

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO  
MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE ENTRESSAFRA SOB  
PLANTIO DIRETO**

**Saulo Strazeio Cardoso**

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO  
MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE ENTRESSAFRA SOB  
PLANTIO DIRETO**

**Saulo Strazeio Cardoso**

**Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

FEVEREIRO DE 2012

C268e Cardoso, Saulo Strazeio  
Estratégias de aplicação de nitrogênio no milho em sucessão à plantas  
de entressafra sob plantio direto / Saulo Strazeio Cardoso. -- Jaboticabal,  
2012  
xi, 46 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: Edson Luiz Mendes Coutinho

Banca examinadora: José Eduardo Corá, Anice Garcia

Bibliografia

1. *Zea mays*. 2. Área foliar. 3. Densidade das raízes. 4. Diagnose foliar.  
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.84:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço  
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.  
e-mail: strazeio@yahoo.com.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE JABOTICABAL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

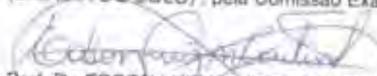
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO MILHO EM SU-  
CESSÃO À PLANTAS DE ENTRESSAPRA SOB PLANTIO DIRETO

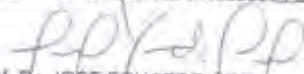
**AUTOR:** SAULO STRAZEIO CARDOSO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA  
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. JOSE EDUARDO GORA

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof.ª Dra. ANICE GARCIA

Faculdade de Ituverava Dr. Francisco Maeda - FAFRAM / Ituverava/SP

Data da realização: 27 de fevereiro de 2012.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**SAULO STRAZEIO CARDOSO** – nascido em 13 de Novembro de 1984 em Ribeirão Preto – SP. Em agosto de 2004 ingressou no curso de Agronomia na Faculdade “Doutor Francisco Maeda” de Ituverava – SP, obtendo-se o título de Engenheiro Agrônomo em Janeiro de 2009. Em agosto desse mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo na Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal – SP, sendo bolsista da CAPES. No dia 27 de fevereiro de 2012 obteve o título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

***“É melhor lançar-se à luta em busca do triunfo mesmo expondo-se ao insucesso, que formar fila com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito; E vivem nessa penumbra cinzenta sem conhecer nem a vitória nem a derrota”.***

(Franklin Roosevelt)

Aos meus pais, **Carlos Cardoso** e **Olga Luzia de Giácomo Strazeio Cardoso**, pelo qual me orgulho muito, pois sempre estiveram ao meu lado, apoiando-me e fazendo com que eu não desistisse a enfrentar e vencer todos os obstáculos por mim encontrados.

Ao meu irmão, **Carlos Júnior**, por sua confiança e credibilidade em minha pessoa, pela união, amizade, força, amor e apoio, mesmo de longe, mas sempre presente.

**Ofereço.**

À minha namorada **Marcela Caetano Lopes** pelo amor e carinho, pelo exemplo de determinação, pela compreensão de minha ausência e em especial, por compartilhar meus objetivos.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por mais um obstáculo vencido, pois foi no senhor que encontrei forças para me recompor nas horas mais difíceis dessa caminhada.

Aos meus pais Carlos e Olga, por sempre estarem ao meu lado me apoiando, e incentivando minha vida profissional.

Ao meu irmão Carlos Júnior e sua esposa Ana Lúcia, pelo apoio, amizade e pelos momentos de descontração.

A minha namorada Marcela por ser minha companheira inseparável, pela compreensão, carinho, incentivo, pela ajuda nos momentos difíceis e pela compreensão da minha ausência nos últimos meses.

A todos os meus familiares, em especial a tia Oneida e vô Chico pelo apoio, incentivo e ajuda constante.

Ao professor Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho a quem, na qualidade de orientador e amigo, quero prestar o meu devido reconhecimento e manifestar o meu grande apreço pela sua prestimosa contribuição, pela sua disponibilidade sempre manifestada e pelas linhas de orientação que foram de um grande mestre e me facilitaram na elaboração deste trabalho.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos em especial à Claudia Campos Dela Marta e Dejair Lúcio da Silva, pela amizade e valiosa cooperação.

Aos doutorandos Valdeci e André e graduandos em Agronomia João Vitor e Rafael, pela colaboração na condução do experimento.

Aos professores Dr. Jose Carlos Barbosa e a Dra. Carolina Fernandes, membros da banca examinadora do exame geral de qualificação, pelas sugestões concedidas.

Aos professores Dr. José Eduardo Corá e Dra. Anice Garcia, pelas críticas construtivas e propostas apresentadas na defesa dessa dissertação.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o mestrado: Renato de Mello Prado, Willian Natale, Jairo Oswaldo Cazetta, José Carlos Barbosa, Edson Luiz Mendes Coutinho e ao João Antonio Galbiatti.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pela ajuda nas análises estatísticas.

A área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas por ter cedido os dados meteorológicos.

Ao Marcelo Scatolin e aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção, pelo auxílio durante a condução do experimento.

Aos amigos de pós-graduação: Bruno, Laérte, Valdeci, André, João Fernandes, Wellington, Fabio, Anderson, Marilena, Paula, Fabiana, Iolanda, Sísara, Fabio, Marcela, Ana Paula e todos os demais, pela divertida e fraterna convivência e auxílio mútuo.

Aos pós-graduandos Ituveravenses: Gorge, Annita, João Emmanuel, Joana e Daniel, pelas caronas, amizade e por estarem sempre ao meu lado, não só nos estudos, mas também nos momentos de alegria e tristeza.

Aos grandes e eternos amigos de república: Bruno, Wellington e João Fernandes, pela força, amizade e companheirismo incondicionais durante mais esta etapa de minha vida.

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) e a CAPES, pela oportunidade e concessão de bolsa de estudos.

Compartilho e dedico a vocês essa minha vitória.

A todos vocês, o meu muito obrigado!

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sistema semeadura direta (SSD).....	3
2.2 Uso de plantas de cobertura na entressafra.....	5
2.3 Índice de área foliar (IAF).....	8
2.4 Crescimento radicular da cultura do milho.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Caracterização do local e da área experimental.....	11
3.2 Solo.....	11
3.3 Dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar.....	12
3.4 Cultivar estudada.....	13
3.5 Tratamentos estudados e delineamento experimental.....	13
3.6 Condução do experimento.....	13
3.6.1 Adubação.....	13
3.6.2 Semeadura.....	14
3.7 Avaliações.....	14
3.7.1 Estado nutricional da planta de milho (Diagnose foliar).....	14
3.7.2 Índice de área foliar.....	14
3.7.3 Densidade das raízes.....	15
3.7.4 Produtividade de grãos.....	16
3.8 Análise estatística.....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 Diagnose foliar.....	17
4.2 Índice de área foliar.....	18

4.3 Densidade de massa seca de raízes.....	21
4.4 Produtividade de grãos de milho.....	26
5 CONCLUSÕES.....	29
6 REFERÊNCIAS.....	30

## ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE ENTRESSAFRA SOB PLANTIO DIRETO

**RESUMO** – Grande parte do sucesso do sistema plantio direto deve-se ao manejo da adubação nitrogenada, que para ser mais adequado deve considerar a cultura antecessora. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o estado nutricional, o índice de área foliar, a densidade de massa seca das raízes e a produtividade de grãos de milho, cultivado num Latossolo Vermelho eutroférico argiloso sob sistema plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas com cinco tratamentos principais, dois tratamentos secundários e seis repetições dispostas em blocos casualizados. As parcelas correspondem às estratégias de aplicação de N e as subparcelas, às plantas de entressafra. As estratégias de aplicação de N na dose total de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  foram: 0 – 0; 20 – 130; 50 – 100; 150 – 0; 0 – 150, onde o primeiro e segundo número corresponde, respectivamente, à dose de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicada em pré-semeadura e cobertura. A aplicação de toda dose de N em pré-semeadura, em cobertura ou de forma parcelada não promoveu diferenças significativas nas concentrações de N na folha diagnose e na produção de grãos de milho. Já as plantas de entressafra, influenciaram as concentrações de N na folha diagnose, apenas no ano agrícola 2010/11, evidenciando maiores concentrações para o milho cultivado em sucessão à soja. As estratégias de aplicação do N e uso de plantas de entressafra, proporcionaram incrementos na densidade de massa seca de raízes e no índice de área foliar para as três épocas avaliadas, sendo mais evidentes na sucessão soja/milho, utilizando as estratégias  $50 - 100 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $150 - 0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. A adubação nitrogenada aumentou a produção de grãos de milho cultivado após milho, indiferentemente da estratégia de aplicação adotado. Sem a aplicação de N a produção de grãos de milho foi superior ao se adotar à soja como cultura de entressafra.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, área foliar, densidade das raízes, diagnose foliar.

## STRATEGIES OF NITROGEN APPLICATION AT THE CORN A SUCCESSION BETWEEN CROP PLANTS UNDER NO-TILLAGE

**SUMMARY** – Much of the success of no-tillage systems due to the nitrogen fertilizer management, which should be more appropriate to consider the preceding crop. The objective of this study was to evaluate the nutritional status, leaf area index, the density of the dry weight of roots and grain yield of corn grown on a clayey Oxisol under no-tillage. The experimental design was split plot with five main treatments, two secondary treatments and six replications arranged in randomized blocks. The plots correspond to the strategies of N application and subplots, the off-season plants. The strategies of N application on total dose of  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  were: 0-0, 20-130, 50-100, 150-0; 0 to 150, where the first and the second number corresponds, respectively, the dose of N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) applied pre-sowing and in top-dressed. The applications of all N rates in pre-sowing in top-dressed or in installments not promote significant differences in concentrations in the leaf diagnosis and grain yield of maize. As for the winter plants, influenced the concentrations in the leaf diagnosis, only in the agricultural year 2010/11, showing higher concentrations for corn grown after soybean. The strategies of N application and use of winter plants, provided increases in the density of root biomass and leaf area index for the three periods evaluated, were more evident in soybean/corn, using the strategies  $50 - 100 \text{ kg ha}^{-1}$  and  $150-0 \text{ kg ha}^{-1}$  N. Nitrogen fertilization increased grain yield of corn grown after corn, regardless of the implementation strategy adopted. Without the application of N to grain yield of maize was higher than to adopt the culture of soybean as intercrop.

