese de que pode haver diminuição da adubação nitrogenada a partir do cultivo simultâneo de milho com plantas empregadas como adubação verde, os propósitos deste estudo serão cultivar milho de segunda safra em consórcio com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e com feijão guandu anão (*Cajanus cajan* L. Mill sp.) para avaliar: (i) produtividade e importantes parâmetros biométricos, nutricionais e de produção da cultura do milho; (ii) o grau de supressão da adubação nitrogenada com uso de adubação verde.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. A cultura do milho**

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais produzidos e consumidos em todo o mundo e é o segundo grão mais cultivado no território brasileiro (CONAB, 2017). Trata-se de um produto agrícola com grande versatilidade, com ampla utilização que varia desde o consumo *in natura* na alimentação animal até o uso industrial de alta tecnologia e como matriz energética estratégica.

O melhoramento genético e a versatilidade biológica e fisiológica do milho permitiram que a cultura pudesse ser explorada em duas safras: milho de primeira safra (safra de verão) e milho de segunda safra (milho de sequeiro ou “safrinha”). No passado da agricultura brasileira, a produção de milho era restrita ao cultivo de verão ou de primeira safra. O desempenho agrônômico do milho de segunda safra pode ser prejudicado pelas condições ambientais desfavoráveis, caracterizadas pelo déficit hídrico e pelas baixas temperaturas nos estádios de florescimento masculino e enchimento dos grãos. Entretanto, o cultivo do milho safrinha tornou-se viável economicamente com a seleção correta da cultivar, conforme o zoneamento climático, e com a semeadura em períodos que apresentam maior disponibilidade hídrica e térmica (FARINELLI et al., 2003).

Na campanha 2013/2014, foi feito o primeiro registro de que a produção nacional de milho foi maior na segunda safra em comparação com a safra de verão. Na safra 2016/2017, as estimativas apontam que a segunda safra representará 58,2% da produção nacional de milho. Essa mudança na participação no cenário brasileiro se deu graças ao avanço tecnológico na agricultura e à concorrência por área entre o cultivo de milho de primeira safra e o cultivo da soja, ocasionando a gradual diminuição da área plantada com milho de verão (DUARTE, 2015).

De acordo com o monitoramento agrícola – safra 2016/2017 realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), o cultivo de milho de primeira safra atingiu uma produção nacional de 29.299,5 mil toneladas, registrando aumento de 13,3% em relação à safra 2015/16. A área total de cultivo foi de 5.520 mil ha, sendo 2,45 % maior do que a cultivada na safra 2015/16. A produtividade

média nacional de milho na primeira safra de 2016/2017 foi de 5.257 kg ha<sup>-1</sup>. Para o milho segunda safra, a semeadura vem seguindo o ritmo da colheita da soja, especialmente das variedades precoces. No plantio 2017/18, foi cultivado de uma área de 11.433,0 mil ha. A produção atingida foi de 63.261,6 mil toneladas. A produtividade média na safra 2017/18 foi de 5.533 kg ha<sup>-1</sup> (superior à produtividade média do milho de primeira safra).

### **3.1.1. Mercado de sementes de milho na safra 2016/2017**

O desempenho diferenciado das cultivares de milho depende, dentre vários fatores, das suas características agronômicas, tais como: a) tipo: V – variedade, HIV - híbrido intervarietal, HD - híbrido duplo, HT - híbrido triplo, HTm - híbrido triplo modificado, HS - híbrido simples e HSm - híbrido simples modificado; b) ciclo: HP - hiperprecoce, SP - superprecoce, P - precoce, SMP - semiprecoce e N - normal; c) graus dias dias<sup>-1</sup>: duração do ciclo da planta de milho; d) época de plantio: C – cedo, N – normal, T – tarde e S – safrinha; e) uso: G – grãos, SPI - silagem da planta inteira, SGU - silagem de grãos úmidos e MV - milho verde; f) cor do grão: AL – alaranjada, LR – laranja, AV – avermelhada e AM – amarela; g) densidade de plantas: mil plantas na safra/mil plantas na safrinha; h) textura do grão: semidentado e semiduro; i) resistência ao acamamento: A – alta, M – média e MA - média a alta; j) nível de tecnologia : A – alto, M – média e B – baixo (PEREIRA FILHO & BORGHI 2016)..

O levantamento feito pela Embrapa Milho e Sorgo para a safra 2016/17 junto às empresas detentoras dos materiais disponíveis no mercado, e registradas no Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, demonstrou que estiveram disponíveis para os produtores brasileiros 315 cultivares de milho (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2016), ou seja, menos opções do que na safra 2015/2016, em que foram disponibilizadas 477 cultivares (CRUZ et al., 2013). Houve o predomínio da comercialização de sementes de milho híbrido simples com ciclo precoce, tanto para cultivares convencionais como para aquelas com algum evento transgênico (Tabela 1). Grande parte deste resultado é atribuído ao fato do posicionamento técnico destes materiais para o cultivo em segunda safra, normalmente em sucessão à soja.

**Tabela 1.** Mercado de sementes de milho no Brasil, de acordo com as características agronômicas de cultivares disponíveis para as safras 2015/2016 e 2016/2017.

Características Agronômicas				Safr	
				<sup>1</sup> 2015/2016	<sup>2</sup> 2016/2017
<b>Total de cultivares</b>				<b><sup>3</sup>477</b>	<b>315</b>
<b>Tecnologia</b>	Transgênico	<sup>4</sup> 284	(59,54%)	<sup>5</sup> 214	(67,93%)
	Convencional	193	(40,46%)	101	(32,06%)
<b>Tipo</b>	Hibrido simples	194	(60,07%)	213	(67,61%)
	Hibrido simples modificado			10	(3,17%)
	Hibrido triplo	60	(18,57%)	53	(16,82%)
	Hibrido triplo modificado			2	(0,63%)
	Hibrido duplo	32	(9,91%)	19	(6,03%)
	Variedade	37	(11,45%)	16	(5,07%)
<b>Ciclo</b>	Precoce	215	(66,56%)	214	(67,93%)
	Superprecoce	78	(24,14%)	82	(23,03%)
	Hiperprecoce			5	(1,58%)
	Semiprecoce	29	(8,97%)	10	(3,17%)
	Normal			4	(1,27%)
<b>Uso</b>	Grãos	136	(42,11%)	155	(49,21%)
	Silagem planta inteira	145	(44,89%)	120	(38,10%)
	Silagem grãos úmidos	23	(7,12%)	36	(11,36%)
	Milho verde	19	(5,88%)	4	(1,27%)

Fonte: <sup>1</sup>Pereira Filho & Borghi (2016); <sup>2</sup>Cruz et al. (2015).

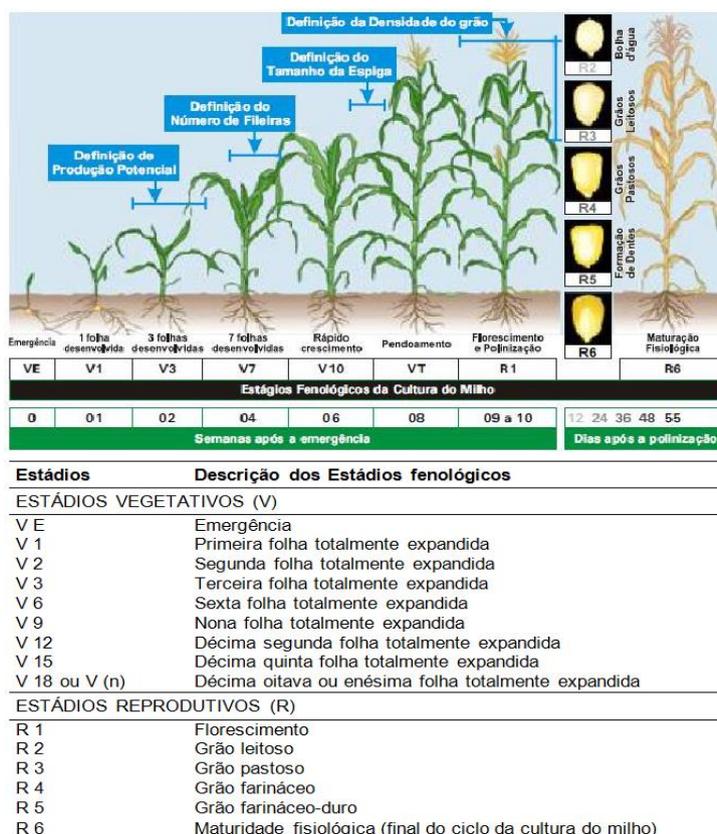
<sup>3</sup>os percentuais para tipo, ciclo e uso foram calculados a partir de 323 cultivares que foram de fato considerados materiais genéticos diferentes; <sup>4</sup>tecnologia transgênica (VT PRO®, Herculex I®, YieldGard®, Agrisure TL®, TL Viptera®, Liberty Link®, Powercore™, Roundup Ready®, VT PRO 3™, Optimum™ ou Intrasect™) para resistência a insetos da ordem lepidóptera e pragas aéreas e de raiz e/ou para herbicidas formulados com glifosato e glufosinato de amônio; 90% das cultivares com informações sobre tolerância às principais doenças do milho; <sup>5</sup>tecnologia transgênica [YieldGard® VT PRO, Intrasect™ (Yildegard, Herculex, Libert Link e Roundup Ready), LEPTRA® (AgrisureViptera, Yildegard, Herculex e LibertLink) ou Powercore™] para controle de pragas (lagarta de parte aérea e do solo) e para resistência à herbicidas formulados com glifosato e glufosinato de amônio; informações disponíveis sobre tolerância às principais doenças do milho.

Em virtude dessa grande quantidade de cultivares comerciais de milho, da rapidez de sua substituição no mercado e da variabilidade de suas características agronômicas (Tabela 1), técnicos e agricultores necessitam informações para a

correta escolha de genótipos mais adequados às condições edafoclimáticas da sua região. Logo, a noção sobre o número, a diversidade e as características agrônômicas dos cultivares (Tabela 1) é importante para compreender que devem existir necessidades muito específicas em cada sistema produtivo, incluindo os requerimentos nutricionais. Não existe um material genético que possa proporcionar o máximo potencial produtivo sem que sejam consideradas as particularidades regionais (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2016).

### 3.1.2. Fenologia do milho e marcha típica de absorção de nutrientes

O sistema de interpretação mais utilizado e que identifica com precisão os estádios fenológicos da planta de milho é aquele que distingue os estádios vegetativos (V) e os reprodutivos (R) (Figura 1) (DOURADO-NETO & FANCELLI, 2000).



**Figura 1.** Estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos da cultura do milho.

Fonte: Dourado-Neto & Fancelli (2000).

O milho é uma planta de biociclo vegetal variado. Contudo, em território nacional, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 160 dias,

principalmente em função da duração do período compreendido entre a semeadura e o ponto de maturidade fisiológica, que caracteriza o genótipo como hiperprecoce, superprecoce, precoce, semiprecoce e normal (FANCELLI, 2015).

