

DIOGO SANTOS CAMPOS

**RESPOSTA ESPECTRAL DO FEIJOEIRO A DIFERENTES DOSES DE
NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2009

DIOGO SANTOS CAMPOS

**RESPOSTA ESPECTRAL DO FEIJOEIRO A DIFERENTES DOSES DE
NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 21 de maio de 2009.

Dr. Reinaldo Lúcio Gomide

Dr. Trazilbo José de Paula Júnior

Prof. Joseph Kalil Khoury Júnior

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro
(Co-orientador)

Prof. Daniel Marçal de Queiroz
(Presidente da Banca)

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda.”

Confúcio
Filósofo chinês
(551 a.C. - 479 a.C.)

A meus queridos pais Aloísio e Iara,
pelo carinho, exemplo e apoio constante;
e irmãos Suzana e Lucas,
pelo apoio e amizade.

DEDICO

À minha querida esposa Gislaine
e à minha querida filha Giovana,
pela paciência, amor e carinho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e todas as oportunidades.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq), pela bolsa concedida durante o Curso de Doutorado.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra pela colaboração nos trabalhos de campo.

Ao professor Francisco de Assis de Carvalho Pinto, pela orientação, dedicação, amizade e paciência.

Ao professor Daniel Marçal de Queiroz, pelos conselhos e sugestões no decorrer do trabalho.

Ao professor Nerilson Terra Santos, pela colaboração e sugestões no decorrer do trabalho.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pela colaboração, sugestões e experiência na condução do trabalho de campo.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola.

Aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola e do Departamento de Engenharia Agrícola.

Aos colegas do Laboratório de Mecanização Agrícola e do Laboratório de Projetos de Máquinas e Visão Artificial, Gislaine, Leonardo, Mário, Antônio, Murilo, João Cleber, Alcir, Selma, Danilo, Geice, Ronaldo, Jerson, Francelino, Douglas, Paula, Vagner, Walter, Renato, Sérgio, Willian, Marcos, Pedro, Élder, Alisson, Amanda, Ariston e aos estagiários Bruno, Vinícios, Felipe e Odilon.

Às amigadas construídas em Viçosa, em especial ao Carlinhos.

Aos amigos Dawson e Leonardo, pela amizade, confiança, paciência, convivência e companheirismo.

A meus pais e irmãos, pelo apoio constante.

À minha esposa Gislaine, pelo amor, cumplicidade, carinho, paciência e habilidade na condução dos experimentos.

À minha filha Giovana, pela paz a mim transmitida a cada sorriso.

A todos que contribuíram e possibilitaram a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

DIOGO SANTOS CAMPOS, filho de Aloísio Torres de Campos e Iara Botelho Santos Campos, nasceu no dia primeiro de janeiro de 1978, em Lavras, M.G.

Em janeiro de 2003, concluiu o curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras.

Em fevereiro de 2005, concluiu o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2005, iniciou o Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa.

Em 2008, foi aprovado em concurso público para a classe de Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, na área de Máquinas Agrícolas do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí, Minas Gerais, onde exerce o cargo atualmente.

Em maio de 2009, submeteu-se à defesa de tese.

ÍNDICE

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. A importância do nitrogênio na agricultura	6
2.2. Adubação nitrogenada na cultura do feijão	8
2.3. Monitoramento e identificação do nitrogênio nas culturas agrícolas	11
2.3.1. Métodos diretos	11
2.3.2. Métodos indiretos	12
2.4. Características do feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	14
2.4.1. Características botânicas	15
2.4.2. Épocas de plantio	16
2.4.3. Sistemas de cultivo	17
2.5. Sensoriamento remoto	18
2.5.1. Radiometria	19
2.5.2. Índices de vegetação	21
2.5.3. Comportamento espectral da vegetação	22
2.5.4. Comportamento espectral do solo	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Implantação do experimento	26
3.2. Aquisição e processamento dos dados	29
3.2.1. Aquisição dos dados radiométricos	29

3.2.2. Estimativa dos teores de clorofila e determinação do teor de nitrogênio foliar	31
3.2.3. Estimativa da produtividade de grãos e componentes de rendimento	32
3.2.4. Processamento dos dados radiométricos	32
3.3. Análise dos dados	34
3.3.1. Antes da adubação em cobertura	34
Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura, valores SPAD e teores de nitrogênio foliar	34
Comportamento espectral do dossel do feijoeiro submetido a diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura.....	36
Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores médios de índices de vegetação	36
Avaliação da relação entre valores médios de índices de vegetação, teor de nitrogênio foliar e valores SPAD	37
3.3.2. Após a adubação em cobertura.....	37
Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura, valores SPAD e teor de nitrogênio foliar	37
Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e índices de vegetação	39
Avaliação da relação entre nitrogênio foliar e valores SPAD.....	39
Relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento	39
Relação entre índices de vegetação, produtividade e componentes de rendimento do feijoeiro	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1. Análise dos dados antes da adubação em cobertura.....	43
4.1.1. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores SPAD.....	43
4.1.2. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e teores de nitrogênio foliar	52
4.1.3. Comportamento espectral do dossel do feijoeiro submetido a diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura.....	59

4.1.4. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores médios de índices de vegetação	66
4.1.5. Avaliação da relação entre valores médios de índices de vegetação, teor de nitrogênio foliar e valores SPAD	77
4.2. Análise dos dados após a adubação em cobertura.....	80
4.2.1. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD.....	80
4.2.2. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e teor de nitrogênio foliar	84
4.2.3. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e índices de vegetação	88
4.2.4. Avaliação da relação entre valores SPAD e teores de nitrogênio foliar.....	115
4.2.5. Relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento	117
4.2.6. Relação entre índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento.....	126
5. CONCLUSÕES.....	137
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
7. APÊNDICES	150
Apêndice A.....	150
Apêndice B.....	153
Apêndice C.....	155
Apêndice D.....	165
Apêndice E.....	167
Apêndice F	169
Apêndice G.....	185

RESUMO

CAMPOS, Diogo Santos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2009. **Resposta espectral do feijoeiro a diferentes doses de nitrogênio.** Orientador: Francisco de Assis de Carvalho Pinto. Co-orientadores: Daniel Marçal de Queiroz, Nerilson Terra Santos e José Eustáquio de Souza Carneiro.

A busca por uma agricultura sustentável, com produção de alimentos a custos competitivos e menor impacto ao meio ambiente, vem levando vários produtores a adotarem técnicas relacionadas à agricultura de precisão. Assim, o uso de métodos que propiciam a rápida diagnose do estado nutricional das plantas é uma necessidade para uma recomendação de adubação otimizada. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar, em condições de campo, a resposta espectral do feijoeiro submetido a diferentes doses de nitrogênio. Foram conduzidos dois experimentos (safras “seca” e “inverno” de 2007) onde os dados foram obtidos do delineamento em blocos casualizados, com três repetições, distribuídos em esquema fatorial 5 x 6. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de nitrogênio (N) aplicadas na semeadura e seis doses de N aplicadas em cobertura, na forma de uréia. Para cada experimento, foram realizadas sete campanhas radiométricas com uso de espectralradiômetros. Em cada parcela, paralelamente aos dados radiométricos, foram feitas leituras com uso de um clorofilômetro portátil (SPAD). Das mesmas folhas utilizadas para as leituras dos valores SPAD foram determinados os teores de nitrogênio foliar (NF). Foram determinados, também, a produtividade e seus componentes de rendimento número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG). A partir dos dados radiométricos foram calculados os valores médios de reflectância e extraídos os índices de vegetação. Os experimentos