**Keywords:** Zea mays, leaf area, density of the roots, foliar analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) vem sendo praticado por grande parte dos agricultores no Brasil, sendo as culturas produtoras de grãos as que mais o implantaram. À medida que o SPD foi substituindo o plantio convencional, o interesse pelas plantas de entressafra aumentou, além do que, associadas aos preparos conservacionistas, essas plantas favorecem o controle da erosão e, ao mesmo tempo, podem resultar em melhoria de atributos físicos e químicos do solo com reflexos na produtividade.

A introdução de uma gramínea no sistema pode amenizar a perda de N, mediante a reciclagem e imobilização em sua fitomassa, ao mesmo tempo que sua baixa taxa de decomposição, favorecida pela alta relação C/N, confere cobertura mais prolongada do solo (BULISANI & ROSTON, 1993; LARA CABEZAS et al., 2004; PERIN et al., 2004). Paralelamente, as leguminosas, por meio de sua capacidade de fixação simbiótica do N<sub>2</sub> atmosférico, fornecem maiores quantidades de N ao solo e à cultura seguinte. Porém, para o máximo aproveitamento do N é importante que a liberação do nutriente ocorra em sincronia com a demanda do elemento pela respectiva cultura (STUTE & POSNER, 1995).

O SPD, quando bem manejado, tem proporcionado produtividade de milho superior à de outros sistemas de cultivo (FERNANDES et al., 1998). No entanto, há necessidade de mais estudos para o entendimento da dinâmica dos nutrientes nesse sistema de cultivo, principalmente do N, por ser um nutriente que exige maiores aplicações, por ser o principal responsável pelo aumento na produtividade da cultura do milho (FERNANDES et al., 1998), além de ser o que, geralmente, mais onera o custo de produção (VITTI et al., 1999).

A época de aplicação do fertilizante nitrogenado pode ter grande influência no aproveitamento deste nutriente pelo milho (MENGEL & BARBER, 1974). No entanto, não tem havido muita concordância sobre qual a melhor época para a aplicação do mesmo no SPD. Alguns resultados de pesquisa têm demonstrado vantagens na aplicação de N em pré-semeadura do milho (SÁ, 1996). Outros demonstram a

necessidade de aumento da dose de N, no momento da semeadura, para suprir a carência inicial em função da imobilização, e que parte seja fornecida em cobertura, quando o milho sucede uma gramínea (BORTOLINI et al., 2002).

Nos estádios iniciais da cultura do milho, apesar da exigência nutricional ser pequena, grandes concentrações de N são necessárias próximas ao sistema radicular, na promoção de um maior desenvolvimento da planta, pois é neste período que todas as partes da planta são diferenciadas (MENGEL & BARBER, 1974; RITCHIE et al., 1993). O N pode afetar o crescimento, a morfologia e a distribuição do sistema radicular no perfil do solo (KRISTENSEN & THORUP-KRISTENSEN, 2004; HODGEN et al., 2009). Do que se conclui que, a deficiência do nutriente neste período pode reduzir o rendimento de grãos da cultura, justificando assim, pesquisas sobre o manejo da adubação nitrogenada.

A formação de grãos na cultura do milho está relacionada com a translocação de açúcares (CRAWFORD et al., 1982) e de N (KARLEN et al., 1988) de órgãos vegetativos, sobretudo das folhas para os grãos. Dessa forma, o rendimento de grãos está diretamente relacionado com a área foliar fotossinteticamente ativa da planta e o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (MANFRON et al., 2003). Assim, estudos sobre épocas de aplicação de N, aliado ao uso de plantas de entressafra, avaliando sua eficiência de utilização pelo milho, fazem-se necessários, no intuito de aumentar seu aproveitamento e produtividade de grãos de milho, com mínimo risco ambiental.

Sendo assim, os objetivos principais desse trabalho foram avaliar as estratégias de aplicação do N na produtividade de grãos de milho, na área foliar e na densidade de raízes do milho cultivado em sucessão à soja e milho.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Épocas de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sistema de semeadura direta (SSD)**

Para se obter uma boa produtividade de milho, é necessário fornecer fertilizante nitrogenado a planta, visto que, os solos em geral, não suprem a demanda da cultura em termos de N em seus diversos estádios de desenvolvimento (PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004). A época de aplicação do N pode influenciar o seu aproveitamento pelo milho, sendo comum a aplicação, na semeadura, de parte do N recomendado, e o restante em cobertura, quando as plantas apresentam de 4 a 8 folhas (ESCOSTEGUY et al., 1997; PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004).

Segundo RAUN & JOHNSON (1999), a eficiência de utilização do N mineral pelo milho, é de aproximadamente 33% e, quando se tem um aumento da recuperação desse nutriente pelas plantas, tem-se um aumento na eficiência de uso desse fertilizante e conseqüentemente, uma redução no potencial de lixiviação por nitrato, além de elevar o retorno econômico na produção de grãos (JOKELA e RANDALL, 1997).

Na região Sudeste e na área dos cerrados, entretanto, não se dispõe de muitos dados sobre a melhor época de aplicação da adubação nitrogenada para a cultura do milho, principalmente no SSD. A antecipação da cobertura nitrogenada, destinada à cultura do milho, aplicada na semeadura da planta de cobertura (PAULETTI & COSTA, 2000) ou em pré-semeadura do milho (SÁ, 1999; BASSO & CERETTA, 2000; LARA CABEZAS et al., 2004, 2005) tem sido estudada, na região sul do país, tendo por objetivo, a redução na competição entre a planta de milho e os microorganismos do solo pelo N aplicado no momento da semeadura (imobilização).

Estudando a eficiência de recuperação de nitrogênio (ERN) na região dos cerrados, FERNANDES et al. (1999) encontraram que a ERN variou de 12 a 52% em função das diferentes doses de N aplicadas. Na cultura do milho, o uso da técnica isotópica tem possibilitado a determinação da ERN em função da dose (SILVA et al.,

2006; DUETE et al., 2008), da forma e da época de aplicação de adubos minerais (DUETE et al., 2008), além da contribuição de plantas de sucessão no fornecimento de N para o milho (SILVA et al., 2006).

A semelhança da aplicação de N em pré-semeadura e cobertura do milho foi estudada por diversos autores (SÁ, 1996; PAULETTI & COSTA, 2000; CERETTA et al., 2002), os quais constataram haver diferença entre as épocas de aplicação de N. CERETTA et al. (2002) ainda constataram uma redução no rendimento de grãos, quanto a aplicação antecipada à semeadura, em anos de elevada precipitação pluvial.

A influência das épocas de parcelamento (pré-semeadura; poucos dias antes da semeadura e cobertura nos estádios de quatro a cinco folhas e/ou sete a oito folhas) do N suplementar a semeadura, foi estudado por LANGE et al. (2008) num Argissolo em Minas Gerais, cuja área experimental apresentava um histórico de oito anos de sistema de semeadura direta. Esses autores, não observaram alterações significativas na produtividade de grãos de milho. Utilizando a técnica da diluição isotópica ( $^{15}\text{N}$ ), os autores verificaram que a recuperação do N pelo milho foi superior quando o N foi aplicado em cobertura, não havendo, porém, melhoria na recuperação do N do fertilizante com duas coberturas. Ao contrário, SILVA et al. (2005), observaram que a melhor época de aplicação do N, era metade da dose na semeadura e a outra metade no estádio de 4 a 6 folhas, em experimento conduzido em área de SSD recém-instalado.

A aplicação do N em uma única época (em pré-semeadura ou na semeadura) pode resultar em acúmulo de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo, nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do milho (BASSO & CERETTA, 2000), pois na fase inicial da cultura, a demanda por esse nutriente é menor. Já no estádio de 4 a 8 folhas para a aplicação do N em cobertura, a absorção de N pelas plantas é mais intensa. No Brasil, recentes trabalhos têm destacado a importância da aplicação de todo o N recomendado para a cultura do milho, antes ou no momento da semeadura, com o objetivo, aumentar a disponibilidade desse nutriente, nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, reduzir o efeito da imobilização de N pelos microrganismos do solo,

ao decomporem resíduos culturais de alta relação C/N (YAMADA, 1996; SÁ, 1996; PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004).

Para a região Centro-Oeste, visando diminuir a deficiência inicial de N no milho, recomenda-se a aplicação de uma maior dose na semeadura (ARGENTA et al., 1999; CFSMG, 1999; SILVA et al., 2005), aumentando-se assim a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de N para o desenvolvimento das plantas (GOMES et al., 2007).

BASSOI & REICHART (1995) estudando o parcelamento do N em cobertura, em duas épocas, sob condições de irrigação em Terra Roxa Estruturada, observaram aumentos significativos na produção do milho. Os dados obtidos nesse estudo mostraram que, a aplicação desse nutriente via água da irrigação, nos estádios mais avançados da cultura, pode proporcionar um aumento na assimilação de N pelas plantas, com um acréscimo na produtividade de grãos em relação à aplicação de N via solo, feita em estádios iniciais do desenvolvimento da cultura.

HEINRICHS et al (1995) também observaram aumento dos valores médios de massa de grãos, para todos os híbridos estudados, quando o N em cobertura era parcelado em duas aplicações.

## **2.2 Uso de plantas de cobertura na entressafra**

No Brasil, atualmente são cultivados, cerca de 49,5 milhões de hectares com culturas anuais, sendo que pequena parte dessa área é manejada na entressafra com plantas de cobertura (CONAB, 2011). Diversos trabalhos de pesquisa com o uso de plantas de cobertura tem mostrado eficiência no equilíbrio e melhoria das características do solo (CALEGARI, 2004) e alternativa promissora na suplementação de N (SÁ, 1996; GONÇALVES et al., 2000; AMADO et al., 2002).

Essas plantas podem ser leguminosas, gramíneas, crucíferas, espontâneas e outras, tendo como objetivo a produção de fitomassa, cujos resíduos são mantidos na superfície do solo, formando assim, a cobertura morta, essencial ao plantio direto (ANDRIOLI et al., 2008), promovendo proteção, melhoria e manutenção da qualidade

do solo (CARVALHO et al., 1999). Nesse sistema de cultivo, por conta do não revolvimento do solo, esses resíduos vegetais tem decomposição mais lenta em virtude do menor contato destes com o solo (SÁ, 1996).

Estudos apontam resultados satisfatórios quanto ao uso dessas plantas em cobertura, pois apresentam benefícios de incremento de N, quando os resíduos culturais são deixados na superfície do solo (CALEGARI, 1993; DA ROS & AITA, 1996).

AITA et al. (2001) avaliando diferentes espécies de plantas de cobertura de inverno, evidenciaram a possibilidade de redução da quantidade de N aplicada no milho, após o cultivo de leguminosas.