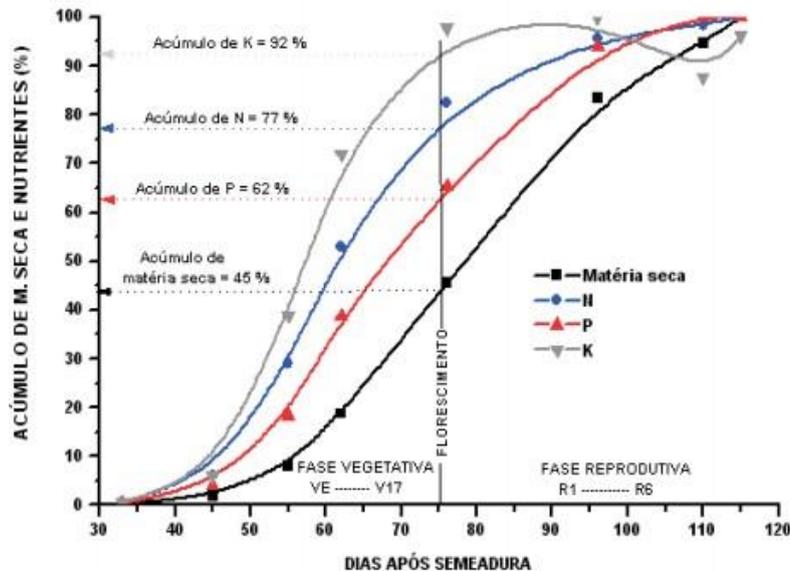
A divisão do ciclo da cultura do milho em estádios vegetativos e reprodutivos permite o estabelecimento de relações entre elementos ligados à fisiologia da planta, ao clima, aos aspectos fitotécnicos e fitossanitários e ao desempenho da cultura. No caso específico dos aspectos associados à nutrição mineral, o conhecimento da fenologia da cultura é determinante para a definição da demanda de nutrientes e para o sucesso das estratégias de manejo da adubação.

A absorção de nutrientes varia em função dos estádios fenológicos e há diferenciação dos padrões de requerimento de cada nutriente (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) em cada fase de desenvolvimento do milho (DUARTE, 2003). De modo geral, a cultura do milho de modo geral apresenta um pico de absorção de N, P e K aos 80 D.A.E., entre 80 e 100 D.A.E. e aos 75 D.A.E., respectivamente. Para os macronutrientes secundários, entre os 80 e 90 D.A.E. é identificado o pico de absorção de Ca e de S, enquanto o pico de absorção de Mg ocorre aos 80 D.A.E. (BULL & CANTARELLA, 1993). O acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de milho é contínuo, a uma taxa diária praticamente constante até próximo da maturidade. O padrão sazonal de acúmulo da maioria dos nutrientes na planta de milho normalmente é semelhante ao do acúmulo de matéria seca (Figura 2).

A Figura 2 ilustra a clássica curva (marcha de absorção) sugerida por Karlen et al. (1987) para demonstrar a acumulação sazonal de matéria seca, N, P e K pela parte aérea da planta de milho, cultivada em um Typic Paleudults, solo semelhante ao Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, e produzindo 10 t ha<sup>-1</sup> de grãos. Os autores estabeleceram que o florescimento, que ocorre dos 70 aos 80 dias após a semeadura (período depende da cultivar e dos fatores edafoclimáticos), é uma fase importante do ciclo em que a planta, ao passar dos estádios V para os estádios R, tende a ter acumulado apenas 45% do total de matéria seca, mas já acumulou 77%, 62% e 92% do total de N, P e K, respectivamente, necessários até o final do ciclo. Para Farinelli et al. (2003), o conhecimento do ciclo até o florescimento é importante na escolha da cultivar e no planejamento da época de semeadura do milho de segunda safra, pois este estágio deve coincidir com o período de menor

probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no solo.

**Figura 2.** Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes primários na parte aérea da planta de milho ao longo do ciclo fenológico.



Fonte: modificado de Karlen et al. (1987).

Há tendência de as cultivares e/ou híbridos de milho se tornarem mais exigentes em nutrientes, pois o melhoramento genético busca tornar as plantas mais produtivas. A Tabela 2 contém informações sobre a extração e a remoção de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por híbridos transgênicos modernos de milho de alta produção, cultivados em solos de alta fertilidade.

De maneira geral, as absorções de N, P, K, Ca, e Mg aumentam com o acréscimo da produtividade da cultura do milho. O N é o nutriente absorvido em maior quantidade seguido por K, P, Ca e Mg (COELHO & FRANÇA, 1995). Em média, para cada tonelada de grãos produzida, a planta de milho extrai do solo 24,9 kg de N, 5,9 kg de P, 26,7 kg de K, 6,6 kg de Ca, 7,9 kg de Mg e 2,5 kg de S. Considerando uma tonelada de grãos produzida, do total extraído do solo pela planta de milho, são exportados pelos grãos 15,6 kg de N, 4,8 kg de P, 5,1 kg de K, 0,4 kg de Ca, 2,2 kg de Mg e 1,2 kg de S. No que se refere à exportação dos nutrientes, o P é quase todo translocado para os grãos (77% a 86%), seguido pelo N (70% a 77%), pelo S (60%), pelo Mg (47% a 69%), pelo K (26% a 43%) e pelo Ca (3% a 7%) (RITCHIE et al., 2003).

**Tabela 2.** \*Extração e remoção de macronutrientes primários para produção de 12 t ha<sup>-1</sup> de grãos de milho.

Nutriente	Absorção total		Remoção pelos grãos		**Índice de colheita	
	média	variação	média	variação	média	variação
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				----- % -----	
N	286	266-307	166	145-188	58	51-62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	114	100-133	90	73-108	79	70-82
K <sub>2</sub> O	202	181-225	66	57-78	33	27-37

Fonte: Bender et al. (2013).

\*resultados médios de seis híbridos transgênicos [Monsanto Company (St. Louis, MO) - DKC61–21SSTX (111 RM), DKC61–69 VT3 (111 RM), DKC63–42 VT3 (113 RM), DKC64–24 VT3 (114 RM); Pioneer Hi-Bred (Johnston, IA) - P33W84 HXX (111 RM); Syngenta Seeds (Minnetonka, MN) - Golden Harvest H-9014 3000GT (112 RM)], cultivados em dois locais (DeKalb, IL) - Aquic Argudolls (semelhante ao Chernossolo, conforme EMBRAPA (2013); Urbana, IL) - Typic Endoaquolls (semelhante ao Chernossolo, conforme EMBRAPA (2013)); \*\*percentual da absorção total de nutriente presente no grão.

### 3.1.3. Adubação nitrogenada na cultura do milho

O N é o nutriente que mais influencia na produtividade de grãos, o que mais onera o custo de produção da cultura do milho e o que mais está sujeito a perdas no sistema solo- planta-atmosfera (SILVA et al., 2005).

Devido aos potenciais de produção de biomassa e de produtividade de grãos de cultivares de milho mais modernos (item 3.1.1.), as quantidades de nutrientes exigidas tendem a aumentar (VON PINHO et al., 2009; BENDER et al., 2013) e, conseqüentemente, há a necessidade de ajustes nas quantidades recomendadas de nutrientes, sobretudo de N e de K (SILVA et al., 2015).

No período 2009-2012, a cultura do milho consumiu 3.348.625 t de N, com desfrute (percentual exportado pelos produtos de colheita em relação ao que foi aplicado) médio de 79% (CUNHA et al., 2014). A Tabela 3 mostra a provável estimativa de exportação de N pelas culturas de milho de primeira e de segunda safras na campanha 2016/2017.

**Tabela 3.** Estimativa da exportação de N pela cultura do milho na safra 2016/2017.

Cultura	Área plantada	Produtividade média	Produção total	*Exportação de N
	1000 ha	kg ha <sup>-1</sup>	t	t
Milho total	15.922,5	5.293	84.277.792	1.331.589
Milho 1ª safra	5.387,7	5.267	28.377.015	448.356
Milho 2ª safra	10.534,8	5.310	55.939.788	883.848

\* considerando que a concentração média de N no produto da colheita da cultura do milho seja de 15,8 g kg<sup>-1</sup> (Cunha et al., 2014).

Para as condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo, não há um método consolidado para a análise de N em amostras de solo e as recomendações são sustentadas no histórico da área, na produtividade esperada e em poucos ensaios regionais conduzidos por fabricantes de sementes. A recomendação de adubação do milho safrinha no Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997) prevê a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na ocasião do plantio, o que dispensaria a adubação nitrogenada de cobertura para produtividades de até 3 t ha<sup>-1</sup>. Entretanto, a produtividade média precisará se manter acima de 5 t ha<sup>-1</sup>, para compensar a redução da área de plantio de milho de primeira safra. Neste caso, seria necessária a complementação com 10 (milho após soja ou outra leguminosa) a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N (milho após outra gramínea de verão) em cobertura, cuja eficiência e viabilidade são limitadas pelos eventos de déficit hídrico.

No cultivo de milho de segunda safra, há a ideia equivocada de que a adubação tende a ser menor quando comparada à do milho verão, porque a cultura tem menor potencial produtivo. Com o aumento da produtividade e a ampliação da área de cultivo do milho safrinha, verificou-se que, para produzir acima de 6 t ha<sup>-1</sup>, é fundamental complementar a adubação de semeadura com N em cobertura, em doses compatíveis com a produtividade esperada. Souza et al. (2011) concluíram que o incremento das doses de N aumentou a produtividade de grãos do híbrido simples AG 5020 de milho safrinha, cultivado em Latossolo Vermelho distrófico, após milho e sob irrigação, até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. Gazola et al. (2014) testaram doses de N em cobertura (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) no cultivo do milho safrinha cultivar Pioneer 305 31H em Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico e observaram que a máxima produtividade de grãos ocorreu com a aplicação de 149,5 kg ha<sup>-1</sup> de N.

### 3.2. Adubo verde

Nas regiões tropicais e subtropicais, a diminuição do potencial produtivo dos solos agrícolas tem sido atribuída, principalmente, aos processos de erosão e de decomposição da matéria orgânica do solo (SÁ et al., 2001). Uma das estratégias para minimizar perdas de nutrientes em sistemas de produção agrícola, é manter as áreas constantemente vegetadas.

A adubação verde traz muitos efeitos benéficos, como: aumentar o teor de matéria orgânica, desde que utilizada continuamente; diminuir índices de erosão, protegendo o solo de chuvas fortes; aumenta a retenção de água no solo; recupera solos degradados e adensados; diminui a perda de nutrientes, como o N; reduz a quantidade de plantas invasoras; favorece a proliferação de minhocas no solo e interrompe o ciclo e reduz o ataque de pragas e doenças. Os adubos verdes têm grande potencial para disponibilização de quantidades variáveis de nutrientes, que podem ser assimilados pelas raízes de outras espécies cultivadas em sequência, em rotação, simultaneamente em consórcio, intercaladamente ou em aleias (WUTKE et al., 2014).

É primordial escolher espécies com elevada capacidade de acumular N na fitomassa, seja pela fixação de N<sub>2</sub> atmosférico, como no caso das leguminosas, seja pela absorção do nutriente no solo (reciclagem), ou por ambas em conjunto (OLIVEIRA et al., 2002). O cultivo de adubos verdes na entressafra, sobretudo de leguminosas, antecedendo a cultura do milho, tem sido uma alternativa promissora na suplementação de N (GONÇALVES et al., 2000). Existem várias formas de utilização de leguminosas como fonte de N para o solo. A mais comum é a sua utilização sob a forma de pré-cultivo, em que o adubo verde precede a cultura principal, que se beneficia posteriormente com a mineralização do N. Porém, nas condições tropicais úmidas, essa prática tem limitações quanto ao fornecimento de N em virtude das altas temperaturas e excessiva umidade, que proporcionam uma mineralização acelerada dos resíduos. Se a cultura sucessora não tem sua demanda sincronizada com a mineralização do N do adubo verde, perdas significativas podem ocorrer e tornar a prática ineficiente como alternativa de adubação (WUTKE et al., 2014).