foram divididos em duas etapas, antes e após da adubação em cobertura. Antes da adubação em cobertura, para cada época, foram feitas análises de regressão entre as doses de N aplicadas na semeadura e os valores SPAD, NF e índices de vegetação. Para visualização do comportamento espectral do dossel do feijoeiro, foram gerados, para cada dose aplicada, gráficos médios da resposta espectral. O grau de relacionamento entre as variáveis NF, valores SPAD e valores médios de índices de vegetação, foi avaliado por meio de análise de correlação. Após à adubação em cobertura, a existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores SPAD, NF, índices de vegetação, produtividade e componentes de rendimento do feijoeiro, foram feitas por meio de análises de regressão. A avaliação da relação entre o grupo índices de vegetação e componentes de rendimento do feijoeiro foi feita por meio de análise de correlação canônica. Os estudos conduzidos antes da adubação em cobertura permitiram concluir que o clorofilômetro portátil SPAD 502 e a análise do teor de nitrogênio foliar podem ser utilizados para avaliação dos níveis de adubação nitrogenada desde que o solo seja de baixa fertilidade natural. As variações na quantidade de biomassa do dossel alteraram a resposta espectral do feijoeiro. Os índices SAVI e WDRVI mostraram-se mais eficientes na identificação da relação funcional entre doses de N aplicadas na semeadura e os valores médios dos índices de vegetação, quando comparados com o índice NDVI. Os índices de vegetação estudados não apresentaram correlação significativa com os valores de NF. Após a adubação em cobertura foi possível discriminar doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura com uso dos valores SPAD, NF e índices de vegetação, apenas para o solo de baixa fertilidade natural. Para esse mesmo solo, as doses de adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura incrementaram significativamente a produtividade, o NVP e o NGV. Por meio de análise de correlação canônica foi possível identificar que, para o solo de alta fertilidade, os grupos valores médios dos índices de vegetação e o grupo produtividade do feijoeiro e seu componentes de rendimento foram independentes. Para o solo de baixa fertilidade natural, os grupos considerados não se mostraram independentes.

ABSTRACT

CAMPOS, Diogo Santos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May of 2009.
Bean spectral response with different nitrogen rates. Adviser: Francisco de Assis de Carvalho Pinto. Co-Advisers: Daniel Marçal de Queiroz, Nerilson Terra Santos and José Eustáquio de Souza Carneiro.

The search for sustainable agriculture, with production of food at competitive cost and less impact to the environment, has led many producers to adopt techniques related to precision agriculture. The use of methods that provides rapid diagnosis of the nutritional status of plants is a need for a recommendation for optimal fertilization. The main objective of this work was to evaluate, under field conditions, the spectral response of bean canopy subjected to different nitrogen rates. Two experiments were conducted where data were obtained from the randomized block design with three replicates, distributed in a factorial 5 x 6. The treatments consisted of five nitrogen (N) rates applied at planting and six N rates applied as sidedress using urea-based fertilizers. For each experiment, there were seven measurements using a spectrometer. Parallel to the radiometric data, in each parcel readings were made using a portable chlorophyll meter (SPAD). For the same leaves used for the determination of SPAD values, the levels of leaf nitrogen were determined. The yield and yield components of number of pods per plant, number of grains per pod and one hundred grain mass were determined. From the radiometric data were calculated average values of reflectance and generated vegetation indices. The experiments were divided into two stages, before and after sidedressing nitrogen. Before the sidedressing for each date, the regression analysis was made between the N rates applied at planting and the SPAD values, leaf nitrogen and vegetation indices. To visualize the spectral reflectance of the bean canopy, average spectral response graphics were

generated for each N rates applied. The quantity of relationship between variables leaf nitrogen, SPAD values and average values of vegetation indices was evaluated by correlation analysis. After sidedressing, the existence of a functional relationship between of N rates applied before and after sidedressing and the SPAD values, leaf nitrogen, vegetation indices, yield beans and your components, were made by regression analysis. The evaluation of the relationship between the group of vegetation indices and yield beans and your components was made by canonical correlation analysis. Studies conducted before sidedressing have concluded that the use of SPAD values and leaf nitrogen may be used to evaluate the rates of nitrogen fertilizer if the soil is of low natural fertility. Variations in the amount of biomass of the canopy changed the spectral response of the bean. The vegetation indices WDRVI and SAVI were more efficient in identifying the functional relationship between N rates applied at planting and the average vegetation indices, when compared with the index NDVI. The vegetation indices studied showed no significant correlation with the values of leaf nitrogen. Only for the soil is of low natural fertility, after sidedressing the use of SPAD values, leaf nitrogen and vegetation indices could discriminate N rates applied at planting and sidedressing. For that soil, the N rates applied at planting and sidedressing increased significantly the yield, the number of pods per plant and the number of grains per pod. Through analysis of canonical correlation was identified that for the soil is of high fertility, the groups the average values vegetation indices and the group bean yield components were independent. For the soil is of low natural fertility, the groups considered were not independent.

1. INTRODUÇÃO

O atual desenvolvimento da agricultura vem proporcionando avanços tecnológicos com relação ao aproveitamento do potencial produtivo das culturas possibilitando a colocação do fertilizante, sementes e dos produtos agroquímicos em locais específicos. Os produtores, de posse dessas técnicas, vislumbram uma possível solução para uma agricultura sustentável, com produção de alimentos a custos competitivos e menor impacto ao meio ambiente.

Em decorrência da urbanização, a mão-de-obra na agricultura vem se tornando escassa, o que obrigam os produtores em todo mundo a aumentar a eficiência do processo produtivo em suas propriedades. Com a questão ambiental, o problema é mais grave ainda exigindo a otimização do uso de defensivos e fertilizantes, que, se usados de maneira inadequada, podem causar sérios problemas de contaminação.

O gerenciamento localizado das culturas agrícolas é uma das alternativas mais viáveis para o contorno desses problemas na busca do desenvolvimento de uma agricultura sustentável. A agricultura de precisão pode ser considerada, segundo Queiroz et al. (2000), como a habilidade em se monitorar e acessar a atividade agrícola em nível local, com o objetivo de aumentar a eficiência do processo produtivo. Mesmo com claros benefícios econômicos e ambientais, a agricultura de precisão não cresceu tão rapidamente quanto necessária (Moreenthaler et al., 2003).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado praticamente em todas as regiões brasileiras por pequenos e grandes produtores e representa um dos principais alimentos da população do país, especialmente a de baixa renda. No Brasil, o feijão geralmente é consumido juntamente com o arroz.

Essa combinação representa um alimento de baixo custo e elevado valor nutricional.

Devida à baixa fertilidade dos solos brasileiros, em geral, a adubação dos solos é fundamental nos cultivos de feijão, uma vez que contribuem para o aumento da produtividade e desenvolvimento da cultura (Oliveira et al., 2004). Na agricultura moderna, o uso de métodos que propiciam a rápida diagnose do estado nutricional das plantas é uma necessidade para uma recomendação de adubação otimizada.

A adubação nitrogenada é uma prática cultural normalmente utilizada pelos produtores de feijão, pois o N é fator determinante na produtividade do feijoeiro. A quantidade de N a ser aplicada, segundo Barbosa Filho et al. (2005), é aquela que atende aos objetivos de obter altos rendimentos a um custo baixo e que não polua o ambiente. A recomendação da adubação nitrogenada no plantio e em cobertura para a cultura do feijão é, geralmente, realizada por meio de análise visual da lavoura, produtividade esperada, cultura anteriormente implantada ou baseadas em estudos de recomendação de experimentos locais e regionais.

Partindo do princípio de que as folhas são os órgãos da planta que melhor refletem o seu estado nutricional, a diagnose foliar é, segundo Rambo et al. (2004), um dos principais métodos de avaliação desse estado nas culturas. Devido ao tempo despendido entre a coleta e o resultado, o método da análise foliar, além do custo proibitivo, envolve análise laboratorial e apresenta a desvantagem de não possibilitar a correção da deficiência em tempo hábil para recuperação das culturas, principalmente as de ciclo curto como é o caso do feijão (Chagas et al., 2005).

Estes conceitos caminham em sentido oposto aos princípios da agricultura de precisão, pois, recomendações de adubação com base em análise visual são subjetivas e podem inferir em erros. Dentro do contexto da agricultura de precisão, devida à grande taxa de amostragem necessária para geração de mapas de aplicação, os métodos como os da análise foliar tornam-se caros e demorados. Desta maneira não compensam as limitações, aumentam os custos e mesmo com um melhor gerenciamento da área, não aumentam a eficiência do processo produtivo.