A concentração de N na fitomassa das plantas de entressafra, principalmente das leguminosas, é pouco variável entre os anos, quando as condições mínimas de manejo são atendidas (AMADO et al., 2002).

Ao contrário, a produção de matéria seca é influenciada por vários fatores, dentre eles os principais são: clima, solo e fitossanidade (AMADO, 1991). Assim, o volume de matéria seca no solo é que vai determinar o total de N a ser adicionado pelas leguminosas (HOLDERBAUM et al., 1990).

Segundo STUTE & POSNER (1995), as plantas de entressafra decompõem rapidamente (perda de 50% da biomassa em um mês), sendo uma fonte significativa de N para o milho cultivado em sucessão, na região sudoeste dos EUA. Já no Brasil, verificou-se uma liberação de aproximadamente 70% do N da fitomassa, após um mês do manejo das leguminosas (AITA et al., 2001).

Esse aumento se dá a médio e longo prazo, denominando-se por tanto como efeito residual, tendo-se uma redução nas fontes de N, necessário para aumentar o rendimento das culturas de verão (EVANYLO, 1990; REEVES, 1994). Estudos feitos por AMADO et al. (1999) com leguminosas, comparando o efeito imediato e residual, concluíram que houve um incremento de 45,6% e 19% no rendimento do milho, respectivamente.

Embora as gramíneas apresentem grande capacidade de absorção e acumulação de N na planta, alcançando valores tão elevados quanto a  $147 \text{ kg ha}^{-1}$  (HEINZMANN, 1985), sua contribuição na disponibilidade de N é inferior à das

leguminosas. Isso pode ser atribuído, principalmente, à alta relação C/N dos restos culturais das gramíneas. Nestas condições, os microrganismos que os decompõem, utilizam grande parte do N mineral presente no sistema, diminuindo a sua disponibilidade para a cultura, principalmente nos estádios iniciais (VICTORIA et al., 1992; AITA et al., 2001; STRIEDER et al., 2006).

Em função disso, com a finalidade de diminuir a deficiência inicial de N para o milho, maiores doses de N na semeadura, seriam necessárias para compensar a exportação de N do sistema (SÁ, 1993). Segundo ALVES et al. (2006), antes de pensar em aumentar as doses de N, deve-se pensar no manejo do sistema para otimizar as doses atuais, visando reduzir o efeito negativo da alta razão C/N, aumentando a decomposição dos resíduos e a liberação de N no período de maior demanda pela cultura (ARGENTA et al., 1999; ALVES et al., 2006).

Estudo feito com aveia no SPD, cujo objetivo foi avaliar a decomposição dos resíduos por essa gramínea, AMADO et al. (1999) concluíram que, após o manejo desta, apenas 20% do N contido nas plantas foi liberado nas primeiras quatro semanas, resultando em assincronismo com a demanda inicial do milho. Trabalhos de SILVA et al. (2002) demonstraram que pode haver redução de cerca de 25% no rendimento de grãos do milho em sucessão à aveia preta, em relação ao cultivado após pousio de inverno (sem cobertura).

Desta maneira, tem-se aumentado o uso e estudos de espécies alternativas, dando-se destaque para as leguminosas, pois proporcionam benefícios semelhantes aos de outras espécies além do alto potencial de acumular N pela fixação biológica (STRIEDER et al., 2006; SILVA et al., 2009). Além disso, as leguminosas podem atender a necessidade das plantas de milho, através da decomposição de seus resíduos, onde o N orgânico será mineralizado e absorvido pela cultura em sucessão, em diferentes estádios, comparativamente às gramíneas, reduzindo assim, as quantidades de N mineral por utilizar nas culturas comerciais de verão (MUZILLI, 1978; DERPSCH et al., 1985; HEINZMANN., 1985; PAVINATO et al., 1994; STUTE & POSNER, 1995; DA ROS & AITA, 1996).

### 2.3 Índice de área foliar (IAF)

Quando se estuda uma determinada cultura, a área foliar é uma importante variável para a análise de crescimento e desenvolvimento da planta, sendo que, quanto maior a área foliar, maior será a superfície de exposição das folhas e, portanto maior a capacidade fotossintética da planta.

A área foliar está diretamente relacionada com a disponibilidade de N para as plantas, sendo que, esse nutriente é constituinte da estrutura das proteínas, atuando no processo de fotossíntese, sendo indispensável para a nutrição das plantas. A expansão da área foliar na cultura do milho é dada pela combinação entre o alongamento, aparecimento e senescência foliar por perfilho e o número de perfilhos por área de solo (LEMAIRE & MILLARD, 1999), onde o N afeta estas características, sendo a taxa de alongamento foliar a característica mais afetada pelo aumento do suprimento de N (ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al., 2005; CHAGAS E BOTELLHOS, 2005; FAGUNDES et al.; 2006).

A atividade fotossintética influencia na produção de tecidos e na produtividade das culturas, processo pelo qual a radiação solar, interceptada pelas folhas verdes, é transformada em energia química, que é utilizada para converter o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do ar e a água (H<sub>2</sub>O) em açúcares simples (PARSONS & CHAPMAN, 2000). A interceptação da radiação solar depende da quantidade e distribuição da área foliar e ângulos foliares no dossel (ELINGS, 2000; BOEDHRAM et al., 2001; STEWART et al., 2003).

O dossel de uma planta é constituído de todas as estruturas da parte aérea que interferem na interceptação da luz incidente. Folhas, pecíolos e ramos existentes no dossel interferem na penetração da luz no interior de uma comunidade vegetal. A arquitetura do dossel influencia a eficiência de utilização da luz e varia substancialmente com a espécie vegetal e o desenvolvimento da planta (KERBAUY, 2004, 2008).

Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura poderá ser maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo à área foliar permanecer ativa (MANFRON et al., 2003).

A partir da obtenção da área foliar, WATSON (1947) desenvolveu o conceito de índice de área foliar (IAF) que está associado com a área de uma face das folhas dividida pela área de solo que ocupam, ou seja, a capacidade que a planta tem para explorar o espaço disponível para seu desenvolvimento. Segundo LARCHER (2000), uma planta com IAF igual a 4 significa que, a superfície do solo estaria coberta quatro vezes pela mesma área com folhas ordenadas em camadas de acordo com a espécie.

No entanto, da forma como foi proposto anteriormente pelo mesmo autor e em seguida abordado por BENICASA (1988), o IAF é um índice muito dinâmico, visto que a área foliar varia quase que instantaneamente ao longo do ciclo da planta, o que torna sua quantificação bastante complexa, a qual requer procedimentos laboriosos, morosos e, muitas vezes imprecisos (VARLET GRANCHER et al., 1993).

Considerando que a taxa de crescimento da cultura depende da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada, o IAF tem papel importante em relação a produtividade da planta (STEWART et al., 2003). Entretanto, a produtividade do milho em função do IAF, aumenta linearmente até um máximo, denominado ponto crítico, após o qual a produção é limitada pelo sombreamento das folhas superiores sobre as inferiores, que, em geral, não é crítico até o estágio fenológico de oito folhas (DWYER et al., 1992; DOURADO NETO et al., 2001; MADDONI et al., 2001).

## **2.4 Crescimento radicular da cultura do milho**

As raízes são órgãos de extrema importância para uma planta, sendo que, anteriormente eram pouco estudadas devido às dificuldades metodológicas para sua determinação. Seria interessante determinar uma forma de estudo capaz de amostrar as raízes com um mínimo de gasto de tempo e de trabalho e com o máximo de exatidão e precisão possíveis (VASCONCELOS et al., 2003).

De modo geral, as raízes possuem funções primárias e secundárias tais como: sustentação das plantas, absorção de água e nutrientes (RAVEN & EDWARDS, 2001) e armazenamento de nutrientes, síntese de reguladores de crescimento, propagação e dispersão, respectivamente (FITTER, 1996).

Um sistema radicular com elevado comprimento, superfície e biomassa permite maior contato das raízes com o solo, aumentando a eficiência na absorção de nutrientes (SANTOS JUNIOR, 2001). Aproximadamente 80% da massa de raízes das gramíneas, estão concentradas na profundidade de 0 a 15 cm do solo (BARKER et al., 1988; BRASIL et al., 2000). Trabalhos feitos por RODRIGUES e CÁDIMA-ZEVALLOS (1991), BONO et al. (2000) e RODRIGUES et al. (2001) encontraram um volume maior da massa de raízes na profundidade de 0 a 20 cm do solo. Estudos feitos por VENZKE FILHO et al. (2004), mostrou uma concentração de 36% das raízes de milho na camada de 0 – 10 cm do solo.

O estado nutricional das plantas tem efeito positivo no crescimento de suas raízes (ESHEL; WAISEL, 1996). Uma planta bem suprida em nitrogênio apresenta um maior comprimento, produção de massa seca e volume das raízes em comparação a uma planta deficiente nesse nutriente. Esse aumento está relacionado com o acúmulo de carboidratos (BROUWER, 1962; CECATO et al., 2004).

O sistema de preparo do solo também está relacionado com a distribuição do sistema radicular (BORDIN et al., 2008). TAVARES FILHO et al. (2001) e VIEIRA (1981), observaram que em plantio convencional, as raízes de milho e soja, concentravam na camada superficial e em semeadura direta, o sistema radicular estava bem mais distribuído no perfil do solo. IVO e MIELNIEZUK (1999) observaram esse mesmo comportamento nos estádios iniciais do milho, mas nos estádios finais não houve diferença entre os sistemas de preparo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do local e da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, localizado no município de Jaboticabal-SP. A área experimental encontra-se situada, geograficamente, à latitude de 21°15'17" sul, longitude de 48°19'20" oeste, e altitude de 605 metros do nível do mar. O clima segundo a classificação de KÖPPEN (1936) é do tipo subtropical mesotérmico, ou seja, verão úmido e inverno seco, e temperatura média do ar de 22°C.

Na área experimental, cultivava-se milho como cultura de verão, em sistema de plantio direto por 19 anos. A partir de 1998, a área foi dividida ao meio, empregando-se como plantas de entressafra o milho e a soja, ambas sob irrigação suplementar por aspersão, não havendo controle do volume de água aplicado, pois o objetivo era apenas manter as plantas vivas.