Bordin et al. (2003), em experimento realizado na Faculdade de Ciências

Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – FCAV|UNESP durante os meses de março de 2000 e abril de 2001, cultivaram feijão (cultivar Pérola do tipo comercial Carioca), em semeadura de “inverno”, com subsequentemente cultivo de arroz (cv IAC 202), em Latossolo Vermelho. As seguintes espécies foram usadas como adubos verdes: feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), *Crotalaria juncea* cv IAC-KR1, milheto cv BN-2 (*Pennisetum glaucum*), sorgo cv AG-2501C e sorgo guiné (*Sorghum bicolor* tipo guinea). O cultivo do feijão em sucessão às leguminosas apresentou maiores produtividades, com menores doses de adubação nitrogenada. Uma das importantes conclusões do estudo indicou que o cultivo anterior de adubos verdes, representados por espécies de leguminosas, pode suprir parcialmente a necessidade de N da próxima cultura.

Os efeitos da prática de adubação verde têm sido observados nas mais variadas condições de clima e solo. Faria et al. (2007) conduziram experimento no Campo Experimental de Bebedouro, da EMBRAPA Semi-Árido, em Petrolina | PE, de janeiro de 1999 a dezembro de 2001. Em Argissolo Amarelo eutrófico de textura arenosa, houve cultivo de melão (*Cucumis melo*) e dos seguintes adubos verdes: milho (*Zea mays*), como testemunha, mucuna preta (*Mucuna aterrima*), milho + caupi (*Vigna unguiculata*). Os adubos verdes foram cultivados da seguinte forma: dois cultivos sucessivos de crotalária (*Crotalaria juncea*) no primeiro ano, milheto (*Pennisetum glaucum*) + caupi no segundo e crotalária + caupi no terceiro. Todos os tratamentos com os adubos verdes proporcionaram aumentos nos valores de Ca e da CTC do solo nas camadas superficiais em relação a testemunha (milho solteiro sem palhada), com exceção da mucuna de 0-10 cm. Além disso, na camada de 0-10 cm houve aumento nos teores de K e MO do solo em todos os tratamentos com exceção dos teores de K no milho+caupi.

A utilização do consórcio possibilita a pronta disponibilidade de N para a cultura principal no momento do corte da leguminosa. Neste caso, a cultura principal se beneficia do N<sub>2</sub> fixado pela leguminosa, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados e pela decomposição dos nódulos e raízes, ou mais intensamente pelo corte da parte aérea da leguminosa que irá se decompor e liberar nutrientes durante o desenvolvimento da cultura principal. Normalmente, as leguminosas contêm altos teores de N em seus tecidos no período de floração, o que significa uma contribuição acima de 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, com um percentual de 60% a 80% do N

proveniente da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (GILLER & WILSON, 2001).

De acordo com Doneda et al. (2012), o cultivo consorciado entre leguminosas e crucíferas com gramíneas resultou em maior produção de fitomassa do adubo verde. Também observaram maior teor de N acumulado na parte aérea dos consórcios. Quando consorciadas, a relação C/N da fitomassa das plantas de cobertura foi intermediária àquela observada em cultura pura, o que significa que o plantio misto deve ser mais vantajoso.

O uso de adubos verdes (tremoço branco, aveia preta + tremoço branco e aveia preta + nabo forrageiro) é uma alternativa viável para a obtenção de alto rendimento de grãos de milho, dispensando a fertilização nitrogenada em cobertura (LÁZARO et al., 2013). De acordo com Beutler (1997) as leguminosas cultivadas nos sistemas de culturas suprem em mais de 50% as exigências de N pela cultura do milho, proporcionando uma economia superior a 65 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio mineral.

### **3.2.3. Transferência de N nos sistemas de consórcio com adubo verde**

O N fixado ou reciclado por uma leguminosa pode ser utilizado pela cultura em consórcio ou pela cultura cultivada em sucessão. Ainda não estão completamente esclarecidos os mecanismos de transferência de N de uma planta para outra nos sistemas de consórcio (WUTKE et al., 2014), mas reconhece-se que o N da planta utilizada como adubo verde pode tornar-se disponível para a cultura principal das seguintes formas (GILLER, 2001; SAKAI et al., 2011): (i) por estruturas vegetais abaixo do solo, através da senescência das raízes e dos nódulos, dos exsudados radiculares e da transferência direta entre raízes por conexões micorrízicas; (ii) por estruturas vegetais acima do solo, através da decomposição de folhas e outros resíduos vegetais.

O N fixado se torna disponível assim que a leguminosa é cortada em um sistema de consórcio, através da excreção de compostos de N da raiz e da decomposição de nódulos radiculares, mas principalmente pela decomposição e liberação de nutrientes acima do solo após o corte (CASTRO et al., 2004). Segundo AITA et al. (2001), aproximadamente 60% do N acumulado na parte aérea das leguminosas foi liberado durante os primeiros 30 dias após o seu manejo.

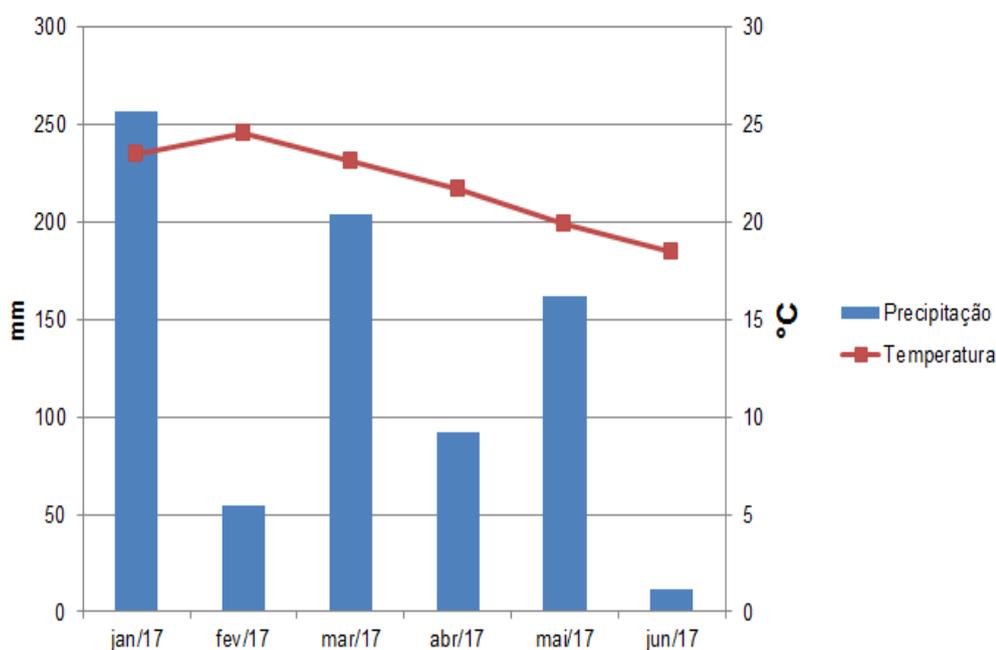
Para a maximização dos benefícios da adubação verde, a velocidade de

liberação vai depender da taxa de mineralização, da sincronização com a demanda de nutrientes e da taxa de captação da cultura comercial. Giller (2001) observou que 40% ou mais de N está disponível após duas semanas de incorporação de restos vegetais de leguminosas no solo. Há relatos de que até 35% do N de leguminosas pode ser utilizado pelo milho (WUTKE et al., 2014). A sincronização da taxa de liberação de N pelo adubo verde com a demanda por culturas comerciais é uma importante estratégia de manejo. Assim, o uso de adubos verdes como cobertura vegetal torna o processo de mineralização mais lento, e a chance de sincronização com a demanda da cultura comercial é maior.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Ambiente edafoclimático

O estudo foi conduzido em área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA-UFSCar), localizado no Município de Araras-SP (latitude 22°18'S e longitude 47°23'O; 690 m de altitude). Conforme a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa, mesotérmico com verões quentes e úmidos e invernos secos, com precipitação anual média de 1.430 mm e temperatura média anual de 21,45°C. As informações climáticas registradas durante o período de condução do experimento (Figura 3) foram coletadas junto à Estação Meteorológica Automática-EMA do Centro de Ciências Agrárias-CCA-UFSCar.



**Figura 3.** Informações climáticas mensais de precipitação pluvial (mm) e de temperatura média (°C) registradas durante o período de execução do experimento.

A soma térmica (em graus-dia) foi calculada pela equação (CRUZ, 1993):  $GD = n\{[(T_{máx} - T_{mín})/2] - T_b\}$ , em que GD é o total de graus-dia acumulado;  $T_{máx}$  é a temperatura do ar máxima diária (°C), sendo consideradas as temperaturas  $\leq 30^\circ\text{C}$ ;  $T_{mín}$  é a temperatura do ar mínima diária (°C), sendo consideradas as temperaturas

$\geq 10^{\circ}\text{C}$ ; Tb é a temperatura-base ( $^{\circ}\text{C}$ ), considerada  $10^{\circ}\text{C}$  para o milho; n é o número de dias dos períodos semeadura-pendoamento e semeadura-colheita. O período de pendoamento ou de florescimento masculino (estádio VT) foi considerado quando 50% das plantas estavam pendoadas.

O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (EMBRAPA, 2013). Para a caracterização química do solo para fins de fertilidade (Tabela 4), foram retiradas amostras na profundidade de 0-20 cm para análise conforme métodos de Raji et al. (2001).

**Tabela 4.** Atributos químicos da camada arável do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental cultivada com milho de segunda safra.

$P_{\text{resina}}$	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC <sub>t</sub>	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mmolc dm <sup>-3</sup>						%		mg dm <sup>-3</sup>					
20	23	5,9	3,4	19	11	22	0,6	33,4	55,4	60,3	26	0,18	5,0	119,5	16	1,0

#### 4.2. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados (Figura 4), em esquema fatorial 4x3, com 12 tratamentos e cinco blocos, sendo constituído por quatro condições de estabelecimento de adubo verde (sem adubação verde; crotalária; feijão guandu anão; crotalária + feijão guandu anão) e por três níveis de adubação nitrogenada de cobertura [sem adubação ( $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ; 100% da dose recomendada de N ( $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ) aos 30 DAE (Raji et al., 1997); 50% dose recomendada de N ( $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ) aos 30 DAE].

Cada parcela experimental foi constituída por 5 linhas de 5 m de comprimento, sendo a área útil formada pelas três linhas centrais, desprezando-se 1 m do início e do final da linha, totalizando  $7,5 \text{ m}^2$  disposição das parcelas em cada bloco foi aleatorizada (Figura 4).

Os resultados médios das variáveis estudadas (item 4.4.) foram submetidos à análise de variância (teste F) e, quando significativos, foram desdobrados para comparação das médias dos tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, empregando o software estatístico R (R CORE TEAM,

2018).