O clorofilômetro portátil (SPAD), no monitoramento do nitrogênio para as plantas, tem sido usado com sucesso por vários pesquisadores para a determinação da época e quantidade de adubação nitrogenada em diversas culturas. A utilização desse aparelho em pequenas áreas pode ser eficiente, porém em grandes áreas, demanda muito tempo e assim como a diagnose foliar, não permite a correção localizada do déficit de nitrogênio em tempo hábil para o desenvolvimento da cultura.

O sensoriamento remoto surge, então, como uma promissora ferramenta dentro do âmbito da agricultura de precisão, pois permite a obtenção não destrutiva de dados de extensas áreas em curto espaço de tempo. Tais dados são obtidos por meio de sensores que podem ser utilizados a nível orbital, aerotransportado, de campo, ou mesmo laboratorial (Steffen et al., 1993). Com o avanço nas tecnologias em sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas, é uma questão de tempo para que sejam desenvolvidos modelos que integrem operacionalmente as variáveis espectrais da vegetação aos modelos de produtividade vegetal.

A radiometria objetiva a compreensão dos processos de interação da energia radiante com os objetos na superfície terrestre. O conhecimento da resposta espectral da vegetação associado aos fatores ecofisiológicos que alteram esta resposta torna possíveis estudos quantitativos que visam inferir sobre uma determinada cobertura vegetal em relação ao seu estado nutricional (Fonseca, 2004). A caracterização espectral de um alvo é a representação gráfica da reflectância em faixas de comprimento de onda estreitas e adjacentes (Fonseca et al., 2002). Somente por meio dela é possível descobrir com qual intensidade cada material reflete a radiação eletromagnética nos diferentes comprimentos de onda do espectro.

O mapeamento da variabilidade espacial em nível de talhão de certos fatores, notadamente o vigor da cultura ou a sua produtividade, tornou-se uma necessidade para fim de gerenciamento localizado das culturas agrícolas (Araújo et al., 2005). A produtividade da cultura pode ser estimada a partir de sua relação com o vigor da cultura, que por sua vez, pode ser determinado via sensoriamento remoto, pela sua relação com determinados índices de vegetação gerados a partir de dados multiespectrais. Em sensoriamento remoto, diversos índices de vegetação já foram propostos e utilizados,

explorando as diferenças na reflectância espectral do dossel das culturas. Esses índices são formados pela combinação de duas ou mais bandas do espectro eletromagnético. O uso de imagens multiespectrais para o mapeamento da variabilidade espacial em nível de talhão para as culturas agrícolas vem sendo foco de vários pesquisadores. Segundo Meneses (2001), é praticamente impossível interpretar imagens multiespectrais de sensores remotos, se não for conhecido o comportamento espectral dos diferentes alvos na superfície terrestre, tais como solo, vegetação e água. O conhecimento desse comportamento só é possível com uso da espectroradiometria de reflectância ou de sensores hiperespectrais.

A deficiência de nitrogênio nas plantas, segundo Malavolta et al. (1997), provoca sintomas visíveis como o amarelamento e redução do tamanho das folhas, formação de ângulo agudo entre caule e folha, entre outros. Com base nesses sintomas, entre outros, foi avaliada, neste trabalho, a hipótese de que é possível quantificar o estado nutricional do feijoeiro com relação ao elemento nitrogênio por meio da reflectância da cultura. Segundo os mesmos autores, outros sintomas de deficiência não visíveis são apontados. Com a deficiência de nitrogênio tornam-se baixos os teores de clorofila, ocorre diminuição do crescimento das plantas e redução na síntese de proteínas. Esses sintomas estão diretamente ligados com a produção do feijoeiro. Assim, foi avaliada a hipótese de que com as técnicas de sensoriamento remoto torna-se possível entender a relação entre os componentes de rendimento e a resposta espectral do feijoeiro.

Com o alto preço dos insumos, principalmente dos fertilizantes nitrogenados, para o produtor manter-se competitivo, é indispensável a busca de novas técnicas que compensem as limitações, reduzam os custos e maximizem a produção. Embora com grande potencial de utilização, há uma carência em estudos do comportamento espectral com uso de radiometria de campo para a cultura do feijão. Esses estudos são a base para o desenvolvimento de modelos e sensores que identifiquem em tempo real o estado nutricional das plantas e auxiliem os implementos de aplicação de fertilizantes à taxa variável. A identificação de fatores diretamente ligados à produção desta cultura com uso de técnicas de sensoriamento remoto pode ser uma solução para que os produtores possam acessar e monitorar a atividade

agrícola em nível local, permitindo uma tomada de decisão com maior nível de rapidez e precisão. Desta maneira, será possível aumentar a eficiência e os lucros com base no manejo diferenciado das áreas na cultura do feijão.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar, em condições de campo, a resposta espectral do feijoeiro submetido a diferentes doses de nitrogênio. Os objetivos específicos foram:

- Determinar o estágio de desenvolvimento mais adequado para discriminar as diferentes doses de adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura, utilizando um medidor portátil de clorofila, análises foliares e radiometria de campo com base na reflectância do dossel do feijoeiro;
- Avaliar o comportamento espectral do dossel da cultura do feijão submetido a diferentes doses de nitrogênio nos vários estádios da cultura;
- Identificar os índices de vegetação e o estágio de desenvolvimento mais adequado para obtenção dos dados de radiometria e do clorofilômetro portátil que apresentem maior relação significativa com o teor de nitrogênio foliar; e
- Avaliar as correlações canônicas estimadas entre o grupo de variáveis constituído pelo conjunto de índices de vegetação e o grupo de variáveis produtividade e componentes de rendimento do feijoeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A importância do nitrogênio na agricultura

Em uma agricultura moderna e competitiva, a necessidade de uma boa produtividade dos solos é indiscutível. Assim, maior rendimento na agricultura significa maior remoção de nutrientes, e isto deve ser compensado para manter o equilíbrio do solo. Cada cultura e cada tipo de solo exigem aplicação específica de nutrientes que devem ainda ser adaptados às características variáveis climáticas locais (Loureiro & Nascimento, 2003).

Segundo a legislação brasileira (Decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982), os fertilizantes são definidos como substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes para as plantas. Esses, segundo Dias & Fernandes (2006), possuem a finalidade de manter ou ampliar o potencial produtivo, tendo como principal função repor ao solo os elementos retirados em cada colheita.

Os fertilizantes nitrogenados, como o próprio nome indica, têm em sua composição como nutriente principal o nitrogênio (N), que se origina da fabricação da amônia anidra (NH_3), matéria-prima básica de todos os fertilizantes nitrogenados sintéticos. A NH_3 é um gás obtido pela reação do gás de síntese, uma mistura de nitrogênio (N) proveniente do ar com o hidrogênio (H). O hidrogênio pode ser de fontes diversas, tais como gás natural, nafta e outros derivados de petróleo. O gás natural é o mais usado e também a melhor fonte de hidrogênio para a produção de fertilizantes nitrogenados (Dias e Fernandes, 2006).

Nos últimos 40 anos houve uma extraordinária mudança no ciclo mundial de N. Até a década de 1960, a disponibilidade de N no planeta era controlada por processos naturais. A criação de fertilizantes nitrogenados sintéticos e a liberação de nitrogênio com uso de combustíveis fósseis mudou a

paisagem do planeta em relação ao N. Mesmo o combustível fóssil sendo a principal fonte de energia em muitas regiões industriais, a agricultura é o principal motor dessa mudança global. Os adubos nitrogenados sintéticos foram os principais componentes da Revolução Verde e a maioria da população humana é agora absolutamente dependente deste adubo para sustento alimentar. Esse fato reduziu a fome no planeta, em especial na Ásia (N-2007).

A uréia é o fertilizante mais usado no mundo e segundo Malavolta e Moraes (2006), nos últimos 50 anos, o consumo brasileiro de N aumentou mais de 1.000 vezes, atingindo cerca de 701 mil toneladas em 2005. Dados da IFA, (International Fertilizer Industry Association, 2008), afirmam que a América Latina contribui com 3,9% da uréia produzida no planeta e consumiu 5,8% do total, ou seja, houve a necessidade da importação do produto para suprir o consumo.