A semeadura das plantas de entressafra (sem adubação) foi realizada em abril de cada ano agrícola, adotando-se o espaçamento entrelinhas de 0,90 m para o milho, com uma população final de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup> e 0,45 m para a soja, com uma população final de 500.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O milho foi dessecado no estágio R<sub>2</sub> e a soja no estágio de frutificação plena (R<sub>4</sub>) e, posteriormente, foram picadas mecanicamente e distribuídas uniformemente na área de cultivo.

#### 3.2 Solo

O solo da área experimental é classificado segundo critérios da EMBRAPA (2006) como um Latossolo Vermelho eutroférico argiloso cujas características químicas, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Atributos químicos para fins de fertilidade do solo.

Profund.	pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO	P (resina)	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
M		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%
0 - 0,05	6,1	41	101	5,4	77	30	22	134,4	84
0,05 - 0,10	5,9	31	96	3,8	65	20	25	113,8	78
0,10 - 0,20	5,8	28	86	2,9	57	20	25	104,9	76
0,20 - 0,40	5,9	21	21	2,1	42	15	18	77,1	77

### 3.3 Dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar

Os dados diários de precipitação pluvial e temperatura média do ar, relativo ao período experimental são apresentados nas Figuras 1 e 2. Os dados foram coletados na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP.

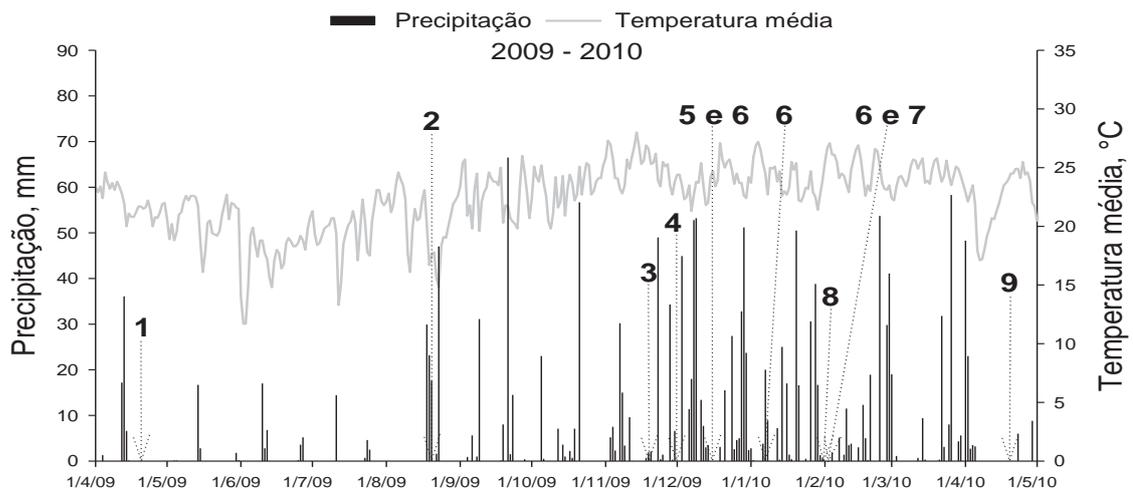


Figura 1 - Dados diários de precipitação pluvial e temperatura média do ar ocorrida no período de abril/2009 a maio/2010. Legenda: 1, semeadura das plantas de entressafra; 2, manejo das plantas de entressafra; 3, aplicação do N em pré-semeadura; 4, semeadura do milho; 5, aplicação do N em cobertura; 6, avaliação da área foliar; 7, coleta de raízes; 8, diagnose foliar e 9, colheita.

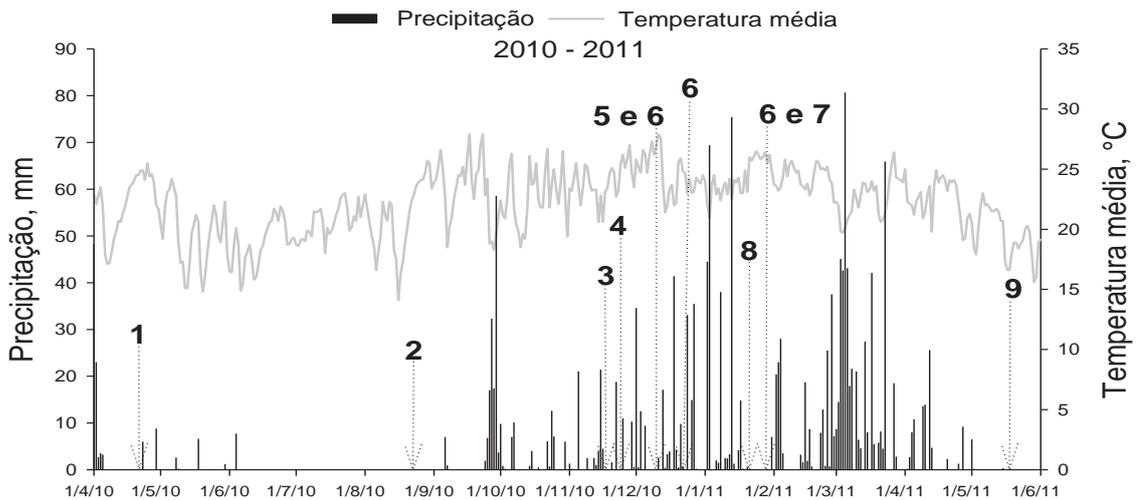


Figura 2 - Dados diários de precipitação pluvial e temperatura média do ar ocorrida no período de abril/2010 a junho/2011. Legenda: 1, semeadura das plantas de entressafra; 2, manejo das plantas de entressafra; 3, aplicação do N em pré-semeadura; 4, semeadura do milho; 5, aplicação do N em cobertura; 6, avaliação da área foliar; 7, coleta de raízes; 8, diagnose foliar e 9, colheita.

### **3.4 Cultivar estudada**

O cultivar de milho utilizado no presente experimento foi o híbrido simples Pioneer 30F35H, de ciclo precoce. De acordo com a empresa produtora, o mesmo apresenta como características básicas, elevada capacidade de adaptação para as terras baixas e altas do Brasil Central, elevado nível de resposta como: a elevação dos níveis de adubação, redução do espaçamento e aumento da população de plantas dentro dos limites sugeridos para o híbrido. A escolha deste material se deveu à sua ampla adaptação às principais regiões produtoras, assim como pelas suas características agrônômicas.

### **3.5 Tratamentos e delineamento experimental**

O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas com cinco tratamentos principais (estratégias de aplicação de N), dois tratamentos secundários (plantas de entressafra) e seis repetições dispostas em blocos casualizados.

Cada parcela – área de 72 m<sup>2</sup> – correspondeu às seguintes estratégias de aplicação de N (dose total de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N): N<sub>0</sub> (0 + 0); N<sub>1</sub> (20 + 130); N<sub>2</sub> (50 + 100); N<sub>3</sub> (150 + 0) e N<sub>4</sub> (0 + 150), sendo o primeiro e o segundo número corresponde, respectivamente, à dose de N (kg ha<sup>-1</sup>) aplicada em pré-semeadura (40 dias antes da semeadura do milho) e cobertura (quatro a cinco folhas completamente desenroladas). As subparcelas – área útil de 36 m<sup>2</sup> - corresponderam às plantas de entressafra (milho e soja).

### **3.6 Condução do experimento**

#### **3.6.1 Adubação**

Todos os tratamentos receberam, juntamente com a adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho (primavera/verão), uma adubação básica com 40 kg ha<sup>-1</sup> de

K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, aplicados a lanço e em área total. Foi aplicado no sulco de semeadura 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples. A fonte de N utilizada foi o nitrato de amônio e ambas as aplicações foram realizadas a lanço em área total.

### **3.6.2 Semeadura**

A semeadura do milho híbrido simples Pioneer 30F35H (cultura de primavera/verão) para os anos agrícolas 2009/10 e 2010/11, foram realizadas nos dias 30/11/2009 e 24/11/2010, respectivamente, utilizando-se o espaçamento de 0,90 m entrelinhas e uma população final de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

## **3.7 Avaliações**

### **3.7.1 Estado nutricional da planta de milho (Diagnose foliar)**

Foram coletadas por ocasião do pendoamento do milho (50% de plantas pendoadas), o terço central de vinte folhas da base da espiga principal (superior), dentro da área útil das subparcelas, segundo metodologia descrita em CANTARELLA et al., (1996). Todo o material vegetal colhido foi preparado, seco em estufa (65°C), moído e analisado para N de acordo com BATAGLIA et al. (1983).

### **3.7.2 Índice de área foliar**

O índice de área foliar (IAF) foi determinado mediante a avaliação de três plantas de cada subparcela, em três estádios fenológicos: V<sub>4</sub> - V<sub>5</sub>, V<sub>9</sub> - V<sub>12</sub> e R<sub>1</sub>. Para essa finalidade foi empregada a metodologia descrita por FRANCIS et al. (1969). Considerou-se apenas as folhas fotossinteticamente ativas e não danificadas, ou seja, aquelas que possuíam 50% ou mais de área verde e/ou de sua forma original. Uma vez em cada tratamento de uma repetição mediu-se o

comprimento e a maior largura de todas as folhas para obtenção do fator de multiplicação (f), que foi obtido pela seguinte equação:

$$f = \frac{\text{área foliar da planta (m}^2\text{)}}{\text{área foliar da maior folha (m}^2\text{)}}$$

Nas demais repetições, avaliou-se apenas a área da maior folha da planta e usou-se o fator, anteriormente citado, para estimar a área foliar da planta. Para o cálculo da área de cada folha foi utilizada a seguinte equação  $AF = C \times L \times F$ , onde C corresponde ao comprimento da folha, L a maior largura e F o fator de correção. Adotou-se o valor F de 0,75 (FRANCIS et al., 1969) para as folhas totalmente desenroladas e 0,5 para as folhas que não estavam completamente expandidas (GIAUFFRET et al., 1991). A área foliar da planta, nos tratamentos onde todas as folhas foram aferidas, correspondeu a somatória da área de cada folha. Nos demais tratamentos esta foi estimada com o produto da área da maior folha pelo fator de multiplicação (f) determinado. Posteriormente, calculou-se o índice de área foliar (IAF), que é a relação da área foliar da planta pela área explorada pela cultura, obtido pela equação:

$$IAF = \frac{\text{área foliar média (m}^2\text{)} \times \text{stand (plantas/ha)}}{10000 \text{ (m}^2\text{)}}$$

O stand foi o determinado para cada subparcela, procedendo-se a contagem das plantas no momento da colheita.