55-SAD1	56-CD0,5	57-MD1	58-CD0	59-FD1	60-MD0,5	V
49-FD0,5	50-FD0	51-SAD0	52-CD1	53-MD0	54-SAD0,5	
43-CD1	44-MD0	45-SAD0,5	46-MD0,5	47-FD1	48-MD1	IV
37-CD0,5	38-FD0	39-SAD0	40-SAD1	41-CD0	42-FD0,5	
31-SAD0	32-MD1	33-CD0,5	34-SAD0,5	35-FD0	36-FD1	III
25-MD0	26-SAD1	27-CD1	28-CD0	29-FD0,5	30-MD0,5	
19-MD0,5	20-FD0,5	21-FD0	22-CD1	23-MD1	24-CD0	II
13-MD0	14-CD0,5	15-FD1	16-SAD1	17-SAD0,5	18-SAD0	
7-MD1	8-FD0	9-CD1	10-SAD0,5	11-MD0	12-MD0,5	I
1-FD1	2-SAD1	3-CD0,5	4-CD0	5- AS D0	6-FD0,5	

**Figura 4.** Croqui do experimento de cultivo de milho de segunda safra em consórcio com espécies de adubo verde; adubo verde: C - crotalária, F - feijão guandu anão, M – crotalária + feijão guandu anão, AS-sem adubo verde; doses de nitrogênio em cobertura: D0-Dose 0; D0,5-Dose 50% da dose recomendada; D1: Dose 100% da dose recomendada; I a V – blocos.

### 4.3. Instalação e condução do experimento

O preparo do solo iniciou-se aos 20 dias antes da semeadura, com a operação de gradagem. A análise de solo indicou  $V\%=60,3\%$  (Tabela 4). Segundo Raji et al. (1997), valores de saturação por bases superiores a 50% constituem condição favorável ao cultivo do milho de segunda safra. Aos 30 dias antes do plantio, procedeu-se o controle de plantas daninhas com os herbicidas dessecantes glifosato e 2,4-D, na dosagem de 1 e 2 L  $ha^{-1}$  do produto comercial, respectivamente.

A semeadura manual ocorreu em 21/02/2017 (Figura 5A), em solo gradeado, destorroado e nivelado. Os sulcos foram feitos com espaçamento em fileira única de 0,5 m entrelinhas (Figura 5B), com três plantas de milho  $m^{-1}$ , resultando na densidade populacional de 60.000 plantas  $ha^{-1}$ , conforme recomendação do fabricante. A emergência das plântulas foi observada em 03/03/2017.



**Figura 5.** Área experimental de Latossolo Vermelho distrófico utilizada para o cultivo de milho de segunda safra.

Para o plantio do milho de segunda safra, foi utilizado o híbrido 30A37 PW (<sup>1</sup>Morgan<sup>TM</sup>), que tem como características agrônômicas ciclo precoce, sistema radicular com ótima resistência física, arquitetura semiereta e porte médio, bom empalhamento e debulha fácil, tipo de grão com cor amarelo-alaranjada e textura semidura. As sementes foram previamente tratadas pelo fornecedor com inseticida sistêmico Cruiser® 350 FS (ingrediente ativo tiametoxam; 120 mL do produto comercial/60.000 sementes), para controle preventivo de cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*), cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), lagarta-elasm (*Elasmopalpus lignosellus*), percevejo-barriga-verde (*Dichelops furcatus*) e coró (*Liogenys fuscus*).

Concomitantemente à semeadura do milho, procedeu-se a semeadura das duas espécies de adubo verde pertencentes à família Fabaceae, cujas características, informadas pela empresa fornecedora <sup>2</sup>Sementes Pirai©, estão na Tabela 5. Foi adotado o método manual de semeadura em linha, respeitando a densidade recomendada de sementes por metro linear (Tabela 5). Na entrelinha da

---

<sup>1</sup><https://www.morgansementes.com.br/produtos/>; <sup>2</sup><http://www.pirai.com.br/>

cultura do milho, à 0,15 m da linha, foram feitos dois sulcos espaçados de 0,15 m entre si para a semeadura do adubo verde. A escolha destes adubos verdes se deu exatamente por suas características agronômicas (Tabela 5), por apresentarem uma altura compatível com o milho, não causando competição por luz, hábito de crescimento ereto, para não prejudicar a colheita mecânica e ciclo até o florescimento compatível com o ciclo do milho, além de serem fixadores de nitrogênio.

**Tabela 5.** Características das espécies de adubo verde selecionadas para plantio consorciado com milho de segunda safra.

Características	Espécie/Cultivar Nome vulgar		
	<i>Crotalaria spectabilis</i> /Comum Crotalária spectabilis	<i>Cajanus cajan</i> /IAPAR 43 Feijão guandu anão	
Massa verde (t ha <sup>-1</sup> )	20 a 30	20 a 30	
Massa seca (t ha <sup>-1</sup> )	4 a 6	4 a 7	
Altura (m)	1,0 a 1,5	1,0 a 1,5	
Ciclo até florescimento (dias)	90-100	90-120	
Hábito de crescimento	Arbustivo ereto	Arbustivo ereto	
Altura (m)	1,2-1,5	1,0-1,2	
*Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	100 a 160	100 a 160	
**Semeadura	***PMS (g)	16 a 18	70 a 75
	Em linha (kg ha <sup>-1</sup> )	20	35
	Espaçamento (m)	0,25	0,50
	Sementes m <sup>-1</sup>	28 a 31	33 a 36
	A lanço (kg ha <sup>-1</sup> )	25	60
	Sementes m <sup>-2</sup>	139 a 156	80 a 86

Fonte: <sup>2</sup>Sementes Piráí.

\*fixado + reciclado; \*\*2<sup>a</sup> safra e tardio; \*\*\*peso de mil sementes

O cálculo da adubação de plantio do milho de segunda safra foi baseado na produtividade esperada de 4-6 t ha<sup>-1</sup>, conforme Raij et al. (1997). A dose recomendada de nitrogênio (N) foi de 30 kg ha<sup>-1</sup>. As doses recomendadas de fósforo (P) e de potássio (K) foram estabelecidas levando-se em conta o teor destes nutrientes no solo (Tabela 4) e os limites de interpretação sugeridos. Para o P, o teor encontrado no solo foi considerado médio, recomendando-se 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para o K, o teor foi considerado alto, recomendando-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. As

quantidades de N, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O foram fornecidas na ocasião do plantio, pela adição de 204,5 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 04-20-20. A classe de resposta a N na adubação de cobertura foi considerada média, pois anteriormente houve cultivo de verão com sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. A dose recomendada foi de 30 kg ha<sup>-1</sup>, fornecida pela aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio no estágio de 6 a 8 folhas totalmente desdobradas (cerca de 30 dias após a emergência das plantas).

O controle de plantas infestantes foi realizado em pós-emergência (40 DAE) com herbicida à base de mesotrione, na dosagem de 0,2 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial (Callisto®). Para o controle de pragas, foi realizada aos 30 DAE uma pulverização com o inseticida à base de imidacloprido, na dosagem de 300 g ha<sup>-1</sup> do produto comercial (Warrant 700 WG®) e de fenpropatrina, na dosagem de 150 mL ha<sup>-1</sup> do produto comercial (Meothrin 300®), para controle da lagarta-do-cartucho [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)].

A amostragem de folhas para análise química do tecido vegetal ocorreu na fase de pendoamento (50% das plantas pendoadas, 01/05/2017) (Figura 6), coletando-se o terço central da folha oposta à base da espiga (Raij et al., 1997). Foram amostradas duas plantas por linha de cada parcela útil. A diagnose foliar foi feita após análise dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), conforme métodos de Bataglia et al. (1983).



**Figura 6.** Fase de pendoamento (florescimento masculino – estágio VT) da cultura do milho de segunda safra, cultivada em consórcio com espécies de adubos verdes.

O corte dos adubos verdes foi realizado com o auxílio de roçadeira costal, quando ambas as espécies estavam na fase final de florescimento e início da formação das vagens, que ocorreu aos 90-120 dias após o plantio (Tabela 5) (Figura 7). Os restos vegetais foram mantidos na entrelinha do milho para cobertura do solo.



**Figura 7.** Cultura do milho de segunda safra após a roçagem das espécies de adubos verdes cultivadas em consórcio.

#### **4.4. Avaliações biométricas e componentes produtivos**

Para as avaliações biométricas, foram colhidas 15 plantas aleatoriamente na área útil da parcela, aos 135-140 DAE (umidade dos grãos entre 20 e 25%) (Figura 8). Os procedimentos foram os seguintes: a) diâmetro do colmo (DC): determinado no primeiro entrenó acima do colo da planta (DEMÉTRIO et al., 2008); b) altura de planta (AP): obtida a partir da medida da distância entre a superfície do solo e a base da inflorescência masculina (EMBRAPA, 2009); c) nº de folhas acima da espiga (NFAE): contagem de folhas acima da emissão da espiga superior (EMBRAPA, 2009); d) número de fileiras por espiga (NFE): contagem do número de

fileiras verdadeiras em três espigas, obtendo-se a média para uma espiga (SOUZA et al., 2015); e) número de grãos por fileira (NGF): contagem do número de grãos na fileira de três espigas da extremidade basal até a extremidade apical da espiga (SOUZA et al., 2015); f) massa de grãos por espiga (MGE): obtida após a debulha manual de três espigas, computando-se a média por espiga (massa úmida – MU). Em seguida, uma amostra foi retirada para correção dos valores para 13% de umidade (massa seca – MS) (SOUZA et al., 2015); g) massa da espiga sem palha (MESP): aferição da massa de três espigas, sem palha, obtendo-se a média por espiga (SOUZA et al., 2015); h) comprimento da espiga (CE): medido da extremidade basal até a extremidade apical da espiga (SOUZA et al., 2015); i) diâmetro da espiga (DE): mensurado no terço médio da espiga com auxílio de paquímetro digital (SOUZA et al., 2015); j) altura da inserção da primeira espiga (AIPE): medida da distância do nível do solo até o nó de inserção da primeira espiga (SOUZA et al., 2015); l) produtividade: as espigas coletadas por parcela útil foram debulhadas, com posterior medida da massa de grãos, corrigida para 13% de umidade. O peso médio de grãos por planta foi multiplicado pelo estande de 60.000 plantas, para cálculo da produtividade em  $t\ ha^{-1}$ .



**Figura 8.** Colheita e aferição dos parâmetros biométricos e da produtividade do milho de segunda safra.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Condições ambientais

A cultura do milho é particularmente sensível à temperatura, ao fotoperíodo e à incidência de radiação solar. Observou-se que a soma térmica ( $\text{graus-dia}^{-1}$ ), tanto no período da emergência ao pendoamento, quanto no período da emergência à colheita, foi adequada para a cultura (Tabela 6).

**Tabela 6.** Soma térmica requerida pelo híbrido de milho 30A37PW e a registrada no período experimental.

Soma térmica - $\text{graus dia}^{-1}$ (GDU)		
*Recomendado	Observado	
	**GDU - 1	***GDU - 2
810	781	1484

\*da emergência à maturação fisiológica – Informações do fabricante Morgan <sup>TM</sup> para o híbrido 30A37PW

\*\*da emergência ao pendoamento

\*\*\*da emergência à maturação fisiológica

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ,  $\text{mm dia}^{-1}$ ) no período de março a junho variou de 1,9 a 3,8 (Tabela 7), indicando que o período de cultivo foi de baixa a moderada demanda evaporativa, conforme critérios da EMBRAPA Milho e Sorgo. Nestas condições, o consumo de água pela cultura tende a oscilar de 480 a 530 mm (Tabela 8), mas o consumo real, estimado pelo somatório dos valores de  $ET_c$  de março a julho, foi de 244,5 mm.