Vários autores afirmam que o N é um dos nutrientes mais limitantes à produção das culturas agrícolas. Segundo Martinelli (2007), algumas populações carentes no mundo passam fome por não haver uma quantidade de N suficiente para suprir a adubação em suas lavouras. Em certas regiões do planeta terra há um excesso de N, proveniente da aplicação às culturas agrícolas em quantidades maiores do que a necessária. A presença em excesso de N desencadeia uma série de reações e processos extremamente prejudiciais ao meio ambiente.

Segundo Fidelis et al. (2007), o nitrogênio assume grande relevância por sua atuação no metabolismo, principalmente na síntese de proteínas, sendo muito importante tanto no incremento da produção de grãos, como na elevação do teor protéico. Parte do N aplicado nas culturas agrícolas é absorvido pelas plantas e eventualmente chega às nossas mesas na forma de alimento.

Nem todo o N aplicado ao solo é absorvido pelas plantas, assim, parte desse N vai se perder para a atmosfera ou para o lençol freático. A parte perdida para a atmosfera ocorre pelo processo de volatilização da amônia (NH_3), que é um gás produzido a partir do amônio (NH_4), que se encontra armazenado nas folhas das plantas e no solo. Outro tipo de perda de N ocorre por meio da lixiviação de nitrato para rios, riachos e reservatórios subterrâneos. Nas águas superficiais, o excesso de N causa o fenômeno da eutrofização

levando a uma proliferação excessiva de algas (Martinelli, 2007) e o conseqüente aumento da demanda biológica de oxigênio (DBO). Segundo Hartmann et al. (2007), estes compostos disseminam-se podendo causar uma série de efeitos prejudiciais para a saúde humana e aos ecossistemas aquáticos subterrâneos e superficiais além da degradação da qualidade do ar, acidificação dos solos e reforço da mudança climática global.

Mesmo sendo um dos elementos mais abundantes na natureza, cerca de 78% dos gases inertes da atmosfera, o N não está diretamente disponível para as plantas, pois encontra-se na forma combinada de N₂ (Silva, 2005). Assim, o N é o elemento que mais onera a exploração das culturas, com os fertilizantes nitrogenados responsáveis por uma das maiores fontes de poluição ambiental dos sistemas agrícolas (Ruttan, 1991).

2.2. Adubação nitrogenada na cultura do feijão

Os solos brasileiros possuem baixa fertilidade natural, o que tem sido considerado fator preponderante para o baixo rendimento obtido pelo feijoeiro. O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes na nutrição das plantas, pois é constituinte básico da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas, dos ácidos nucléicos e de outros compostos no metabolismo da planta.

A exigência nutricional do feijoeiro, em ordem decrescente, segundo Andrade et al. (2004), é a seguinte: N, K, Ca, Mg, S, P, Fe, Mn, B, Zn e Cu e a exportação pelos grãos, da mesma maneira: N, K, P, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B e Cu. Segundo Vieira (2006), para um rendimento de grãos de 3.000 kg ha⁻¹ há uma exportação de aproximadamente 100 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de K, 15 kg ha⁻¹ de S, 10 kg ha⁻¹ de P e 10 kg ha⁻¹ de Ca. Com esses valores é possível verificar a expressiva importância do N para a produção da cultura do feijão e segundo Vieira (2006), a cultura pode ser caracterizada como empobrecedora do solo.

Os solos de Minas Gerais em sua maioria, principalmente os da região de vegetação de cerrado, apresentam elevada acidez. Assim, para o cultivo de feijão, com uso adequado de calcário, além da correção da acidez, há um estímulo à atividade microbiana, a melhoria da fixação simbiótica de N pelas leguminosas e aumento da disponibilidade da maioria dos nutrientes para as plantas (Álvares e Ribeiro, 1999).

A recomendação para uso de fertilizantes e corretivos, no estado de Minas Gerais, é feita, na maioria das vezes com base na 5ª aproximação (Ribeiro et al., 1999), preparada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. As recomendações propostas no livro compõem um guia básico para orientação de técnicos e extensionistas possibilitando chegar a recomendações mais confiáveis e rentáveis.

Segundo Chagas et al. (1999), as recomendações de fertilizantes são feitas com base nos níveis de tecnologia adotados pelos produtores (NT₁ a NT₄), com produtividade esperada variando de 1.200 kg ha⁻¹ até maiores que 2.500 kg ha⁻¹ dependendo do nível de tecnologia. A adubação de macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), segundo Chagas et al. (1999), no estado de Minas Gerais, é feita de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Recomendação de adubação com macronutrientes

Nível tecnológico	N Plantio	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			N Cobertura
		Baixa	Média	Boa	Baixa	Média	Boa	
		Dose de P ₂ O ₅			Dose de K ₂ O			
----- Kg ha ⁻¹ -----								
NT ₁	20	70	50	30	30	20	20	20
NT ₂	20	80	60	40	30	20	20	30
NT ₃	30	90	70	50	40	30	20	40
NT ₄	40	110	90	70	50	40	20	60

Fonte: Adaptado de Chagas et al. (1999).

O N de plantio deve ser aplicado na semeadura, juntamente com o fósforo e potássio. A adubação de P e K deve ser feita de acordo com os níveis desses nutrientes obtidos na análise do solo. A adubação de N de cobertura deve ser feita de 25 a 30 dias após a emergência (DAE) para as doses 20 e 30 kg ha⁻¹ e para as demais doses, parceladas igualmente aos 20 e 30 DAE (Chagas et al., 1999).

Segundo Rosolem & Marubayashi (1994), a velocidade de absorção de nitrogênio é máxima na época de maior exigência e ocorre dos 35 aos 50 dias da emergência da planta, coincidindo com a época do florescimento do feijoeiro. Neste período, a planta absorve de 2,0 a 2,5 kg de N ha⁻¹ por dia.

Devido às controvérsias nas informações sobre dose e parcelamento do nitrogênio no feijoeiro, Cardoso e Zanini (2003) estudaram o efeito do parcelamento da fertirrigação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro irrigado via pivô central. Concluíram que o parcelamento da uréia

aplicada via fertirrigação, em duas ou três vezes, não influenciou na produtividade, na altura de planta, no número de vagens por planta e no comprimento de vagens para o feijoeiro. Alguns fatores foram citados como justificativas para os resultados. Para os autores, a dose elevada de N para as condições do experimento, o alto conteúdo de matéria orgânica no solo e solo tipicamente argiloso pode ter mascarado o efeito benéfico dos parcelamentos.

Cruciani et al. (1998) conduziram um experimento para avaliar a aplicação de fertilizante nitrogenado pelo sistema de irrigação por aspersão na cultura do feijoeiro. A adubação nitrogenada em cobertura, segundo os autores, aumentou a produção de grãos e a absorção de nitrogênio pela planta. Os tratamentos, fertirrigação e adubação nitrogenada convencional não apresentaram diferença para a absorção de nitrogênio e produção de grãos. A adubação nitrogenada parcelada com uso da água de irrigação proporcionou melhores resultados em relação à aplicação única e manual.

O nitrogênio é fator determinante na produtividade do feijoeiro. Segundo Vieira et al. (2000), tem sido realizados estudos para reduzir o uso do nitrogênio na cultura, pelo processo de fixação simbiótica, porém, os resultados têm sido inconsistentes em função da influência de fatores fisiológicos e nutricionais. Entre os fatores nutricionais que interferem na fixação simbiótica do nitrogênio, destaca-se o papel desempenhado pelos micronutrientes, em particular o molibdênio. O molibdênio (Mo) no feijoeiro, segundo Vieira et al. (1998) apud Ferreira et al. (2003), tem função associada com o metabolismo do nitrogênio (N), favorecendo a assimilação do N atmosférico. Apesar da pequena quantidade desse nutriente absorvida pela planta, o molibdênio é considerado essencial por fazer parte de duas enzimas, a redutase do nitrato e a nitrogenase. A redutase do nitrato promove a redução do nitrogênio absorvido na forma nítrica, para posteriormente ser incorporado em compostos orgânicos e a nitrogenase catalisa a reação de fixação do nitrogênio atmosférico. A aplicação de molibidênio pode, em alguns casos, substituir a adubação nitrogenada em cobertura (Vieira et al., 1998).