### 3.7.3 Densidade das raízes

Para a avaliação da densidade de massa seca de raízes (DMSR), foi empregado o método do trado modificado, conforme descrito por CAIRES et al. (2008). Coletaram-se a cada 0,10 m até a profundidade de 0,60 m, amostras de raízes na linha de

semeadura de cada subparcela, quando as plantas de milho estavam no estágio R<sub>1</sub>. Cada amostra foi colocada em um saco plástico, identificado e em seguida levados para o laboratório e mantidos sob-refrigeração para conservação das raízes. Para separação das raízes do solo, cada amostra foi lavada com água corrente, através do seguinte conjunto de peneiras sobrepostas: ABNT nº 10 (abertura de malha de 2,0 mm), ABNT nº 18 (abertura de malha de 1,0 mm) e ABNT nº 50 (abertura de malha de 0,3 mm). Posteriormente as raízes foram secas em estufa (65-70°C) e pesadas para determinação da massa seca, sendo os resultados expressos em massa seca de raiz por volume do solo amostrado (DMSR).

#### **3.7.4 Produtividade de grãos**

A produção de grãos foi estimada por meio da colheita manual e com debulha mecanizada dos grãos das quatro linhas centrais de cada subparcela. A massa final dos grãos foi ajustada para 13% de água, para posterior cálculo de produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>.

#### **3.8 Análise estatística**

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise estatística das densidades de raízes, os dados foram transformados em log (x+5). As análises foram realizadas empregando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA e MALDONADO JÚNIOR, 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Diagnose foliar

A concentração de N na folha diagnose (Tabela 2), coletadas por ocasião do pendoamento das plantas de milho, não foi influenciada significativamente pelas estratégias de aplicação do N, nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11. Contudo, mesmo no tratamento testemunha, para o ano agrícola 2009/10, o teor de N estava na faixa considerada adequada (27 - 35 g kg<sup>-1</sup>) por CANTARELLA et al. (1996). Esse fato pode ser resultado da disponibilização de razoáveis quantidades do nutriente mediante o processo de mineralização dos restos culturais e da matéria orgânica do solo, inclusive quando a cultura antecessora foi o milho. Por se tratar de uma área que há 19 anos está sob plantio direto, os processos que governam a dinâmica do N no sistema solo-planta adquirem certo equilíbrio o que eleva a disponibilidade desse nutriente às plantas quando comparado aos primeiros anos de adoção desse sistema (CANTARELLA, 2007).

Já, o uso de plantas de entressafra influenciou significativamente a concentração de N na folha diagnose, apenas no ano agrícola 2010/11, observando que, a concentração desse nutriente foi maior quando as plantas de milho foram cultivadas em sucessão a soja.

Possivelmente, isso ocorreu devido à decomposição mais lenta dos resíduos do milho podendo ser atribuída à sua mais alta relação C/N, à maior proporção de material lignificado (colmos e sabugos) e à maior quantidade de palha, quando comparado à soja, além de as condições climáticas serem consideradas desfavoráveis a decomposição no período do inverno, conforme destacado por HOLTZ (1995).

Verifica-se ainda no ano agrícola 2010/11 que, independente da estratégia de aplicação de N e plantas de entressafra, as concentrações de N nas folhas foram menores do que os sugeridos como adequados para a cultura.

Possivelmente, isso pode ser explicado devido à baixa precipitação pluvial e temperatura média do ar no ano agrícola 2010/11 comparada ao ano agrícola 2009/10

(Figuras 1 e 2). Sendo assim, a taxa de decomposição dos resíduos vegetais foi menor, devido ao fato da velocidade de decomposição ser favorecida por altas precipitações e temperaturas. Conseqüentemente, a disponibilidade de N proveniente dos restos culturais para o milho em sucessão, foi menor, evidenciando possivelmente em baixas concentrações de N na folha diagnose. Estudos feitos por HOLTZ (1995), também apresentou o mesmo comportamento desse presente estudo, ou seja, as condições climáticas foram desfavoráveis à decomposição dos restos culturais no período do inverno, evidenciando em baixas concentrações de N.

Tabela 2. Concentrações de nitrogênio na folha diagnose, em função das estratégias de aplicação de N e das plantas de entressafra no ano 2009/10 e 2010/11.

<b>Nitrogênio Folha Diagnose (g kg<sup>-1</sup>) – 2009/10</b>						
Plantas de Entressafra (P)	Estratégia de Aplicação N (E), kg ha <sup>-1</sup>					Média
	0 – 0 <sup>(1)</sup>	20 - 130	50 – 100	150 - 0	0 - 150	
Milho	27,9	27,5	31,7	28,9	29,1	29,0
Soja	29,6	31,2	30,7	30,6	30,6	30,6
Média	28,7	29,4	31,2	29,8	29,9	
Teste F	P = 0,46 <sup>ns</sup>		E = 3,13 <sup>ns</sup>		P X E = 0,74 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 15,58 %			CV (Subparcelas) = 11,26 %		
<b>Nitrogênio Folha Diagnose (g kg<sup>-1</sup>) – 2010/11</b>						
Milho	20,1	21,3	20,3	23,2	22,4	21,5B
Soja	24,0	26,5	24,0	25,9	25,4	25,2A
Média	22,1	23,9	22,1	24,5	23,9	
Teste F	P = 1,65 <sup>ns</sup>		E = 62,49 <sup>**</sup>		P x E = 0,87 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 12,96 %			CV (Subparcelas) = 7,77 %		

<sup>(1)</sup> Primeiro e segundo números correspondem, respectivamente, a dose de N aplicada em pré-semeadura e cobertura (4-5 folhas). \* e \*\* indica diferença pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo (p>0,05). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

#### 4.2 Índice de área foliar

Verifica-se na Tabela 3 que, para os dois anos agrícolas, o índice de área foliar (IAF) no estágio V<sub>4</sub> – V<sub>5</sub>, não foi significativamente alterado em função das plantas de entressafra. No entanto, constatou-se diferença significativa entre as estratégias de

aplicação do N. Pode-se observar nesse estágio que, as doses de N aplicada em cobertura, para todos os tratamentos, não influenciaram no IAF, devido ao fato de se ter realizado a aplicação de N e em seguida a medição das folhas para o cálculo do IAF.

Tabela 3. Índice de área foliar (IAF) no estágio  $V_4 - V_5$  em função das estratégias de aplicação de N e das plantas de entressafra nos anos 2009/10 e 2010/11 (~ 20 DAE).

<b>Índice de Área Foliar (Estádio <math>V_4 - V_5</math>) – 2009/10</b>						
Plantas de Entressafra (P)	Estratégia de Aplicação N (E), kg ha <sup>-1</sup>					Média
	0 - 0	20 - 130	50 - 100	150 - 0	0 - 150	
Milho	0,16	0,22	0,24	0,23	0,17	0,20
Soja	0,15	0,23	0,23	0,23	0,18	0,20
Média	0,16b	0,23a	0,23a	0,23a	0,18b	
Teste F	P = 19,47**		E = 0,01 <sup>ns</sup>		P x E = 0,31 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 9,50 %			CV (Subparcelas) = 9,65 %		
<b>Índice de Área Foliar (Estádio <math>V_4 - V_5</math>) – 2010/11</b>						
	CV (parcela) = 11,89 %			CV (Subparcelas) = 10,79 %		
Milho	0,16	0,22	0,21	0,22	0,16	0,19
Soja	0,17	0,23	0,24	0,22	0,15	0,20
Média	0,17b	0,22a	0,23a	0,22a	0,16b	
Teste F	P = 15,30**		E = 3,27 <sup>ns</sup>		P x E = 1,97 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 10,56 %			CV (Subparcelas) = 6,12 %		

<sup>(1)</sup> Primeiro e segundo números correspondem, respectivamente, a dose de N aplicada em pré-semeadura e cobertura (4-5 folhas). \* e \*\* indica diferença pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo ( $p > 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com os dados apresentados, na ausência de N, o IAF comparado às parcelas que receberam esse nutriente, foi significativamente menor, devido o fato do N ter grande influencia no alongamento foliar. O resultado apresentado vem concordando com a sugestão de que o alongamento foliar é, realmente, influenciado pelo suprimento de nitrogênio. Esse comportamento pode ser confirmado pelo estudo de deposição de nutrientes nas zonas de alongamento e divisão celular das folhas (SKINNER e NELSON, 1995).

Segundo RITCHIE et al. (1993), quando não há um bom suprimento de N no solo no início e durante o estágio de crescimento de plantas de milho, o tamanho final das

folhas é menor, reduzindo o IAF. Portanto, o IAF está diretamente relacionado com o tamanho das folhas, ou seja, quanto maior a expansão da AF maior o IAF. Isso está de acordo com o observado nesse estudo, ou seja, um menor IAF na ausência de N.

Na Tabela 4 estão apresentados os dados referentes ao IAF no estágio  $V_9 - V_{12}$  para os anos agrícolas 2009/10 e 2010/11. Observa-se que, na ausência de N (0 - 0), o IAF foi significativamente inferior ao das plantas adubadas com N e de maneira geral, no ano agrícola 2009/10, para a sucessão milho/milho, a aplicação de maiores doses de N na semeadura (50 e 150 kg ha<sup>-1</sup> N) proporcionou maiores valores de IAF, ao contrário do observado na sucessão soja/milho.

Tabela 4. Índice de área foliar (IAF) no estágio  $V_9 - V_{12}$  em função das estratégias de aplicação de N e das plantas de entressafra no ano 2009/10 e 2010/11 (~ 35 DAE).

<b>Índice de Área Foliar (Estádio <math>V_9 - V_{12}</math>) – 2009/10</b>						
Plantas de Entressafra (P)	Estratégia de Aplicação N (E), kg ha <sup>-1</sup>					Média
	0 - 0	20 - 130	50 - 100	150 - 0	0 - 150	
Milho	0,91cA	0,98bA	1,02aB	1,08aA	0,99bA	1,00
Soja	0,93bA	1,03aA	1,06aA	1,06aA	1,02aA	1,02
Média	0,92	1,01	1,04	1,07	1,01	
Teste F	Parcelas = 29,01**		Subparcelas = 0,82 <sup>ns</sup>		E x N = 6,20**	
	CV (Parcelas) = 2,57 %			CV (Subparcelas) = 1,80 %		
<b>Índice de Área Foliar (Estádio <math>V_9 - V_{12}</math>) – 2010/11</b>						
Milho	0,95dA	1,09cA	1,37aB	1,21bB	1,06cA	1,13
Soja	0,94dA	1,08cA	1,53aA	1,30bA	1,03cA	1,18
Média	0,95	1,09	1,45	1,25	1,04	
Teste F	P = 242,09**		E = 16,78**		P x E = 13,74**	
	CV (Parcelas) = 2,71 %			CV (Subparcelas) = 2,39 %		

<sup>(1)</sup> Primeiro e segundo números correspondem, respectivamente, a dose de N aplicada em pré-semeadura e cobertura (4-5 folhas). \* e \*\* indica diferença pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo (p>0,05). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Já no ano agrícola 2010/11, observou-se que, aplicando-se 50 kg ha<sup>-1</sup> N em pré-semeadura, houve um maior incremento no IAF, principalmente quando as plantas de milho foram cultivadas em sucessão à soja. Possivelmente isso ocorreu, devido à adubação nitrogenada ter promovido um aumento na produção de células e,

consequentemente, na taxa de alongamento foliar, havendo efeito direto sobre o IAF (VOLENEC e NELSON, 1994).