Durante o experimento, sobretudo nas fases de formação da colheita, não houve déficit hídrico e estresse por água (Tabela 7).

**Tabela 7.** Balanço hídrico simplificado durante o período experimental com a cultura do milho de segunda safra.

Mês	<sup>1</sup> ET <sub>0</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )	<sup>2</sup> Estádio / K <sub>c</sub>	<sup>3</sup> ET <sub>c</sub>		Precipitação mensal (mm mês <sup>-1</sup> )	<sup>4</sup> Balanço hídrico (mm)	Armazenamento de água no solo (mm)
			(mm dia <sup>-1</sup> )	(mm mês <sup>-1</sup> )			
Março	3,8	I / 0,30-0,40	1,3	40,3 (31 dias)	203	+203	+162,7
Abril	2,9	II / 0,80-0,85	2,4	72,0 (30 dias)	92	+254,7	+182,7
Mai	2,0	III / 1,05-1,20	2,2	68,2 (31 dias)	161	+343,7	+275,5
Junho	1,9	IV / 0,80-0,95	1,7	51,0 (30 dias)	11	+286,5	+235,5
Julho	2,2	V / 0,55-0,60	1,3	13,0 (10 dias)	0	+235,5	+222,5

<sup>1</sup>evapotranspiração de referência; <sup>2</sup>estádio I: até 10% do desenvolvimento vegetativo; estágio II: até 80% do desenvolvimento vegetativo; estágio III: florescimento; estágio IV: maturidade fisiológica; estágio V: colheita; K<sub>c</sub> = coeficiente da cultura; <sup>3</sup>ET<sub>c</sub> (evapotranspiração da cultura) = ET<sub>0</sub> x K<sub>c</sub>; <sup>4</sup>balanço hídrico simplificado, desconsiderando perdas de água por percolação e por escoamento superficial; balanço hídrico março = precipitação mensal; armazenamento de água março = precipitação março - ET<sub>c</sub> março; balanço hídrico dos demais meses = (armazenamento de água do mês anterior + precipitação mensal do mês); armazenamento de água dos demais meses = balanço hídrico do mês - ET<sub>c</sub> do mês.

**Tabela 8.** Demanda hídrica da cultura do milho sob diferentes condições de demanda evaporativa.

Demanda evaporativa	*ET <sub>0</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )	**Consumo de água da cultura (mm)
Baixa	ET <sub>0</sub> ≤ 2,5	480
Moderada	2,5 < ET <sub>0</sub> ≤ 5,0	530
Alta	5,0 < ET <sub>0</sub> ≤ 7,5	590
Muito alta	ET <sub>0</sub> ≥ 7,5	640

\*evapotranspiração de referência

\*\*valores referentes para a produção de grãos

## 5.2. Análise de variância

Os tratamentos não resultaram em diferenças significativas nos parâmetros biométricos (Tabela 9) e nos parâmetros de produtividade (Tabela 10). Porém, com exceção do diâmetro do colmo (DC), todas as variáveis apresentaram influência de blocos, indicando que as condições locais não foram homogêneas.

Os tratamentos com adubos verdes resultaram em diferenças significativas nos teores foliares de K e de Mg, enquanto as doses de adubação nitrogenada de cobertura alteraram os teores foliares de N Os teores de N, K, e S

foram significativamente influenciados pelo efeito da disposição dos blocos. Os coeficientes de variação foram satisfatórios para um experimento conduzido em condições de campo (Tabela 11).

**Tabela 9.** Análise de variância de parâmetros biométricos de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

ANOVA – p-valor do teste F							
Fonte de variação	gl	AP	AIE	NFAE	<sup>1</sup> DC	CE	DE
Bloco	4	p<0,01**	p<0,01**	p<0,01**	0,53 <sup>ns</sup>	p<0,01**	p<0,01**
Adubo verde (AV)	3	0,46 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	0,94 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
AV X D	6	0,18 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>
<b>CV%</b>		<b>5,44%</b>	<b>8,66%</b>	<b>4,29%</b>	<b>14,82%</b>	<b>9,25%</b>	<b>2,68%</b>

gl: grau de liberdade; AP: altura de planta; AIE: altura de inserção da espiga; NFAE: nº de folhas acima da espiga; DC: diâmetro do colmo; CE: comprimento da espiga; DE: diâmetro da espiga; ns: não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

<sup>1</sup>para atender normalidade e homocedasticidade das variâncias, os resultados foram transformados em raiz quadrada de  $x+0.5$ , segundo metodologia de Box & Cox (1964).

**Tabela 10.** Análise de variância de parâmetros de produtividade de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

ANOVA – p-valor do teste F							
Fontes de variação	gl	MESP	NFE	NGF	<sup>1</sup> MUG	<sup>1</sup> MSG	PROD
Bloco	4	0,01**	0,04*	0,01**	0,01**	0,01**	p<0,01**
Adubo verde (AV)	3	0,49 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	0,40 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
AV X D	6	0,18 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
<b>CV%</b>		<b>14,43%</b>	<b>4,89%</b>	<b>10,91%</b>	<b>17,68%</b>	<b>17,51%</b>	<b>15,20%</b>

gl: grau de liberdade; MESP: massa da espiga sem palha; NFE: nº de fileiras por espiga; NGF: nº de grãos por fileira; MUG: massa úmida de grãos; MSG: massa seca de grãos; Prod: produtividade; ns: não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

<sup>1</sup>para atender normalidade e homocedasticidade das variâncias, os resultados foram transformados em raiz quadrada de  $x+0.5$ , segundo metodologia de Box & Cox (1964).

**Tabela 11.** Análise de variância de parâmetros nutricionais de milho de segunda safra cultivado em consórcio com adubação verde e sob doses de adubação de cobertura.

ANOVA – p-valor do teste F							
Fontes de variação	gl	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	4	0,03**	0,09 <sup>ns</sup>	0,01**	0,19 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,01**
Adubo verde (AV)	3	0,90 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,01**	0,25 <sup>ns</sup>	p<0,01**	0,52 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	p<0,01**	0,57 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>
AV X D	6	0,46 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
<b>CV%</b>		<b>6,72%</b>	<b>18,32%</b>	<b>13,15%</b>	<b>15,35%</b>	<b>11,58%</b>	<b>27,16%</b>

gl: grau de liberdade;

ns: não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

para atender normalidade e homocedasticidade das variâncias, os resultados foram transformados segundo metodologia de Box & Cox (1964).

### 5.3. Parâmetros biométricos e de produção

O cultivo do milho em consórcio com adubos verdes e as diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura não foram práticas agrônômicas que provocaram alterações significativas nos indicadores biométricos da cultura (Tabela 12). Dentre os parâmetros, destacou-se a baixa estatura das plantas. De acordo com o fornecedor do híbrido 30A37 PW, as plantas podem alcançar 2,2 m, com inserção da espiga a 1,1 m.

Da mesma forma, os tratamentos não proporcionaram modificações nos parâmetros de produção da cultura do milho (Tabela 13), ressaltando-se a baixa produtividade. O número médio de fileiras por espiga também foi muito abaixo do que o informado pelo fornecedor do híbrido 30A37 PW, que indica que as espigas podem apresentar de 14 a 16 fileiras.

A falta de efeitos dos adubos verdes sobre a produtividade da cultura do milho também foi reportado por Heinrichs et al. (2002), que cultivaram o híbrido BRASKALB XL 660 em Nitossolo Vermelho eutrófico, em consórcio com mucuna anã (*Mucuna derringiana* (Bort.) Merr), guandu anão (*Cajanus cajan* L.), crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth) e feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L), além de parcelas testemunha sem consórcio. Os autores observaram que o uso de adubos verdes em cultivo simultâneo com o milho não repercutiu na produtividade da cultura no primeiro ano de consórcio, mas registraram incremento de até 20% na

produtividade do milho no segundo ano de consórcio com adubos verdes.

**Tabela 12.** Parâmetros biométricos de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

Tratamentos	Adubação nitrogenada de cobertura (kg ha <sup>-1</sup> de N)			Média adubos verdes
	0	15	30	
<b>Altura da planta (m)</b>				
Sem adubo verde	1,34	1,47	1,39	<b>1,40</b>
Crotalária	1,40	1,40	1,45	<b>1,42</b>
Feijão-guandu	1,40	1,40	1,45	<b>1,40</b>
Crotalária+Feijão-guandu	1,40	1,37	1,37	<b>1,38</b>
<b>Média doses</b>	<b>1,39</b>	<b>1,40</b>	<b>1,41</b>	
<b>Altura de inserção da espiga (m)</b>				
Sem adubo verde	0,54	0,61	0,57	<b>0,57</b>
Crotalária	0,58	0,57	0,62	<b>0,59</b>
Feijão-guandu	0,58	0,56	0,57	<b>0,57</b>
Crotalária+Feijão-guandu	0,57	0,57	0,55	<b>0,56</b>
<b>Média doses</b>	<b>0,57</b>	<b>0,58</b>	<b>0,58</b>	
<b>Diâmetro de colmo (mm)</b>				
Sem adubo verde	15,17	14,35	15,20	<b>14,91</b>
Crotalária	13,92	14,88	14,09	<b>14,30</b>
Feijão-guandu	13,75	14,04	14,30	<b>14,03</b>
Crotalária+Feijão-guandu	11,64	13,58	14,44	<b>13,22</b>
<b>Média doses</b>	<b>13,62</b>	<b>14,21</b>	<b>14,51</b>	
<b>Número de folhas acima da espiga</b>				
Sem adubo verde	4,93	4,82	4,87	<b>4,87</b>
Crotalária	4,98	4,88	4,92	<b>4,93</b>
Feijão-guandu	4,86	4,94	5,00	<b>4,93</b>
Crotalária+Feijão-guandu	4,96	4,90	4,85	<b>4,90</b>
<b>Média doses</b>	<b>4,93</b>	<b>4,89</b>	<b>4,91</b>	
<b>Comprimento da espiga (cm)</b>				
Sem adubo verde	12,56	12,41	12,89	<b>12,62</b>
Crotalária	11,76	12,45	12,35	<b>12,19</b>
Feijão-guandu	11,76	12,10	11,66	<b>11,84</b>
Crotalária+Feijão-guandu	11,56	12,25	11,86	<b>11,89</b>
<b>Média doses</b>	<b>11,91</b>	<b>12,30</b>	<b>12,19</b>	
<b>Diâmetro da espiga (mm)</b>				
Sem adubo verde	48,61	48,89	48,92	<b>48,81</b>
Crotalária	47,95	49,35	48,98	<b>48,76</b>
Feijão-guandu	48,39	48,98	47,97	<b>48,45</b>
Crotalária+Feijão-guandu	48,57	48,99	49,11	<b>48,89</b>
<b>Média doses</b>	<b>48,38</b>	<b>48,75</b>	<b>48,73</b>	

Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ): letras minúsculas na coluna comparam adubos verdes dentro de cada dose e média dos adubos; letras maiúsculas comparam doses dentro de cada adubo verde e média das doses.