Segundo Ferreira et al. (2003), devido à deficiência natural de alguns solos, à exportação pelas sementes mediante elevadas produções e à não realização de adubação molíbdica pela maioria dos agricultores, aos poucos estão se exaurindo as reservas naturais do solo, o que pode afetar a

capacidade produtiva das culturas. Dessa forma, a aplicação de doses elevadas de N, pode não resultar em altas produções, provavelmente devido ao possível acúmulo de nitrato na planta, resultado da nitrificação do amônio e síntese insuficiente de redutase do nitrato, por falta de Mo. Além disso, a aplicação foliar de Mo aumenta a redução do acetileno e a remobilização do N durante o estágio de enchimento de vagens, e os efeitos combinados desses processos resultam em maior produtividade de grãos (Ascoli et al., 2008). Em diversos trabalhos, constata-se elevação na produção de grãos de feijão com o fornecimento de Mo, seja em aplicação no solo, seja nas sementes, como também em aplicação via foliar. VIEIRA (2006) cita melhora na qualidade fisiológica das sementes mediante adubação molíbdica.

2.3. Monitoramento e identificação do nitrogênio nas culturas agrícolas

2.3.1. Métodos diretos

As folhas são os órgãos da planta que melhor refletem o seu estado nutricional e a diagnose foliar é, segundo Rambo et al. (2004), um dos principais métodos de avaliação desse estado nas culturas. A análise foliar, embora seja uma excelente ferramenta para determinação do estado nutricional, é um método que, além de oneroso, demanda tempo entre a coleta e o resultado. Camacho et al. (1995), avaliando o estado nutricional do feijoeiro cultivado em solução nutritiva, concluíram que a análise foliar é um excelente método de avaliação do estado nutricional do feijoeiro.

Para a diagnose foliar do feijoeiro, devem ser coletadas de 30 a 40 folhas da área representativa e colhidas no terço mediano da planta (Rosolem & Marubayashi, 1994). Essas folhas devem ser saudáveis, sem manchas ou ataque de pragas e coletadas na época do florescimento.

Para o caso de N, P e K, a interpretação dos resultados, segundo Rosolem & Marubayashi (1994), deve ser feita de acordo com a Tabela 2. Martinez et al. (1999) usam o método da faixa de suficiência, que compara a concentração observada na amostra com faixas consideradas insuficientes, adequadas ou tóxicas. As faixas de suficiência para N, P e K, segundo os autores, são correspondentes para os teores adequados desses mesmos

macronutrientes contidos na Tabela 2 propostos por Rosolem & Marubayashi (1994).

Tabela 2. Teores adequados e deficientes de nutrientes em folhas de feijoeiro na época do florescimento.

Nutriente	Teor		
	Baixo	Médio	Adequado
	----- (%) -----		
N	< 2,0	2,0 - 2,9	3,0 - 3,5
P	< 0,2	0,20 - 0,39	0,40 - 0,70
K	< 2,0	2,0 - 2,6	2,7 - 3,5

Fonte: Adaptado de Rosolem & Marubayashi (1994).

2.3.2. Métodos indiretos

A busca por métodos alternativos que identifiquem satisfatoriamente o estado nutricional das culturas, para um gerenciamento de uma agricultura sustentável, vem sendo objetivo de vários pesquisadores. Esses métodos visam principalmente à otimização dos custos, avançando na aplicação racional de insumos e abrandamento de eventuais impactos ambientais advindos de superdosagens. Por esses motivos, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos.

O uso do clorofilômetro portátil (SPAD) é um dos principais métodos indiretos para o monitoramento do nitrogênio nas plantas. Esse aparelho mede quantitativamente, segundo Gil et al. (2002), a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila e a 940 nm, onde não ocorre absorção. Segundo Silveira et al. (2003), o comprimento de onda de 650 nm situa-se próximo ao dos dois comprimentos primários de onda associadas com a atividade da clorofila (645 e 663 nm) e o comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura da folha e no teor de água. Vários são os trabalhos encontrados na literatura com uso do clorofilômetro para o monitoramento do N nas plantas.

Argenta et al. (2001) realizaram uma revisão bibliográfica sobre clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. Concluíram, com respaldo na revisão, que o teor relativo de clorofila na folha, avaliado pelo medidor portátil de clorofila, evidencia ser um bom parâmetro indicador do nível de nitrogênio em cereais.

A fotografia aérea foi relatada, segundo Gopalapillai et al. (1998), como uma ferramenta promissora para avaliar a variabilidade espacial do estado de nitrogênio no campo. Com uso de imagens aéreas infravermelhas de alta resolução, os autores observaram que a reflectância do dossel da cultura de milho foi bem correlacionada ao nitrogênio aplicado aos 75 dias após a semeadura. Concluíram também que a produtividade pode ser predita com um coeficiente de determinação de 0,96 com uso da reflectância do dossel da cultura na região do vermelho do espectro.

Varella et al. (2003) adquiriram imagens com uma câmara digital colorida nas bandas do vermelho, verde, azul e infravermelho-próximo, a uma altura de aproximadamente 50 centímetros da parte superior das plantas de uma cultura de milho. Calcularam índices de vegetação para a formação de um vetor de características para discriminar níveis de N. Com base nos escores dos dois primeiros componentes principais realizaram uma análise de regressão linear múltipla para avaliar a predição dos níveis desse nutriente. Concluíram que a metodologia proposta foi capaz de discriminar os níveis de N nas imagens estudadas.

Sena Júnior (2005) avaliou a discriminação de doses de nitrogênio (N) em trigo a partir da resposta espectral do dossel no visível e no infravermelho próximo por meio de imagens digitais. Verificou que é possível identificar a dose de N aplicada em cobertura 15 dias após a emergência, antes da época tradicionalmente utilizada para a realização da segunda adubação que é aos 35 dias após a emergência.

Em um experimento conduzido em um pivô de 64 ha em Minidoka, Idaho, Wright Jr. et al. (2005) compararam o uso do clorofilômetro portátil com sensoriamento remoto como métodos de determinação de estresse de nitrogênio (N). Concluíram que o estresse de nitrogênio na cultura do trigo pode ser observado com uso de sensoriamento remoto. Os autores ainda afirmaram que o uso de sensoriamento remoto é muito similar ao uso do clorofilômetro portátil na identificação do estresse de N.

A relação entre o teor de nitrogênio foliar (NF) e a reflectância do dossel da cultura de trigo, submetido a diferentes doses de N, foi analisada por Feng et al. (2008), com uso de um espectroradiômetro. Buscando estabelecer uma base técnica para o acompanhamento do NF em tempo real, os autores

concluíram que o uso do índice mND705, proposto por Sims e Gamon (2002), pode ser usado como bom indicador para estimar o NF.

Com uso de um espectrorradiômetro montado em um trator, Mistele e Schmidhalter (2008) avaliaram a relação entre a reflectância da cultura do milho com a produção de matéria seca, quantidade de N aplicado e o teor de nitrogênio foliar (NF). Foram ajustados modelos com uso de índices de vegetação. Os resultados mostraram que, com o sistema proposto, o N aplicado pode ser identificado satisfatoriamente com valores de R^2 variando de 0,57 a 0,84. A produção de matéria seca, quando apresentou baixos valores, no intervalo de 0,3 a 4,2 t ha⁻¹, foi determinada com os modelos propostos com valores de R^2 variando de 0,67 a 0,91. Quando o rendimento foi maior do que 6 t ha⁻¹, segundo os autores, a capacidade de identificação da matéria seca foi drasticamente reduzida. No trabalho, a identificação do NF não foi satisfatória.

Muitos são os trabalhos que vem sendo desenvolvidos explorando a resposta espectral de culturas agrícolas e sua relação com parâmetros agronômicos como estado nutricional e produtividade. Assim, para cada cultura, sob determinadas condições, sejam elas o clima, tipo e fertilidade do solo, quantidade de água disponível, variedade, entre outros, essas respostas são diferentes. Esse fato é o desafio para os pesquisadores da área de sensoriamento remoto na busca de modelos que integrem operacionalmente as variáveis espectrais da vegetação aos modelos de produtividade vegetal.