Na Tabela 5, os resultados obtidos para o IAF no estágio R<sub>1</sub>, nos dois anos agrícolas, apresentaram o mesmo comportamento ao encontrado no estágio V<sub>9</sub> – V<sub>12</sub>, com exceção ao ano agrícola 2010/11, observando que, na sucessão soja/milho, quando não se aplicou uma dose de N em pré-semeadura, o IAF foi significativamente inferior ao das plantas que receberam esse nutriente em pré-semeadura.

Tabela 5. Índice de área foliar (IAF) no estágio R<sub>1</sub> em função das estratégias de aplicação de N e das plantas de entressafra nos anos 2009/10 e 2010/11 (~ 60 DAE).

<b>Índice de Área Foliar (Estádio R<sub>1</sub>) – 2009/10</b>						
Plantas de Entressafra (P)	Estratégia de Aplicação N (E), kg ha <sup>-1</sup>					Média
	0 - 0	20 - 130	50 – 100	150 - 0	0 - 150	
Milho	6,63	7,11	7,14	7,33	6,54	6,95B
Soja	6,68	7,11	7,81	7,48	7,43	7,30A
Média	6,66c	7,11b	7,48a	7,41a	6,99b	
Teste F	P = 29,67**		E = 10,69**		P x E = 2,79 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 2,10 %			CV (Subparcelas) = 4,12 %		
<b>Índice de Área Foliar (Estádio R<sub>1</sub>) – 2010/11</b>						
Milho	5,12dB	6,14bcA	6,53abA	6,89aA	5,97cA	6,13
Soja	5,70cA	6,17bA	6,67aA	6,94aA	5,93bcA	6,58
Média	5,41	6,15	6,60	6,91	5,95	
Teste F	P = 15,09**		E = 57,50**		P x E = 8,04**	
	CV (Parcelas) = 1,72 %			CV (Subparcelas) = 3,03 %		

<sup>(1)</sup> Primeiro e segundo números correspondem, respectivamente, a dose de N aplicada em pré-semeadura e cobertura (4-5 folhas). \* e \*\* indica diferença pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo (p>0,05). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

### 4.3 Densidade de massa seca de raízes

Verifica-se na Tabela 6 que, para o ano agrícola 2009/10, a densidade de massa seca de raízes (DMSR) na profundidade de 0 – 0,10 m, não foi significativamente alterada tanto pelas estratégias de aplicação de N quanto pelas culturas de entressafra. Já na profundidade de 0,10 – 0,20 m, observou-se que de maneira geral, a maior

DMSR foi encontrada para as plantas de milho cultivadas em sucessão à soja, principalmente quando se aplicou toda a dose de N em pré-semeadura (Tabela 6). Na profundidade de 0,20 – 0,30 a DMSR aumentou, quando se aplicou uma maior dose de N em cobertura (130 e 150 kg ha<sup>-1</sup> N) em sucessão à soja.

Verifica-se que a maior parte das raízes de milho concentrou-se até as profundidades de 0,30 m, apresentando uma maior DMSR e à medida que as profundidades foram aumentando, a DMSR foram diminuindo. Esse incremento na DMSR, apenas nas camadas superiores do solo, deve-se, provavelmente, à aplicação do fertilizante nitrogenado ter sido realizada a lanço na superfície do solo, apresentando um maior pH, maior concentração de nutrientes e carbono orgânico.

Observa-se na profundidade de 0,30 – 0,40 m que, na ausência de N a DMSR foi menor, independente das plantas de entressafra, enquanto que, nas parcelas que receberam esse nutriente, independente da época em que foi aplicado, observam-se incrementos significativos na DMSR. Na camada de 0,40 – 0,50 m houve diferença significativa, apenas entre as plantas de entressafra, evidenciando uma maior DMSR para as plantas cultivadas em sucessão à soja. Possivelmente esse incremento foi constatado, devido à baixa relação C/N apresentado pelas leguminosas, proporcionando uma maior taxa de decomposição dos resíduos e, conseqüentemente uma maior liberação de N para as plantas em sucessão. Já na profundidade de 0,50 – 0,60 m, na sucessão milho/milho, quando não se aplicou toda a dose de N em cobertura, a DMSR foi significativamente menor em relação à sucessão soja/milho.

Tabela 6. Densidade de massa seca de raízes de milho no estádio R<sub>1</sub> em função das estratégias de aplicação de N e das plantas de entressafra no ano 2009/10.

Densidade de massa seca de raízes (0 - 0,10 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Plantas de Entressafra (P)	Estratégia de Aplicação N (E), kg ha <sup>-1</sup>					Média
	0 - 0	20 - 130	50 - 100	150 - 0	0 - 150	
Milho	0,209	0,704	0,706	0,348	0,498	0,493
Soja	0,456	0,667	0,382	1,285	0,171	0,592
Média	0,333	0,686	0,544	0,817	0,335	
Teste F	P = 1,74 <sup>ns</sup>		E = 0,33 <sup>ns</sup>		P x E = 2,62 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 3,91 %			CV (Subparcelas) = 3,95 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,10 - 0,20 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,179abB	0,480aA	0,371abA	0,120bB	0,120bB	0,254
Soja	0,486bA	0,497bA	0,304bA	1,06aA	0,346bA	0,538
Média	0,333	0,489	0,338	0,589	0,233	
Teste F	P = 6,35*		E = 43,73**		P x E = 16,50**	
	CV (Parcelas) = 1,44 %			CV (Subparcelas) = 1,27 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,20 - 0,30 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,013	0,107	0,054	0,007	0,147	0,067B
Soja	0,168	0,327	0,035	0,073	0,329	0,187A
Média	0,091b	0,217a	0,045b	0,04b	0,238a	
Teste F	P = 37,16**		E = 21,47**		P x E = 2,75 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 0,46 %			CV (Subparcelas) = 0,83 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,30 - 0,40 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,004	0,070	0,057	0,091	0,043	0,053
Soja	0,036	0,111	0,038	0,125	0,077	0,077
Média	0,020b	0,091a	0,048a	0,108a	0,060a	
Teste F	P = 6,02*		E = 4,59 <sup>ns</sup>		P x E = 0,93 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 0,44 %			CV (Subparcelas) = 0,39 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,40 - 0,50 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,032	0,040	0,086	0,038	0,043	0,046B
Soja	0,078	0,064	0,084	0,048	0,078	0,070A
Média	0,055	0,052	0,085	0,038	0,061	
Teste F	P = 1,87 <sup>ns</sup>		E = 10,32**		P x E = 0,88 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 0,34 %			CV (Subparcelas) = 0,27 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,50 - 0,60 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,013bA	0,023bA	0,044bA	0,005bA	0,096aB	0,036
Soja	0,025aA	0,044aA	0,061aA	0,025aA	0,047aA	0,041
Média	0,019	0,034	0,053	0,015	0,072	
Teste F	P = 5,34*		E = 0,74 <sup>ns</sup>		P x E = 4,30*	
	CV (Parcelas) = 0,30 %			CV (Subparcelas) = 0,21 %		

<sup>(1)</sup> Primeiro e segundo números correspondem, respectivamente, a dose de N aplicada em pré-semeadura e cobertura (4-5 folhas). \* e \*\* indica diferença pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo (p>0,05). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O sistema radicular é imprescindível para definir o desempenho da cultura do milho, pois quanto maior for o volume de solo explorado por unidade de planta, menor deverá ser o teor crítico dos diferentes nutrientes do solo. A adubação nitrogenada possibilita um desenvolvimento e crescimento inicial maior, devido ao reduzido volume de solo explorado pelo sistema radicular, em termos absolutos.

No ano agrícola 2010/11, na profundidade de 0 – 0,10 m, na ausência de N, a DMSR foi menor quando comparada às parcelas que receberam esse nutriente. Observou-se também que, aquelas que receberam N, apresentaram um incremento na DMSR, independente da época em que esse nutriente foi aplicado e das plantas de entressafra adotadas.

A partir da profundidade de 0,10 m, a DMSR apresentou o mesmo comportamento, ou seja, não foi influenciado significativamente tanto pelas estratégias de aplicação de N quanto pelas plantas de entressafra, com exceção da profundidade de 0,40 – 0,50 m, que foi influenciada apenas pelas estratégias de aplicação de N. Possivelmente, isso é explicado, pelo fato das raízes de milho se concentrarem nas camadas superiores do solo. Essa concentração, aliada à boa conservação de umidade e aos teores de nutrientes, fez com que se encontrasse uma maior DMSR nessa região do perfil. BARBER (1971) e EHLERS et al. (1983) encontraram disposição semelhante para milho e aveia, respectivamente.

Esses resultados corroboram com as pesquisas feitas por VENZKE FILHO et al. (2004). Tais autores também encontraram uma maior concentração das raízes na camada de 0 – 0,10 m, o que proporcionou um contato maior com o solo. Resultados semelhantes foram observados por BASSOI et al. (1994) e BORDIN et al. (2008).

Tabela 7. Densidade de massa seca de raízes de milho no estágio R<sub>1</sub> em função das estratégias de N e das plantas de entressafra no ano 2010/11.