**Tabela 13.** Parâmetros de produtividade de milho de segunda safra cultivado em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

Tratamentos	Adubação nitrogenada de cobertura (kg ha <sup>-1</sup> de N)			Média adubos verdes
	0	15	30	
<b>Massa da espiga sem palha (kg)</b>				
Sem adubo verde	0,22	0,21	0,21	<b>0,21</b>
Crotalária	0,18	0,21	0,20	<b>0,20</b>
Feijão-guandu	0,20	0,22	0,18	<b>0,20</b>
Crotalária+Feijão-guandu	0,21	0,21	0,19	<b>0,20</b>
<b>Média doses</b>	<b>0,20</b>	<b>0,21</b>	<b>0,20</b>	
<b>Número de fileiras por espiga</b>				
Sem adubo verde	4,87	4,62	4,70	<b>4,73</b>
Crotalária	4,85	4,80	4,80	<b>4,82</b>
Feijão-guandu	4,80	4,67	4,72	<b>4,73</b>
Crotalária+Feijão-guandu	4,62	4,80	4,84	<b>4,75</b>
<b>Média doses</b>	<b>4,79</b>	<b>4,72</b>	<b>4,77</b>	
<b>Número de grãos por fileira</b>				
Sem adubo verde	10,67	10,33	10,69	<b>10,56</b>
Crotalária	9,96	10,07	9,98	<b>10,00</b>
Feijão-guandu	9,57	10,20	9,22	<b>9,66</b>
Crotalária+Feijão-guandu	9,91	10,33	9,26	<b>9,83</b>
<b>Média doses</b>	<b>10,03</b>	<b>10,23</b>	<b>9,79</b>	
<b>Massa úmida de grãos (g)</b>				
Sem adubo verde	171,42	162,09	167,54	<b>167,02</b>
Crotalária	144,05	162,91	159,29	<b>155,42</b>
Feijão-guandu	150,21	166,84	164,14	<b>160,40</b>
Crotalária+Feijão-guandu	160,81	180,99	151,79	<b>164,53</b>
<b>Média doses</b>	<b>156,62</b>	<b>168,21</b>	<b>160,69</b>	
<b>Massa seca de grãos (g)</b>				
Sem adubo verde	139,43	132,81	138,26	<b>136,83</b>
Crotalária	118,27	133,28	131,89	<b>127,81</b>
Feijão-guandu	124,59	137,11	136,70	<b>132,80</b>
Crotalária+Feijão-guandu	131,65	150,38	123,97	<b>135,33</b>
<b>Média doses</b>	<b>128,49</b>	<b>138,40</b>	<b>132,71</b>	
<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
Sem adubo verde	2353,33	2420,00	2550,00	<b>2441,11</b>
Crotalária	2109,37	2454,67	2406,67	<b>2323,57</b>
Feijão-guandu	2216,00	2493,33	2075,00	<b>2261,44</b>
Crotalária+Feijão-guandu	2306,67	2418,67	2307,78	<b>2344,37</b>
<b>Média doses</b>	<b>2246,34</b>	<b>2446,67</b>	<b>2334,86</b>	

Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ): letras minúsculas na coluna comparam adubos verdes dentro de cada dose e média dos adubos; letras maiúsculas comparam doses dentro de cada adubo verde e média das doses.

Logo, o efeito do cultivo consorciado deveria ser ratificado a partir da continuidade do experimento nos períodos agrícolas subsequentes. A inexistência de efeitos do adubo verde em cultivo simultâneo com a cultura de interesse foi verificada inclusive com o cultivo de feijão de porco na linha de plantio do milho em sistema orgânico de produção de primavera/verão e de outono/inverno (Perin et al. (2007).

Dentre as possíveis razões da ausência dos efeitos do cultivo consorciado, incluem-se a adequada fertilidade atual do solo da área (Tabela 4), dificultando a manifestação de efeitos decorrentes da competição por nutrientes, as características intrínsecas do híbrido de milho utilizado e o período tempo insuficiente para o surgimento de evidências positivas ou negativas do cultivo consorciado. Além disso, o tipo de consórcio pode influenciar a produtividade do milho (Pereira et al., 2011). A variedade de milho e a(s) espécie(s) de adubo(s) verde(s) escolhidas devem apresentar sincronia entre desenvolvimento e absorção de nutrientes e a variedade de milho deve apresentar resistência à competição estabelecida pelo adubo verde, seja pela água, pelos nutrientes ou pela luz.

A literatura científica tem apontado resultados diversos sobre o cultivo consorciado de importantes culturas agrícolas com espécies de adubo verde. Barducci et al. (2009) conduziram experimento na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas – *Campus* de Botucatu, em Nitossolo Vermelho, utilizando quatro tipos de cultivo: milho solteiro, milho + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em consórcio na semeadura, milho + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em consórcio na adubação de cobertura, milho + *Panicum maximum* cv. Mombaça, consorciado na semeadura, e milho + *Panicum maximum* cv. Mombaça, consorciado na adubação de cobertura. O cultivo consorciado de milho com *Panicum maximum* cv. Mombaça comprometeu a produtividade do milho quando em cultivo simultâneo na semeadura. Resultados similares foram reportados por Pariz et al. (2009), em experimento realizado no ano agrícola de 2007/2008, em Selvíria | MS, em Latossolo Vermelho distroférico. O milho foi cultivado em consórcio com os capins Tanzânia, Mombaça, Marandu e Ruziziensis, além do cultivo solteiro. O capim-Mombaça prejudicou a produtividade e o estande final da cultura e o efeito foi atribuído à competição existente entre as duas gramíneas. Particularidades do hábito de crescimento do capim Mombaça comprometeram a translocação de

fotoassimilados para os grãos. Há tendência de os resultados de Barducci et al. (2009) e de Pariz et al. (2009) indicarem a inadequação do cultivo de gramíneas como adubos verdes quando a cultura de interesse também tratar-se de uma gramínea. Embora esse seja o padrão mais relatado na literatura científica, algumas poucas evidências, como o trabalho de Pereira Filho et al. (1991), mostraram que podem ocorrer efeitos depreciativos de leguminosas usadas como adubo verde em consórcio com milho. Os autores desenvolveram o experimento no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da EMBRAPA - Sete Lagoas | MG (temperatura média anual de 22,1°C e precipitação média anual de 1.339 mm) e observaram diminuição de 21% na produtividade de três cultivares de milho (BR 201M, CMS 350 e AG 301), cultivados em consórcio com feijão comum (*Phaseolus vulgaris*).

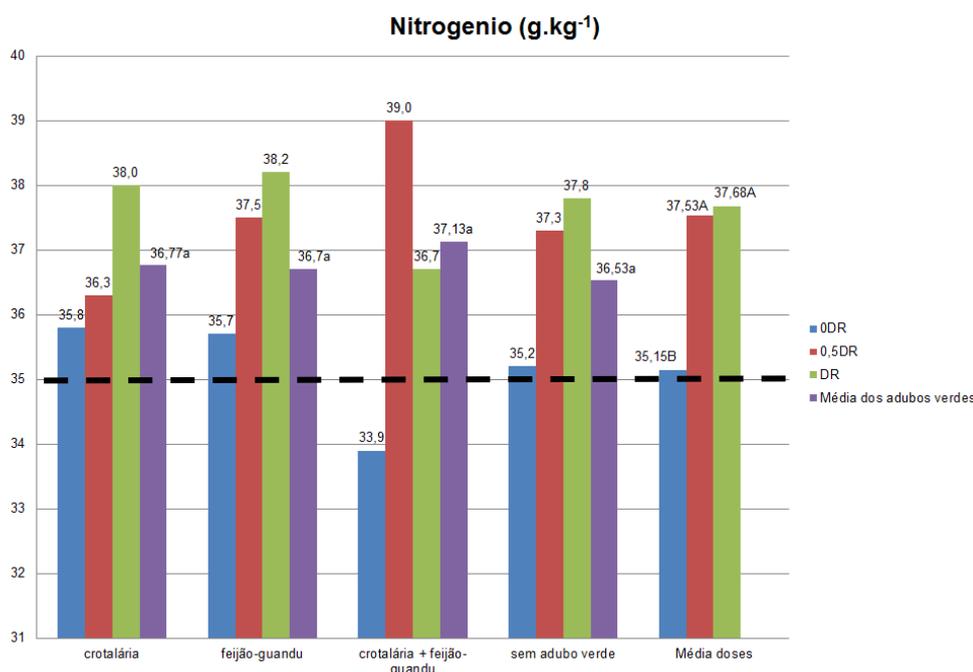
Independentemente da diversidade de resultados observados na literatura científica, é notório que os efeitos da adubação verde têm importante associação com o histórico de cultivo da área. A área utilizada neste estudo possui antecedentes de vários cultivos sucessivos com gramíneas, conduzidos com todas as práticas agrônômicas e tratos culturais recomendados, incluindo as operações de correção e de adubações de plantio e de cobertura. O cultivo imediatamente anterior ao experimento foi com milho de primeira safra, sucedendo a cultura do sorgo sacarino. Em ambos os casos, os cultivos ocorreram em parcelas experimentais com grande variação de fontes, doses e modos de aplicação de fertilizantes. Isso explica a influência dos blocos (Tabelas 9, 10 e 11) e, principalmente, da fertilidade atual da área, que pode ter dificultado a identificação de diferenças significativas entre os tratamentos.

Na medida em que os tratamentos com adubação nitrogenada de cobertura e com cultivo consorciado com adubos verdes não diferiram do tratamento em que houve o cultivo isolado do milho sem adubação nitrogenada de cobertura, não foi possível observar, nas condições experimentais deste estudo, que o cultivo consorciado de adubos verdes, e que até mesmo a própria adubação nitrogenada de cobertura, produzem efeitos benéficos ou deletérios sobre o desempenho agrônômico do milho de segunda safra. A ausência de resposta à adubação nitrogenada pode indicar que as condições da área experimental caracterizam um cenário de baixa e não de média resposta a N. Nestas condições, a fixação biológica de N por parte das leguminosas também é inibido. É notório que houve a

interferência de um fator, comum a todos os tratamentos, que impediu o adequado desempenho do genótipo de milho, pois os parâmetros biométricos, com destaque para a estatura das plantas (Tabela 12), e de produção, principalmente a baixa produtividade média de 2,3 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 13), estão em desacordo com as especificações do fabricante do híbrido 30A37 PW e com a produtividade média de 5,3 t ha<sup>-1</sup> registrada para o cultivo de milho de segunda safra (CONAB, 2017).

#### 5.4. Parâmetros nutricionais

Os teores foliares de N da cultura do milho foram significativamente maiores nos tratamentos em que houve adubação nitrogenada de cobertura. Entretanto, a adubação com metade da dose recomendada de N (0,5 DR = 15 kg ha<sup>-1</sup>) resultou em teores foliares de N equivalentes àqueles observados nas plantas que receberam a quantidade recomendada de N (DR = 30 kg ha<sup>-1</sup>) (Figura 9).



**Figura 9.** Teores foliares de nitrogênio (N) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ): letras minúsculas na coluna comparam adubos verdes dentro de cada dose e média dos adubos; letras maiúsculas comparam doses dentro de cada adubo verde e média das doses.

- - - Limite superior da faixa de teor foliar considerada adequada por Raji et al. (1997) (Tabela 14).