2.4. Características do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

Por ser a mais antiga e também a mais utilizada nos cinco continentes, o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a mais importante entre as espécies cultivadas de feijão. A grande diversidade de países e de ambientes em que é cultivado faz com que o feijão-comum seja uma das espécies com maior variabilidade de caracteres agronômicos, como hábito de crescimento, ciclo, tamanho e cor dos grãos (Santos e Gavilanes, 2006).

Segundo dados da Conab (2008), o rendimento médio do feijão para o estado de Minas Gerais na safra 2007/08 foi de 1.037, 1.160 e 2.302 kg ha⁻¹ para o feijão de primeira, segunda e terceira safra, respectivamente. A produtividade da primeira e segunda safra no estado, está inserida no nível mais baixo de tecnologia, de acordo com os níveis de tecnologia propostos por

Chagas et al. (1999), nas recomendações de adubação para a cultura do feijão em Minas Gerais. O rendimento médio do feijão no país na mesma safra foi de 1.015, 677 e 930 kg ha⁻¹ para o feijão de primeira, segunda e terceira safra respectivamente. Assim, o rendimento médio do estado de Minas Gerais supera a média do rendimento nacional com maior destaque para o feijão de terceira safra.

2.4.1. Características botânicas

A planta de feijão é composta por um sistema radicular, caule ou haste principal, folhas e hastes axilares secundárias, inflorescência, fruto e semente. Essas partes podem ser melhor visualizadas principalmente em plantas mais velhas.

O desenvolvimento da planta de feijão é dividido em duas fases, a vegetativa e a reprodutiva. Essas fases são subdivididas em dez etapas. A fase vegetativa (V) é constituída das etapas V0, V1, V2, V3 e V4 e a fase reprodutiva (R), das etapas R5, R6, R7, R8 e R9 (Santos e Gavilanes, 2006).

A fase vegetativa inicia-se com a etapa V0 ou de germinação, que tem início no dia da sementeira em solo úmido e termina quando os cotilédones atingem a superfície do solo com duração em torno de cinco dias. A etapa V1, com duração de aproximadamente dois dias, corresponde à emergência e o seu final tem como marca a abertura das folhas primárias. Esse momento marca também o início da etapa V2. Nesta etapa, as folhas primárias e unifolioladas encontram-se em posição horizontal e simultaneamente a primeira folha trifoliolada inicia sua abertura e crescimento. O término dessa etapa é marcado pela abertura total da folha trifoliolada e dura cerca de quatro dias. A etapa V3, com duração variando de cinco a nove dias, é iniciada com o fim da etapa V2 e tem seu término marcado quando a segunda folha trifoliolada já se encontra em pleno crescimento e a terceira se abre, posicionando-se sobre a primeira. O término da etapa V3 corresponde também ao início da etapa V4. Nesta etapa, que pode variar de sete a 15 dias, observa-se o desenvolvimento das primeiras hastes secundárias, que se originam das gemas axilares dos nós inferiores, e a mais desenvolvida já exhibe a sua primeira folha trifoliolada. O final dessa etapa ocorre com o surgimento do primeiro botão floral ou da

primeira inflorescência. Até atingir esse estágio, a haste principal pode desenvolver-se emitindo outras folhas trifolioladas (Santos e Gavilanes, 2006).

O final da etapa V4, marcada pelo início do florescimento, é também o início da fase reprodutiva do feijão, que é subdividida em cinco etapas. A primeira, R5 ou pré-floração, tem duração de aproximadamente 10 dias e prolonga-se até a abertura da primeira flor. A floração, ou etapa R6, corresponde ao período que se inicia com a abertura da primeira flor e termina com a queda da corola, expondo a primeira vagem em início de desenvolvimento. O período de duração dessa etapa é de quatro a cinco dias. A próxima etapa, a R7, é considerada a fase de formação de vagens e durante essa fase ocorre o crescimento longitudinal da primeira vagem até atingir seu comprimento máximo com duração de aproximadamente oito dias. A etapa R8 é considerada a etapa de enchimento das vagens e corresponde ao período em que as sementes apresentam maior crescimento. O final dessa etapa é marcado pela mudança de cor dos grãos de verde para a cor característica do cultivar com duração de aproximadamente 18 dias. A última etapa da fase reprodutiva, a R9, tem duração em cerca de 15 dias. Esta etapa compreende desde o início de descoloração das vagens até a seca total da planta quando o teor de umidade das sementes é de cerca de 15%, momento que deve ser realizado a colheita (Santos e Gavilanes, 2006).

2.4.2. Épocas de plantio

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil é plantado em três safras anuais. A primeira, denominada de “safra”, ou “feijão das águas”, é cultivada principalmente nas regiões Sul e Sudeste. A segunda, denominada “safrinha”, ou “feijão da seca”, é cultivada nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e a terceira safra, também conhecida como de “terceira época”, ou “de inverno”, é cultivada sob irrigação por aspersão, geralmente em sistema pivô central, concentrada principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do país (Silva et al., 2004).

Segundo Araújo e Ferreira (2006), a semeadura do feijão no estado de Minas Gerais ocorre, basicamente, em outubro-novembro (“águas”), fevereiro-março (“seca”) e abril-junho (“inverno”). Por ter feijão no campo basicamente o ano inteiro, Vieira e Vieira (1995) apud Araújo e Ferreira (2006) propuseram

uma nomenclatura para designar as distintas épocas de plantio chamando-as de cultivo de primavera-verão (plantio de primavera), cultivo de verão-outono (plantio de verão), cultivo de outono-inverno (plantio de outono) e cultivo de inverno-primavera (plantio do inverno).

O primeiro, o plantio de primavera, é o chamado plantio das águas e é colhido no início do verão. Esse plantio é praticado principalmente por pequenos produtores consorciado com milho. O plantio de verão é o plantio da “seca”, que, ao contrário do plantio de primavera, apresenta a vantagem de ser colhido em uma época praticamente livre de chuvas. O plantio de outono é realizado nos meses de abril a junho. É a época preferida dos grandes produtores quando é praticamente obrigatório o uso de irrigação. Nesta época, com uso de alta tecnologia, a produção é garantida e com altos rendimentos. O último, o plantio de inverno, é realizado em meados de julho em regiões de inverno rigoroso. Nesta época, o cultivo tem que ser obrigatoriamente irrigado, pois neste período não ocorre precipitação suficiente para o desenvolvimento da cultura (Araújo e Ferreira, 2006).

Em algumas regiões do país, as condições de temperatura e precipitação diferem em média das demais, portanto a recomendação de época de plantio não são exatamente as mesmas em decorrência das características do ambiente local. Isso ocorre porque, segundo Aidar et al. (2002), os efeitos das altas temperaturas causam queda das flores e abortamento das vagens do feijão. O vingamento das flores diminui à medida que a temperatura noturna for superior a 15°C, chegando a não haver formação de vagens quando atinge cerca de 27°C.

2.4.3. Sistemas de cultivo

O sucesso de uma lavoura, dentro de cada sistema de produção, depende da interação de diversos fatores para que as plantas expressem todo o seu potencial produtivo (Aidar et al., 2002). A escolha da área, o uso de sementes de qualidade, a profundidade de semeadura e densidade ideal de plantas são alguns fatores limitantes na obtenção de boas produtividades.

No Brasil, os métodos de preparo de solo em áreas já cultivadas com a cultura do feijão, podem ser classificados em convencional, reduzido e plantio direto. O preparo convencional do solo basicamente inclui uma aração e duas

gradagens, com a primeira logo após a aração e a segunda imediatamente antes à sementeira. O preparo reduzido, também conhecido como plantio na palha, sementeira direta e cultivo zero, visa reduzir o número de operações de forma a economizar trabalho e combustível com objetivo de reduzir as perdas de solo e água por meio de uma seqüência de operações (Araújo e Ferreira, 2006).