Densidade de massa seca de raízes (0 - 0,10 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Plantas de Entressafra (P)	Estratégia de Aplicação N (E), kg ha <sup>-1</sup>					Média
	0 - 0	20 - 130	50 - 100	150 - 0	0 - 150	
Milho	0,676	2,085	1,049	0,840	1,038	1,138
Soja	1,200	1,762	1,436	1,517	1,122	1,408
Média	0,938b	1,924a	1,243a	1,179a	1,080a	
Teste F	P = 4,21*		E = 1,30 <sup>ns</sup>		P x E = 0,54 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 3,89 %			CV (Subparcelas) = 5,77 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,10 - 0,20 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,450	0,832	0,585	0,426	0,464	0,551
Soja	0,603	0,212	0,298	0,601	0,511	0,445
Média	0,527	0,522	0,441	0,514	0,488	
Teste F	P = 0,09*		E = 3,01 <sup>ns</sup>		P x E = 5,71*	
	CV (Parcelas) = 2,89 %			CV (Subparcelas) = 1,85 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,20 - 0,30 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,120	0,097	0,074	0,198	0,102	0,118
Soja	0,096	0,207	0,179	0,195	0,189	0,173
Média	0,108	0,152	0,127	0,196	0,146	
Teste F	P = 0,45 <sup>ns</sup>		E = 1,10 <sup>ns</sup>		P x E = 0,28 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 1,48 %			CV (Subparcelas) = 1,69 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,30 - 0,40 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,050	0,122	0,061	0,054	0,051	0,068
Soja	0,031	0,061	0,039	0,087	0,060	0,056
Média	0,041	0,092	0,050	0,070	0,056	
Teste F	P = 0,75 <sup>ns</sup>		E = 1,03 <sup>ns</sup>		P x E = 1,78 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 0,69 %			CV (Subparcelas) = 0,38 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,40 - 0,50 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,049	0,108	0,082	0,007	0,112	0,072
Soja	0,013	0,078	0,119	0,080	0,043	0,067
Média	0,031b	0,093ab	0,101a	0,044ab	0,078ab	
Teste F	P = 6,04*		E = 0,17 <sup>ns</sup>		P x E = 3,19 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 0,37 %			CV (Subparcelas) = 0,50 %		
Densidade de massa seca de raízes (0,50 - 0,60 m), mg cm <sup>-3</sup>						
Milho	0,063	0,066	0,039	0,018	0,022	0,042
Soja	0,049	0,032	0,095	0,070	0,032	0,056
Média	0,056	0,049	0,067	0,044	0,027	
Teste F	P = 1,07 <sup>ns</sup>		E = 0,45 <sup>ns</sup>		P x E = 0,95 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 0,43 %			CV (Subparcelas) = 0,66 %		

<sup>(1)</sup> Primeiro e segundo números correspondem, respectivamente, a dose de N aplicada em pré-semeadura e cobertura (4-5 folhas). \* e \*\* indica diferença pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo (p>0,05). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

#### 4.4 Produtividade de grãos de milho

Para a produtividade de grãos no ano agrícola 2009/10 (Tabela 8), pode-se observar que, ao se adotar o milho como cultura de entressafra, a produção de grãos foi significativamente inferior quando não se aplicou N em relação às obtidas quando a adubação nitrogenada foi realizada. Porém, ao se aplicar N, as estratégias de aplicação desse nutriente não diferiram significativamente quanto à produção de grãos. Quando se cultivou soja na entressafra, no entanto, a produção de grãos não foi influenciada pelas estratégias de adubação, inclusive quando o N foi suprimido.

O efeito do cultivo de milho na entressafra na maior produtividade de grãos, quando comparado ao efeito proporcionado pela soja no ano agrícola 2009/10, pode ser atribuído ao menor desempenho da soja quanto à produção de massa seca. Devido o fato do milho (outono/inverno) apresentar alta relação C/N, quando de início se doou uma quantidade alta de N, acelerou-se o processo de decomposição e produção de matéria orgânica e, conseqüentemente, uma maior quantidade de N acumulado no resíduo.

Contribuindo para essas explicações, são vários os relatos de aumentos na produtividade de milho em sucessão a milheto e crotalária na região do Cerrado (COLLIER et al., 2006; SILVA et al., 2006; SOUSA NETO et al., 2008). Esses autores relacionaram as maiores produtividades de milho às maiores quantidades de N liberadas pelos resíduos das culturas antecessoras.

Chama atenção para a produção de milho obtida sem aplicação de N quando cultivado em sucessão a soja, pois foi significativamente superior àquela observada quando se teve o milho como cultura de entressafra. O efeito positivo das leguminosas sobre a produtividade de grãos de milho é relatado em diversos trabalhos (AITA et al., 1994; AITA et al., 2001; HEINRICHS et al., 2001) e é atribuído ao N adicionado ao solo pela leguminosa, via fixação biológica de N e à facilidade com que esse nutriente é liberado dos resíduos culturais durante a sua decomposição.

Tabela 8. Produtividade de grãos do milho, em função das estratégias de aplicação de N e das plantas de entressafra no ano de 2009/10 e 2010/11.

<b>Produtividade de grãos (t ha<sup>-1</sup>) – 2009/10</b>						
Plantas de Entressafra (P)	Estratégia de Aplicação N (E), kg ha <sup>-1</sup>					Média
	0 – 0 <sup>(1)</sup>	20 - 130	50 – 100	150 - 0	0 - 150	
Milho	6,5bB	8,4aA	8,5aA	8,6aA	8,2aA	8,0
Soja	7,2aA	8,0aA	7,4aB	7,7aB	8,1aA	7,9
Média	6,8	8,2	8,0	8,2	8,2	
Teste F	P = 17,33**		E = 0,77 <sup>ns</sup>		P x E = 3,11*	
	CV (Parcelas) = 6,62 %			CV (Subparcelas) = 6,23 %		
<b>Produtividade de grãos (t ha<sup>-1</sup>) – 2010/11</b>						
Milho	7,3	8,3	7,7	8,4	8,3	8,0B
Soja	7,6	8,4	8,5	8,3	8,9	8,3A
Média	7,4b	8,4a	8,1a	8,4a	8,6a	
Teste F	P = 11,12**		E = 6,02*		P x E = 1,39 <sup>ns</sup>	
	CV (Parcelas) = 5,61 %			CV (Subparcelas) = 6,53 %		

<sup>(1)</sup> Primeiro e segundo números correspondem, respectivamente, a dose de N aplicada em pré-semeadura e cobertura (4-5 folhas). \* e \*\* indica diferença pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo (p>0,05). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No ano agrícola 2010/11, a produção foi influenciada significativamente pelas plantas de entressafra (Tabela 8) e pela adição de N independentemente da época. A maior produtividade de grãos de milho cultivado em sucessão à soja, deu-se devido ao maior fornecimento de N por essa leguminosa, devido a menor relação C/N favorecer a mineralização e menor imobilização de N mineral, comparado aos resíduos do milho.

O aumento na produtividade do milho proporcionados pelo cultivo anterior de leguminosas, está de acordo com os aumentos encontrados por AITA et al. (1994) e por PAVINATO et al. (1994), ao trabalharem com estas mesmas espécies de plantas. Tais resultados mostram que a utilização de leguminosas no inverno constitui uma fonte alternativa de N para o milho cultivado em sucessão, conforme observado por DA ROS e AITA (1996), AMADO et al. (1999), AITA et al. (2001), TORRES (2003), BERTIN et al. (2005) e SILVA et al. (2006).

Com relação às estratégias de aplicação de N, segundo RAIJ et al. (1996), consiste no fornecimento de uma pequena parte do N na semeadura do milho e o restante em cobertura, devido as perdas desse nutriente por lixiviação. Verifica-se que,

de maneira geral, a aplicação de maiores doses de N na semeadura (50 e 150 kg ha<sup>-1</sup> N) não diferiu significativamente das diferentes estratégias de aplicação desse nutriente. Esses resultados corroboram com os encontrados por PÖTTKER e WIETHÖLTER (2004); LARA CABEZAS et al. (2005) e BERTOLINI et al. (2008) comparando a aplicação de N em pré-semeadura e em cobertura, onde esses autores também não verificaram diferença significativa na produtividade de grãos de milho.

## 5. CONCLUSÕES

- ✓ A aplicação de toda dose de N em pré-semeadura, em cobertura ou de forma parcelada não promoveu diferenças significativas nas concentrações de N na folha diagnose e na produção de grãos de milho. Já as plantas de entressafra, influenciaram as concentrações de N na folha diagnose, apenas no ano agrícola 2010/11, evidenciando maiores concentrações para o milho cultivado em sucessão à soja.
- ✓ As estratégias de aplicação do N e uso de plantas de entressafra, proporcionaram incrementos na densidade de massa seca de raízes e no índice de área foliar para as três épocas avaliadas, sendo mais evidentes na sucessão soja/milho, utilizando as estratégias 50 – 100 kg ha<sup>-1</sup> e 150 – 0 kg ha<sup>-1</sup> de N.
- ✓ A adubação nitrogenada aumentou a produção de grãos de milho cultivado após milho, indiferentemente da estratégia de aplicação adotado. Sem a aplicação de N a produção de grãos de milho foi superior ao se adotar à soja como cultura de entressafra.

## 6. REFERÊNCIAS

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.18, p.101-108, 1994.

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.157-165, 2001.

ALVES, B.J.R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F.M.; HECKLER, J.C.; MACEDO, R.A.T.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S. Fixação simbiótica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.449-456, 2006.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOSQUIM, P. R.; REGAZZI, A. J.; ROCHA, F. C. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1372-1379, 2004.

AMADO, T. J. C. Adubação verde de inverno para o Alto Vale do Itajaí. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.4, p.4-7, 1991.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p.679-686, 1999.

AMADO, T.J.C.; MELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.241-248, 2002.

ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, F.F.; COUTINHO, E.L.M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, p.1691-1698, 2008.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; RIZZARDI, M. A.; BARUFFI, M. A. & LOPES, M. C. B. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão as espécies de cobertura do solo no inverno em dois locais. II – Efeito sobre o rendimento de grãos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, p.587-593, 1999.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**, Versão 1.0. 2011. Jaboticabal: FCAV, 2011.

BARBER, S.A. Effect of tillage practice on corn (*Zea mays* L.) root distribution and morphology. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p.724-726, 1971.

BARKER, D. J.; ZHANG, D. M.; MACKAY, A. D. Root distribution in a low fertility hill country sward grazed by sheep. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v. 16, p.73-76, 1988.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura no solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, p.905-915, 2000.

BASSOI, L.H.; FANTE JÚNIOR, L.; JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S.; REICHARDT, K. Distribuição do sistema radicular do milho em Terra Roxa Estruturada Latossólica: II.

Comparação entre cultura irrigada e fertirrigada. **Scientia Agricola**, v.51, p.541-548, 1994.