A hipótese de média resposta da cultura ao N, devido aos cultivos anteriores com gramíneas (sorgo sacarino e milho), não pode ser ratificada pela análise do tecido vegetal das plantas cultivadas sem adubação nitrogenada de cobertura e na ausência de adubos verdes. O teor foliar médio de N neste tratamento foi de 35,2 g kg<sup>-1</sup> (Figura 9), estando acima da faixa de valores considerados adequados por Coelho & França (1995) e por Raji et al. (1997) (Tabela 14).

**Tabela 14.** Teores foliares adequados de macronutrientes para a cultura do milho.

Macronutrientes	Teor (g kg <sup>-1</sup> )	
	Coelho & França (1995)	Raji et al. (1997)
Nitrogênio	27,5 – 32,5	27-35
Fósforo	1,9 – 3,5	2,0-4,0
Potássio	17,5 – 29,7	17-35
Cálcio	2,3 – 4,0	2,5-8,0
Magnésio	1,5 – 4,0	1,5-5,0
Enxofre	1,5 – 2,1	1,5-3,0

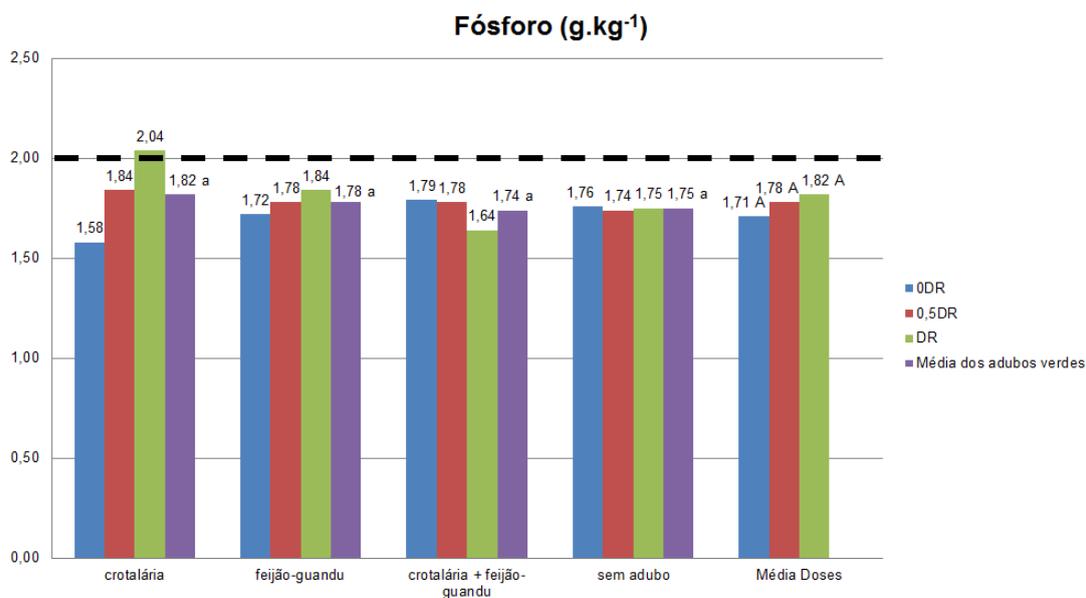
O cultivo consorciado de adubos verdes e milho de segunda safra não configurou uma situação de competição por N. A fixação biológica de N pelas espécies de adubo verde ocorre, sobretudo, em condições de estresse por N. Teoricamente, esta seria a condição particular das entrelinhas. Independentemente do tratamento, os níveis foliares de N estiveram acima da faixa considerada adequada (Figura 9), indicando um suprimento de N que superou o ofertado pela adubação e que pode ter ocorrido pela transferência direta das raízes dos adubos verdes para as raízes das plantas de milho, seja por exsudatos radiculares ou por conexões micorrízicas (GILLER & WILSON, 2001; SAKAI et al., 2011). Porém, os altos teores foliares de N na ausência de adubo verde podem ser indicativos de adequada reserva de N no solo.

Conceição et al. (2014) cultivaram milho safrinha semeado em duas épocas, com variações nas adubações de plantio e cobertura, em Latossolo Vermelho distrófico do Centro Tecnológico da Cooperativa de Produtores do Sudeste de Goiás, em Rio Verde – GO. O efeito da adubação nitrogenada de

cobertura nos teores foliares de N somente foi observado quando a milho não recebeu adubação de plantio. Conforme a Figura 9, os menores teores foliares de N foram observados na ausência da adubação nitrogenada de cobertura. Com a supressão da adubação nitrogenada de cobertura, Hurtado et al. (2009) observaram diminuição de 23% na produtividade de milho cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado, em Planaltina-GO, mas Conceição et al. (2014) ressaltaram que os incrementos de N na folha diagnóstica foram mais favorecidos pelo N ofertado no plantio do que na cobertura. A absorção de N pelas plantas de milho em cultivo safrinha ocorre em todo seu ciclo vegetativo, sendo pequena no primeiro mês. Após os 30 dias da emergência, a absorção de N aumenta consideravelmente, atingindo taxa superior a  $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por dia, durante todo o florescimento. Entre 25 e 45 dias, a planta de milho chega a acumular 43% do N que necessita e, entre as fases de desenvolvimento pleno, ainda vai absorver 31% de suas necessidades totais (do Mar et al., 2003). Para a expectativa de produção acima de  $4,8 \text{ t ha}^{-1}$  para o milho de segunda safra, estima-se a necessidade de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (do Mar et al., 2003). A dose de N recomendada para o plantio ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ) permite dispensar aplicações em cobertura para produtividades até  $3,0 \text{ t ha}^{-1}$  (Raij et al., 1997). Apesar de a adubação nitrogenada ter sido calculada para a expectativa de produção de 4-6  $\text{t ha}^{-1}$ , a produtividade média obtida esteve abaixo de  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ , que, teoricamente, teria dispensado a adubação nitrogenada de cobertura. No experimento de do Mar et al. (2003) com o cultivar AG3010 de milho safrinha, conduzido em Latossolo Vermelho eutrófico em Dourados-MS, foram avaliadas doses e épocas de aplicação de adubação nitrogenada. A maior produtividade ( $6,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) foi obtida pela aplicação de  $131 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, quando as plantas estavam com oito folhas completamente expandidas. Os autores registraram produtividade de  $3,1 \text{ t ha}^{-1}$  sem a adição de N, atribuída ao N deixado pelo resíduo da cultura da soja, e concluíram que há necessidade de parcelamento da adubação nitrogenada apenas para a aplicação de doses superiores a  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no milho safrinha.

Com exceção do tratamento em que houve cultivo de crotalária na entrelinha e a adubação nitrogenada de cobertura com a dose recomendada, todas as condições experimentais resultaram em teores foliares de P considerados insuficientes (Figura 10 e Tabela 14). O teor inicial de P no solo antes do plantio ( $20 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Tabela 4), considerado médio por Raij et al. (1997), e a adubação

fosfatada de plantio, com  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para a produtividade esperada de  $4\text{-}6 \text{ t ha}^{-1}$ , não foram suficientes para garantir o adequado suprimento de P para a cultura. A deficiência de P foi observada em todos os tratamentos, incluindo na ausência de adubo verde, o que dificulta afirmar que houve competição por P. Entretanto, a deficiência de P não foi detectada pela diagnose visual.



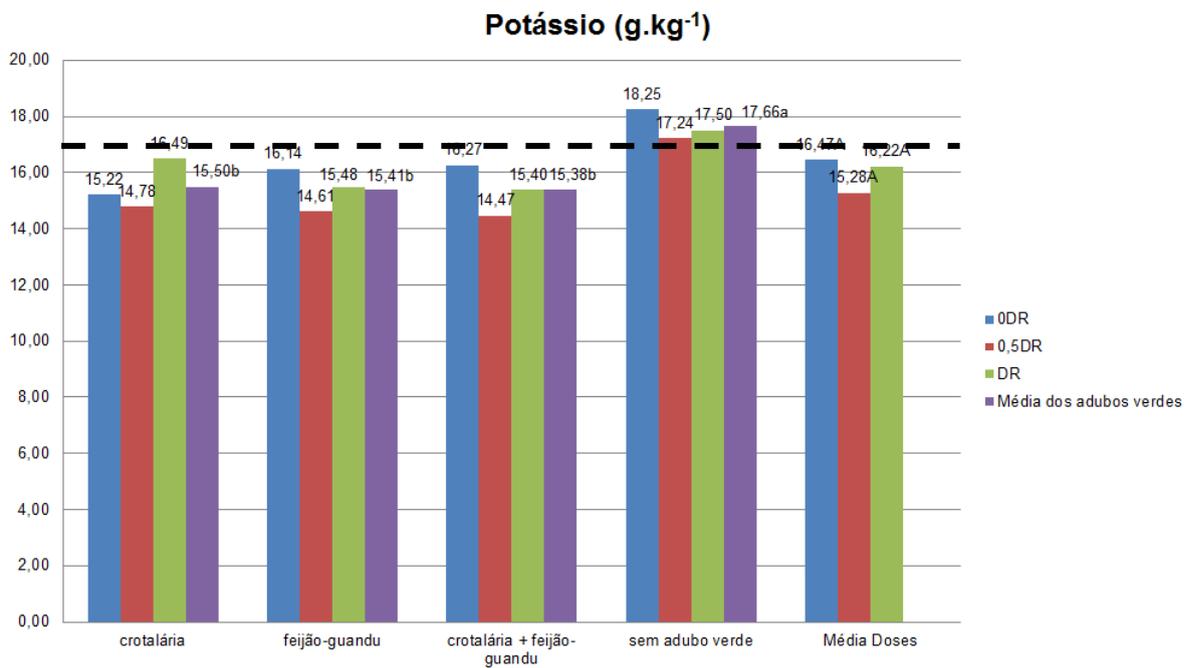
**Figura 10.** Teores foliares de fósforo (P) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ): letras minúsculas na coluna comparam adubos verdes dentro de cada dose e média dos adubos; letras maiúsculas comparam doses dentro de cada adubo verde e média das doses.

- - - Limite inferior da faixa de teor foliar considerada adequada por Raji et al. (1997) (Tabela 14).

Apenas as parcelas experimentais em que não houve o cultivo consorciado com adubo verde resultaram em plantas com teores foliares adequados de K (Figura 11 e Tabela 14). O teor inicial de K no solo antes do plantio ( $3,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (Tabela 4), considerado alto por Raji et al. (1997), e a adubação potássica de plantio, com  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (o dobro da recomendada para a produtividade esperada de  $4\text{-}6 \text{ t ha}^{-1}$ ), não foram suficientes para garantir o adequado suprimento de K para a cultura na presença de espécies de adubos verde, tendo havido a provável competição por K. A deficiência de K não foi detectada pela diagnose

visual.



**Figura 11.** Teores foliares de potássio (K) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ): letras minúsculas na coluna comparam adubos verdes dentro de cada dose e média dos adubos; letras maiúsculas comparam doses dentro de cada adubo verde e média das doses.

- - - Limite inferior da faixa de teor foliar considerada adequada por Raij et al. (1997) (Tabela 14).