Os sistemas de cultivo são os solteiros e os consorciados. O cultivo do feijão solteiro ou monocultura caracteriza-se pelo emprego de tecnologia mais avançada (Carvalho e Leal, 1991). O cultivo consorciado é uma técnica utilizada principalmente por pequenos produtores, procurando aproveitar os recursos disponíveis na propriedade. Segundo Denega et al. (2004), nestes sistemas, duas ou mais culturas com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, são exploradas ao mesmo terreno. As culturas não são necessariamente semeadas ao mesmo tempo e durante grande parte do período de desenvolvimento há uma interação entre elas.

São diferentes os sistemas de consórcio. Os cultivos mistos não apresentam organização das culturas em fileiras distintas. Nos cultivos intercalares, pelo menos uma das culturas é plantada em fileiras. Nos cultivos em faixa, as fileiras são plantadas de modo que se possa realizar o manejo independente entre elas. Nos cultivos de substituição, a plantação de uma cultura só é realizada depois que a anterior alcançou a fase reprodutiva do crescimento (Vieira, 2006).

2.5. Sensoriamento remoto

A definição clássica de sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles. Segundo Galvão (2001), além das definições clássicas, o sensoriamento remoto pode-se conceituar como um processo de amostragem do espectro eletromagnético. Essa amostragem pode ser feita por meio de sensores, que registra, em selecionadas faixas de comprimento de onda, a quantidade de energia refletida ou emitida por objetos na superfície terrestre.

O conhecimento do comportamento espectral das feições da superfície terrestre e dos fatores que interferem neste comportamento é necessário para a obtenção de informações dos dados coletados por meio de sensores

remotos. Estas informações são obtidas basicamente com o estudo da interação da radiação eletromagnética. As interações ocorrem simultaneamente e com intensidades de energia eletromagnética diferentes em cada região do espectro. Assim, as principais funções de um sensor remoto são captar e medir estas quantidades de energia refletida e/ou emitida pelos alvos em diferentes intervalos do espectro eletromagnético.

2.5.1. Radiometria

Segundo Meneses (2001), a definição de radiometria é a medida quantitativa da intensidade de qualquer um dos tipos de radiação, seja ela a radiação eletromagnética emitida pelo sol ou por uma fonte artificial como é o caso de uma lâmpada. A fonte de energia proveniente da radiação solar é a base de todos os princípios em que se fundamenta o sensoriamento remoto. Essa energia é responsável pelos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem em toda superfície terrestre (Moreira, 2005).

A radiação eletromagnética (REM), quando incide sobre uma superfície, terá parte dela refletida, parte absorvida e parte pode ser transmitida dependendo da transparência do material (Meneses, 2001). A parte refletida, definida como reflectância, é definida como a razão entre o fluxo refletido e o fluxo incidente e não leva em consideração a distribuição espacial destes fluxos (Moraes et al., 1996). Para se medir a radiação incidente, que é a radiação emitida pela fonte, usa-se tanto em campo como em laboratório uma placa de referência, ou seja, um padrão de reflectância conhecido (Meneses, 2001).

Segundo Steffen e Moraes (1993) apud Silva et al. (1996), em experimentos de campo é difícil a obtenção da reflectância espectral. Na prática, usa-se uma grandeza equivalente denominada fator de reflectância, obtido por meio da razão entre a radiância do alvo pela radiância de uma superfície lambertiana ideal nas mesmas condições de iluminação e observação (Silva et al., 1996). A obtenção do fator de reflectância é dependente de uma superfície lambertiana ideal, que na realidade, trata-se de uma superfície fictícia. Um refletor difuso ideal é aquele que a luz recebida é refletida igualmente em todas as direções, ou seja, o brilho visto não depende da direção de visualização. Segundo Jackson et al. (1992), as placas de

Spectralon são constituídas de um material sintético de espectro conhecido e apresenta reflectância próxima de 100%.

Os painéis de Spectralon são considerados como padrões de reflectância, pois aproximam ao comportamento lambertiano, particularmente em ângulos de iluminação próximo ao nadir. Esses painéis são usados em validações de experiências de campo conduzidos com uso de sensoriamento remoto (Bruegge et al., 2001).

O conceito de espectrorradiometria, segundo Meneses (2001), é a medida da distribuição da energia radiante proveniente de um objeto. Quando essa energia for a reflectância, então a espectrorradiometria é denominada de reflectância. Essa técnica tem a função de medir em diferentes comprimentos de onda, a energia eletromagnética refletida de objetos e apresentá-las na forma de gráficos que se denomina curva de reflectância espectral.

Ao se fazer medidas espectrorradiométricas, o sensor, o alvo e a fonte são dispostos em posições relativas que poderão favorecer ou desfavorecer essas medidas. Assim, o termo fator de reflectância bidirecional (FRB) deve ser usado, pois o valor da reflectância medido dependerá dos ângulos entre a posição do sensor e a da fonte em relação à amostra (Meneses, 2001).

Por meio das medidas radiométricas obtidas em laboratório ou em campo é possível identificar a intensidade que cada objeto reflete a radiação eletromagnética nos diferentes comprimentos de onda do espectro (Meneses, 2001). A radiação eletromagnética possui diferentes respostas para determinado comprimento de onda para as diferentes feições na superfície terrestre. Esse fato torna possível a análise e interpretação da interação da radiação eletromagnética com os diferentes tipos de alvos. Quando a radiação eletromagnética recebe a denominação “óptica”, diz-se que ela limita a região do espectro no intervalo de comprimento de onda de 400 a 2.500 nm, ou seja, do visível ao infravermelho de ondas curtas.

Segundo Milton (1987), a radiometria de campo é uma técnica de fundamental importância para o sensoriamento remoto. Somente por meio dela é possível descobrir com qual intensidade cada material reflete a radiação eletromagnética nos diferentes comprimentos de onda do espectro.

2.5.2. Índices de vegetação

O desenvolvimento de relações funcionais entre as características da vegetação, tais como culturas agrícolas e florestas, e dados obtidos por sensores remotos são uns dos principais objetivos dos profissionais dos setores agrícolas e florestais. Com intuito de minimizar a variabilidade causada por fatores externos, a reflectância espectral tem sido transformada e combinada na forma de índices de vegetação (Ponzoni, 2001). Os índices de vegetação são combinações feitas, geralmente, sob a forma de razões dos valores de reflectância de diferentes intervalos do espectro eletromagnético. Eles foram criados para ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e outros alvos na superfície da terra. Desta maneira, esses índices podem ser conseguidos com uso de dados obtidos por satélites ou por equipamentos situados próximos ao alvo, como é o caso dos espectrorradiômetros (Moreira, 2005).

Segundo Pinter Jr. et al. (1985), apud Moreira (2005), o estudo do comportamento espectral dos alvos agrícolas, com uso de índices de vegetação, é mais indicado do que o emprego separado de dados espectrais em cada banda do sensor. Esses índices minimizam os erros introduzidos nas estimativas da radiância pela resposta lambertiana dos alvos agrícolas.

São encontrados na literatura diversos índices de vegetação. Dentre os mais citados, podemos destacar, como exemplo o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizado) proposto Rouse et al. (1974), o GNDVI (Índice de Vegetação da Diferença de Verde Normalizado) proposto por Gitelson et al., (1996) e o SAVI (Índice de Vegetação Ajustador do Solo) proposto por Huete (1988).

Segundo Ferreira et al. (2008), a lógica por trás dos índices de vegetação baseia-se no fato de que a energia refletida no vermelho e infravermelho próximo é diretamente relacionada à atividade fotossintética da vegetação. Em sua grande maioria, os índices de vegetação utilizam uma combinação entre a radiância de uma das bandas da região do visível, principalmente o vermelho, e a radiância na região do infravermelho. Isso porque, segundo Ponzoni (2001), a radiância no vermelho exibe uma relação inversa não-linear com a biomassa verde, enquanto que a radiância no infravermelho próximo, exibe uma relação direta não-linear. Na região do

visível, os pigmentos fotossintetizantes ocasionam um processo dominante de absorção. Já na região do infravermelho próximo, a radiância refletida é dependente, entre outras, da quantidade de folhas existentes e sua distribuição e arranjo espacial no dossel.