BASSOI, L.H; REICHADT, K. Acúmulo de matéria seca e nitrogênio em milho cultivado no período de inverno com aplicação de nitrogênio no solo e via água de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n. 12, p.1361-1373, 1995.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BENICASA, M.M.P **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 48p.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n. 3, p.379-386, 2005.

BERTOLINI, E.V.; GAMERO, C.A.; SALATA, A. C.; PIFFER, C. R. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, p.2355-2366, 2008.

BOEDHRAM, N.; ARKEBAUER, T. J.; BATCHELOR, W. D. Season-long characterization of vertical distribution of leaf area in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.1235-1242, 2001.

BONO, J. A.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. B. P. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo a penetração em pastagem de *Panicum maximum* Jacq.

sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

BORDIN, I.; NEVES, C.S.V.J.; MEDINA, C.C.; SANTOS, J.C.F.; TORRES, H.; URQUIAGA, S. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1785-1792, 2008.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. & FORSTHOFER, E. L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.361-366, 2002.

BULISANI, E.A.; ROSTON, A.J. Leguminosas: adubação verde e rotação de culturas. In: CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRONÔMICO, 1., 1993, **Palestras...** Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.13-16. (Documentos IAC, 35).

BRASIL, F. C.; STOCCO, F. C.; PESSANHA, A. L.; SOUTO, R. L.; ZONTA, E.; ROSSELO, R. O. P. Distribuição e variação temporal de características radiculares de *Brachiaria humidicola* em um Planossolo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

BROUWER, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 10, p.342-399, 1962.

CAIRES, E..F.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORRÊA, J.C.L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, v.28, p.57-64, 2008.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.80, p.62-70, 2004.

CALEGARI, A. Manejo de adubação verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., 1992, Campo Mourão. **Ata...** Campo Mourão: Associação dos Engenheiros Agrônomos de Campo Mourão, p.104-11, 1993.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B, van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p.45-4.

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

CARVALHO, A. M.; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. **Manejo de adubos verdes no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 28p. (Circular Técnica, 4).

CECATO, U.; JOBIM, C. C.; REGO, F. C. A.; LENZI, A. Sistema radicular – componente esquecido das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 159-207.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; DIEKOW, J.; AITA, C.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; VENDRUSCULO, E. R. O. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, p.549-554, 2002.

COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1100-1105, 2006.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. – CFSMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação.** Viçosa, MG, 1999. 359p.

CHAGAS, L. A. C.; BOTELHO, S. M. S. Teor de proteína bruta e produção de massa seca do capim-braquiária sob doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, p.35-40, 2005.

CRAWFORD, T.W.; RENDIG, V.V.; BROADBENT, F.E. Sources, fluxes, and sinks of nitrogen during early reproductive growth of maize (*Zea mays*L.). **Plant Physiology**, Minneapolis, v.70, p.654-660, 1982.

DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.20, p.135-140, 1996.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.761-773, 1985.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L.; LOPES, P. P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Coord.). **Milho: tecnologia da produtividade.** Piracicaba: ESALQ, 2001. p.120-125.

DUETE, R.; COTRIM, R.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (<sup>15</sup>N)

pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.161-171, 2008.

DWYER, L. M.; STEWART, D. W.; HAMILTON, R. R. I.; HOUWING, L. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p.430-438, 1992.

EHLERS, W.; KOPKE, U.; HESSE, F. & BOHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil Til. Res.**, v.3, p.261-275, 1983.

ELINGS, A. Estimation of leaf area in tropical maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.436-444, 2000.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, Campinas, v.21, n.1, p.71-77, 1997.

ESHEL, A.; WAISEL, Y. Multiform and multifunction of various constituents of the root system. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. 2<sup>nd</sup>. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 175-192.

EVANYLO, G.K. Dryland corn response to tillage and nitrogen fertilization. I. Growth-yield-N relationships. Comm. **Soil Science Plant**, Tokyo, v.21, p.137-170, 1990.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CASAGRANDE, D. R.; COSTA, L. T.

Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p.21-29, 2006.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELLOS, C. A.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.22, p.247-254, 1998.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1691-1698, 1999.

FITTER, A. Characteristics and functions of root systems. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1996. chap. 3, p. 1-29.

FRANCIS, C. A.; RUTGER, J. N.; PALMER, A. F. E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, p.537-539, 1969.

GIAUFFRET, C.; BONHOMME, R.; DORVILLEZ, D.; DERIEUX, M. Conversion of intercepted radiation into aerial dry biomass for three maize genotypes: influence of plant density. **Maydica**, v.36, p.25-27, 1991.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n. 5, p.931-938, 2007.

GONÇALVEZ, 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 do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, p.153-159, 2000.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C.; FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.331-340, 2001.

HEINRICHS, R.; LIMA, M. G.; AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes níveis de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** v.3, p. 1371.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.1021-1030, 1985.

HODGEN, P. J.; FERGUSON, R. B.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Uptake of Point Source Depleted 15N Fertilizer by Neighboring Corn Plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 99-105, 2009.

HOLDERBAUM, J. F.; DECKER, A. M.; MEISINGER, J. J.; MULFORD, F. R.. & VOUGH, L. R. Fall-seed legume cover crops for no-tillage corn in the humid East. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, p.117-124, 1990.

HOLTZ, G.P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí/PR**. Curitiba, UFPR, 1995, 129p. (Dissertação de Mestrado).

IVO, W. M. P. M.; MIELNICZUK, J. Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, p.135-143, 1999.

JOKELA, W. E.; RANDALL, G. W. Fate of fertilizer nitrogen as affected by time and rate of application on corn. **Soil Science Society of American Journal**, v.61, p.1695-703, 1997.

KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.232-242, 1988.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

KÖPPEN, W. **Das Geographische System der Klimatologie: Handbuch der Klimatologie**. Berlim: Gebruder Borntrager. 1936. 44 p.

KRISTENSEN, H.L.; THORUP-KRISTENSEN, K. Uptake of <sup>15</sup>N labeled nitrate by root systems of sweet corn, carrot and white cabbage from 0.2–2.5 meters depth. **Plant and Soil**, the Hague, v.265, p.93–100, 2004.

LANGE, A.; LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.123-130, 2008.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em

sistema de plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1005-1013, 2004.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ARRUDA, M.R.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, p.215-226, 2005.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D.G. de. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1005-1013, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2000. 531 p.

LEMAIRE, G.; MILLARD, P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. **Journal of Experimental Botany**, 50,15–28, 1999.

MADDONI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Fields Crops Research**, Amsterdam, v.71, p.183-193, 2001.

MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D.; PEREIRA, A. R. BONNEACARRERE, R. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; PILAU, F. G. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Rio de Janeiro, v.11, p.333-342, 2003.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características Morfogênicas e Estruturais do Capim- Xaraés Submetido à Adubação Nitrogenada e Desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1475-1486, 2005.

MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, p.399-402, 1974.

MUZILLI, O. O manejo da fertilidade do solo: a prática da adubação verde. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Manual agropecuário para o Paraná**. Londrina, 1978. p.57-58.

PAULETTI, V.; COSTA, L. C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia-preta no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.599-603, 2000.

PARSONS, A.J.; CHAPMAN, D.F. The principles of pasture growth and pasture utilization. In: HOPKINS, A. (Ed.). **Grass** – its production and utilization. Oxford: Blackwell Science, 2000. cap.3, p.31-89.

PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C. A.; BEVILÁQUA, G. P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1427:1432, 1994.

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

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1015-1020, 2004.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy journal**, v.91, p. 357-363, 1999.

RAVEN, J. and Edwards, D. Roots: evolutionary and biogeochemical significance, **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.52, p.381-401, 2001.

REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. (Ed.). **Lewis: crops residue management**, 1994. p.125-172.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: State University of Science and Technology, 1993. 21p. (Special Report, 48).

RODRIGUES, L. R.; RODRIGUES, T. J. D.; RAMOS, A. K. B.; QUADROS, D. G. Dry matter production of shoots and root density of two cultivars of *Lablab purpureus* (L.) Sweet. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Águas de São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 573-574.

RODRIGUES, A. C. G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 439-445, 1991.

SÁ, J.C.M. **Manejo de fertilidade do solo em semeadura direta**. Carambeí: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SÁ, J.C.M. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto**. Aldeia Norte, Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1996. 23p.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.267-310.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim – Marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 79f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SILVA, P. R. F. da.; STRIEDER, M. L.; COSER, R. P. da S.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L.; SILVA, A. A. da. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.487-492, 2005.

SILVA, D.A da.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. de.; GONÇALVEZ, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n. 1, p.75-88, 2006.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.1504-1512, 2009.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1057-1064, 2002.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no

milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.477-486, 2006.

SILVA, T.R.B.; SORATTO, R.P.; OZEKI, M. & ARF, O. Manejo da época de aplicação da adubação potássica em arroz de terras altas irrigado por aspersão em solo de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá., v.24, p.1455-1460, 2002.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.2, p.255-260, 2008.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Estimation of potential tiller production and usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, v.70, p.493-499, 1995.

STEWART, D. W.; COSTA, C.; DWYER, L. M.; SMITH, D. L.; HAMILTON, R. I.; MA, B. L. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.95, p.1465-1474, 2003.

STUTE, J. K. & POSNER, J. L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the Upper Midwest. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p.1063-1069, 1995.

STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; RAMBO, L.; ENDRIGO, P.C. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.30, p. 879-890, 2006.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.725-730, 2001.

TORRES, J.L.R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de semeadura direta no cerrado, na região de Uberaba-MG.** 2003. 108 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

VARLET GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; SINOQUET, H (Ed.). **Crop structure and light microclimate.** Paris: INRA, 1993. 518p.

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, p.849-858, 2003.

VENZKE FILHO, S.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; FANTE JÚNIOR, L.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C.C. Root Systems and soil microbial biomass under no-tillage system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, p.529-537, 2004.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Plantio direto no Estado do Paraná.** Londrina, 1981. p.19-32. (Circular Técnica, 23).

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. & NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.

VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L.; REZENDE, L.O.; TREVISAN, N. **Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção.** Piracicaba: Serrana, 1999. 36p.

VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II. Relationship to leaf elongation rates modified by nitrogen fertilization. **Plant Physiology**, v.74, p.595-600, 1994.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. 5p. (Informações Agronômicas, 74).

WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots: the hidden half.** 2<sup>nd</sup>. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. 1002 p.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. 1. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London, v.11, p.41-76, 1947.