Independentemente do tratamento, as plantas de milho apresentaram teores foliares de Ca e de S (Tabela 15) considerados adequados por Raij et al. (1997) (Tabela 14). Pelo critério de Coelho & França (1995), os teores foliares de Ca estiveram acima do nível considerado adequado (Tabela 14). Todos os tratamentos resultaram em teores foliares adequados de Mg (Tabela 14). A opção de suprimir a calagem na área em função do valor da saturação por bases ( $V\%=60\%$ , Tabela 4) estar próximo do recomendado para o milho ( $V\%=70\%$ ) não resultou em carências nutricionais de Ca e de Mg. Nos cultivos comerciais, a correção do solo para a implantação do milho de segunda safra é prática inviável e deve ser devidamente realizada antes da implantação da cultura de verão.

**Tabela 15.** Teores foliares de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em folhas diagnósticas de plantas de milho cultivadas em consórcio com espécies de adubos verdes e com doses de adubação nitrogenada de cobertura.

Tratamentos	Adubação nitrogenada de cobertura (kg ha <sup>-1</sup> de N)			Média dos adubos verdes
	0	15	30	
<b>Ca (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
Sem adubo verde	5,13	4,11	5,30	4,85 a
Crotalária	4,96	5,00	4,53	4,83 a
Feijão-guandu	5,26	4,85	4,46	4,84 a
Crotalária+Feijão-guandu	4,43	4,25	4,51	4,40 a
<b>Média doses</b>	4,95 A	4,55 A	4,69 A	
*Faixa de teores foliares de Ca considerada adequada – 2,5-8,0 g kg <sup>-1</sup>				
<b>Mg (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
Sem adubo verde	3,48	2,93	3,51	3,31 a
Crotalária	3,41	3,22	3,11	3,25 a
Feijão-guandu	3,60	3,13	3,13	3,29 a
Crotalária+Feijão-guandu	2,75	2,90	2,81	2,85 b
<b>Média doses</b>	3,31 A	3,06 A	3,14 A	
*Faixa de teores foliares de Mg considerada adequada – 1,5-5,0 g kg <sup>-1</sup>				
<b>S (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
Sem adubo verde	1,93	1,89	2,00	1,94 a
Crotalária	1,88	2,03	1,99	1,97 a
Feijão-guandu	1,55	1,71	1,78	1,68 a
Crotalária+Feijão-guandu	2,10	1,67	2,13	1,97 a
<b>Média doses</b>	1,86 A	1,83 A	1,98 A	
*Faixa de teores foliares de S considerada adequada – 1,5-3,0 g kg <sup>-1</sup>				

Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); letras minúsculas na coluna comparam os tratamentos com adubos verdes; letras maiúsculas na linha comparam os tratamentos com doses de adubação nitrogenada de cobertura; \*conforme Raji et al. (1997).

Os teores de Ca ( $19 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e de Mg ( $11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) do solo na ocasião do plantio (Tabela 4) não foram considerados fatores que ocasionaram a baixa produtividade do milho safrinha (Tabela 13). Em experimento conduzido em Dourados-MS, com o híbrido AG3010 de milho safrinha cultivado em Latossolo Vermelho eutrófico, do Mar et al. (2003) obtiveram produtividades superiores a  $6,0 \text{ t ha}^{-1}$  a partir de baixos teores de Ca e de Mg no solo ( $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente).

A análise química para fins de fertilidade do solo, antes da implantação do experimento (Tabela 4), apontou teor de Zn considerado baixo ( $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ). O sintoma mais típico da deficiência do elemento, ou seja, a clorose internerval com reticulado grosso em folhas novas lanceoladas, não foi observado. Em um dos primeiros trabalhos que apontaram deficiência de Zn em cultivos de milho no Estado de São Paulo, Igue et al. (1962) descreveram o aparecimento dos sintomas nos primeiros estádios de desenvolvimento e o seu posterior desaparecimento espontâneo, com a recuperação do aspecto vegetativo normal. Entretanto, é possível associar a baixa estatura das plantas (Tabela 11) à deficiência de Zn, devido ao encurtamento dos internódios. A aplicação de doses elevadas de N pode induzir a diluição do Zn na planta, provocando a deficiência (Ferreira et al., 2001). Considerando a alta concentração de N nas folhas (Figura 9), é possível que o efeito de diluição do Zn nas plantas de milho em desenvolvimento possa ter ocorrido. Devido à sua essencialidade para sistemas enzimáticos e para produção de importantes reguladores de crescimento, principalmente na composição do triptofano (precursor do ácido indolacético – AIA), a deficiência de Zn impacta negativamente o desenvolvimento das culturas. Souza et al. (1998) avaliaram os efeitos isolados e combinados da adubação com P e com Zn na cultura de milho, cultivada em Latossolo Vermelho, em Jaboticabal-SP. Os teores iniciais de P e de Zn no solo foram  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $0,39 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente, ou seja, níveis mais baixos do que os observados no Latossolo Vermelho distrófico deste estudo (Tabela 4). Os autores concluíram que a adição de P e de Zn aumentou a produção de grãos de milho. A máxima produção de milho ( $7,7 \text{ t ha}^{-1}$ ) foi alcançada com a concentração de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo. Somente com a adubação fosfatada, foi possível obter  $6,0 \text{ t ha}^{-1}$  de milho e a inclusão da adubação com Zn foi essencial para produções maiores.

## 6. CONCLUSÕES

Os parâmetros biométricos e de produtividade do híbrido de milho 30A37 PW, plantado em segunda safra, avaliados aos 137 DAE, não foram influenciados pelo cultivo consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e com feijão guandu anão (*Cajanus cajan* L. Mill sp.). Não foi possível estimar o grau de supressão da adubação nitrogenada do milho de segunda safra cultivado em consórcio com as espécies de adubo verde.

Independentemente do tratamento, os teores foliares de N estiveram acima da faixa de valores considerados adequados para o milho de segunda safra. Com exceção do tratamento em que houve cultivo de crotalária na entrelinha e a adubação nitrogenada de cobertura com a dose recomendada de 30 kg ha<sup>-1</sup>, todas as condições experimentais resultaram em teores foliares de P considerados insuficientes. Apenas as parcelas experimentais em que não houve o cultivo consorciado com adubo verde resultaram em plantas com teores foliares adequados de K. Não foram observados teores foliares insuficientes de Ca, Mg e S.

A produtividade média, que variou de 2,2 a 2,4 t ha<sup>-1</sup>, foi considerada muito baixa quando comparada às últimas estimativas para o milho de segunda safra ( $\cong$  5,5 t ha<sup>-1</sup>). Dentre as prováveis razões, incluem-se a inadequação do híbrido 30A37 PW ao zoneamento climático, as deficiências de P e de K e a provável insuficiência de Zn.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, 2001.
- BARDUCCI, R. S. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.
- BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. IAC, 1983.
- BENDER, R. R. et al. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.
- BEUTLER, A. N. et al. Fornecimento de nitrogênio por plantas de cobertura de inverno e de verão para o milho em sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 27, n. 4, p. 555-560, 1997.
- BORDIN, L. et al. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, p. 417-428, 2003.
- BOX, G. EP; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, p. 211-252, 1964.
- BULL, L. T.; CANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. **Editora: POTAFOS**. Vitória–ES, v. 1, 1993.
- CASTRO, C. M. et al. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 779-785, 2004
- COELHO, A. M. & FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, n. 100, p. 1-12, 1995.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v.4 safra 2016/17, n.6, sexto levantamento, 2017.
- CONCEIÇÃO, O. P. et al. Teores foliares de nitrogênio em milho safrinha em função de adubações de plantio e cobertura. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 9., 2015, Sete Lagoas.[Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015.
- CRUZ, J. C. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. EMBRAPA-

SPI, 1993.

CRUZ, J. C; PEREIRA FILHO, I. A.; QUEIROZ, L. R. Quatrocentas e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2013/14. **EMBRAPA**. Sete lagoas, 2013.

CUNHA, J.F; FRANCISCO, E.A.B.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012. IPNI - **Informações Agronômicas**, n.145, p.1-13, 2014.

DEMÉTRIO, C. S. et al. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1691-1697, 2008.

DONEDA, A. et al. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, 2012.

DUARTE, A. P. Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção. **Revista Visão agrícola**, Piracicaba, p. 78-82, 2015.

DUARTE, A. P. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 03, 2003.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro. 412 p. 2013.

EMBRAPA. Cultivo de milho, fertilidade de solos, diagnose foliar/análise de plantas. **Sistema de produção**, versão eletrônica 5ª edição. Sete lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. 2009. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_5\\_ed/ferdiagnose.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/ferdiagnose.htm). Acessado em: 26 mar. 2017.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade, 2015.

FARIA, C. M. B; DUARTE COSTA, N; FARIA, A. F. Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, 2007

FARINELLI, R. et al. Desempenho agrônomo de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia**, p. 235-241, 2003.

FERREIRA, A. C. B. et al. Corn crop characteristics under nitrogen, molybdenum and zinc fertilization. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.

GAZOLA, D. et al. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, 2014.

GILLER, K. E. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. Cabi, 2001.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, 2000.

HEINRICH, Reges et al. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, 2005.

HURTADO, S. M. C. et al. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 300-309, 2009.

IGUE, K.; BLANCO, H. G.; ANDRADE SOBRINHO, J. Influência do zinco na produção do milho. **Bragantia**, v. 21, n. 1, 1962.

KARLEN, D. L.; SADLER, E. J.; CAMP, C. R. Dry Matter, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Accumulation Rates by Corn on Norfolk Loamy Sand1. **Agronomy journal**, v. 79, n. 4, p. 649-656, 1987.

LÁZARO, R.I. L. et al. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, 2013.

MAR, G. D. et al. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.

NETO, D. D; FANCELLI, A. L. **Produção de milho**. Agropecuária, 2000.

OLIVEIRA, F. H. T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, p. 393-486, 2002.

PARIZ, C. M. et al. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros Panicum e Brachiaria em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 39, n. 4, 2009

PEREIRA FILHO, I. A; BORGHI, E. Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A; CRUZ, J. C; RAMALHO, M. A. P. Produtividade e índice de espiga de três cultivares de milho em sistema de consórcio com o feijão

comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 745-751, 1991.

PEREIRA, Luiz Cláudio et al. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminary. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 191-200, 2011.

PERIN, A. et al. Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção Agronomic performance of corn intercropped with jack beans in two cropping seasons in organic system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 903-908, 2007.

R, TEAM. Core et al. R: A language and environment for statistical computing. 2018.

RAIJ, B.VAN. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. **Campinas: Instituto Agrônômico**, 2001.

RAIJ, B.VAN. et al. **Boletim Técnico 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas-SP, n.100, v.2, p.285, 1997

RITCHIE, S. W; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações agrônômicas**, v. 103, p. 1-19, 2003.

SÁ, J. C. M. et al. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 5, p. 1486-1499, 2001.

SAKAI, R. H. et al. N transfer from green manures to lettuce in an intercropping cultivation system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 679-686, 2011.

SILVA, E. C. et al. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, 2005.

SILVA, M.R et al. Estimativas da necessidade de nitrogênio para produção de grãos e silagem de milho. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, 2015.

SOUZA, E. C. A. et al. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 1031-1036, 1998.

SOUZA, J. Aa.et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, v. 70, n. 2, 2011.

SOUZA, V. Q. et al. Desfolhamento artificial e seus efeitos nos parâmetros morfológicos e produtivos em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 61-74, 2015.

VON PINHO, R. G. et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 02, 2009.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 59-168.