2.5.3. Comportamento espectral da vegetação

Em todo o mundo têm sido conduzidos experimentos na busca da caracterização do comportamento espectral de partes de plantas, plantas e conjunto de plantas (dosséis). Segundo Ponzoni (2001), o objetivo principal desses estudos é a aquisição de dados compatíveis com modelos matemáticos destinados à previsão de fenômenos ou à estimativa de parâmetros biofísicos com uso de sensoriamento remoto.

Segundo Moreira (2005), ao interagir com as plantas, das três componentes resultantes do fracionamento da radiação solar incidente, a mais importante do ponto de vista fisiológico e químico é a absorção. Entretanto, a grande maioria dos sistemas de sensoriamento remoto usam a energia refletida. Assim, a maioria dos trabalhos vem sendo desenvolvidos buscando a caracterização da reflectância espectral da vegetação.

Um dossel é constituído por muitos elementos da própria vegetação, tais como galhos, folhas, frutos e flores. De todos os elementos da vegetação, a folha constitui o principal deles e na literatura são encontrados diversos trabalhos relacionados à determinação das propriedades espectrais de folhas. A Figura 1 ilustra o comportamento espectral de uma folha verde sadia.

Como pode ser observada na Figura 1, a reflectância espectral de uma folha verde é distinta e bastante variável de acordo com o comprimento de onda. Nos comprimentos de onda do visível, a pigmentação, em especial a clorofila, domina a resposta espectral de plantas. Esses pigmentos, clorofila, carotenos e xantofilas são geralmente encontrados nos cloroplastos e as percentagens podem variar de espécie para espécie. A clorofila domina essa concentração com cerca de 65% (Ponzoni, 2001).

A reflectância nas folhas verdes apresenta-se muito baixa, nos comprimentos de onda do azul e do vermelho. Uma falta relativa de absorção nos comprimentos de onda entre as duas faixas de absorção de clorofila

permite um pico de reflectância para acontecer em torno de 540 nm, que é a região de comprimento de onda verde (Hoffer, 1978).

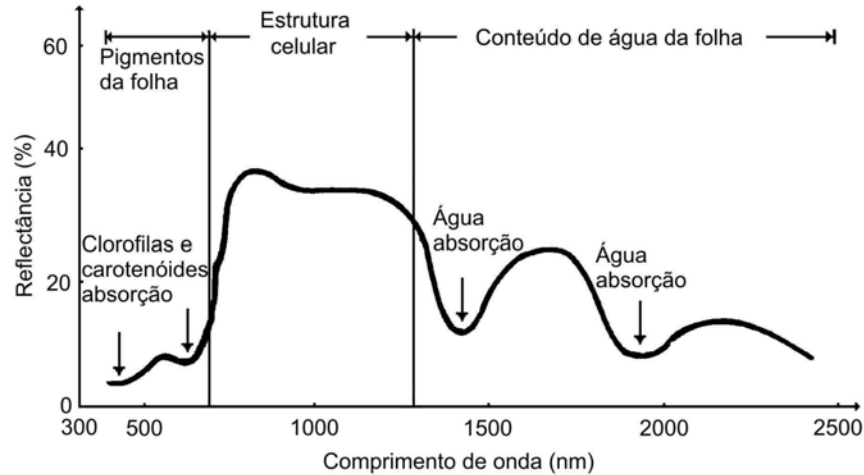


Figura 1. Curva de reflectância espectral típica de uma folha verde e sadia.
FONTE: Novo (1992).

Na Figura 1 ainda pode ser observado que estrutura celular domina a reflectância na região do infravermelho próximo. Essa estrutura pode ser resumida na relação água-ar no mesófilo. Assim, de maneira geral, quanto mais lacunosa for a estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente e, conseqüentemente, maior reflectância (Ponzoni, 2001). Nessa faixa, a vegetação verde saudável é caracterizada por uma alta reflectância, alta transmitância e muito baixa absorbância, em comparação com os comprimentos de onda visíveis (Hoffer, 1978). A absorção na zona espectral do infravermelho médio é determinada pela presença de água.

Sabe-se que a reflectância espectral das folhas sofre alteração quando submetida a efeitos de estresses, tais como hídrico, ataques de insetos, doenças, problemas fisiológicos e condições ambientais adversas. Nas folhas, quando atacadas por fungos, a reflectância na região do visível, apresenta-se maior do que as sadias (Ponzoni, 2001). Esse fato pode ser explicado porque uma planta quando está sob estresse, a produção de clorofila é diminuída e, conseqüentemente, terão uma reflectância mais alta, particularmente na porção vermelha do espectro, parecendo amareladas (Hoffer, 1978). No infravermelho próximo, em virtude da degradação do mesófilo, a reflectância da vegetação senil ou morta diminui.

É importante notar que, em comparação com a reflectância de uma única folha as camadas de múltiplas folhas podem causar uma reflectância muito mais alta (até 85%) na porção do infravermelho próximo do espectro. Isto é devido à reflectância aditiva, que é a energia transmitida pela primeira camada de folhas (no lugar mais alto) e refletida de uma segunda camada que está parcialmente transmitida por trás da primeira camada. A modelagem de camadas de múltiplas folhas mostra aumentos significantes na reflectância do infravermelho próximo, quando mais camadas de folha são adicionadas (Hoffer, 1978).

2.5.4. Comportamento espectral do solo

Geralmente, em relação à vegetação verde, o solo apresenta valores de reflectância intermediários na faixa do visível e valores inferiores aos da vegetação em quaisquer condições na faixa do infravermelho próximo. Os conteúdos de umidade, matéria orgânica e óxido de ferro, bem com as porcentagens relativas de argila, silte e areia e as características de rugosidade da superfície do solo influenciam, significativamente, a reflectância espectral de solos (Hoffer, 1978).

A reflectância espectral, segundo Moreira (2005), pode ser usada na identificação de solos que contêm diferentes quantidades de óxido de ferro. Esses óxidos absorvem energia eletromagnética na região do infravermelho próximo, com máximo de absorção em torno de 900 nm. Na região dos comprimentos de onda visível, um aumento nas quantidades de óxido de ferro pode causar uma diminuição significativa na reflectância (Hoffer, 1978).

Na porção visível e infravermelho do espectro existe uma diminuição distinta na reflectância para solo úmido, em comparação com o solo seco (Moreira, 2005). Assim, a região climática e as condições de drenagem devem ser levadas em conta, quando se estuda a reflectância espectral dos solos.

A medida da quantidade de radiação solar refletida por um corpo ou uma superfície é a definição de albedo. Esse termo é frequentemente usado no estudo do comportamento espectral dos solos. O albedo é calculado como sendo a razão entre a quantidade de radiação refletida pela quantidade de radiação recebida.

A granulometria na reflectância dos solos, segundo Madeira Netto (2001), possui relação inversa entre tamanho de partículas e reflectância. Assim, de maneira geral, quanto menor o tamanho das partículas, maior será o albedo dos solos.

Alguns padrões de curvas espectrais de solos foram relatados por Madeira Netto (2001) com base em trabalhos de diversos autores. Assim, segundo o autor, solos de textura argilosa e com alto teor de matéria orgânica, apresentam baixo albedo no intervalo de 500 a 1.300 nm. Solos com baixos teores de matéria orgânica e óxido de ferro, no mesmo intervalo, apresentam albedos altos. Em solos arenosos com altos teores de matéria orgânica, as características dos espectros são influenciadas principalmente pela matéria orgânica. Nos solos com alto teor de óxidos de ferro e textura argilosa, a reflectância apresenta-se decrescente a partir do comprimento de onda de 750 nm.

As diferentes assinaturas espectrais de cada feição na superfície terrestre permitem o estudo e desenvolvimento de sistemas capazes de diagnosticar remotamente os alvos de interesse. Assim, ao se avaliar o dossel de uma vegetação, pode estar inserida na área amostrada, uma porção significativa de solo. Entretanto, somente com o conhecimento prévio da intensidade em cada material reflete a radiação eletromagnética nos diferentes comprimentos de onda do espectro é possível fazer inferências e ajustar modelos significativos na avaliação da interação de um dossel com uma relevante porção de substrato (superfície de solo de fundo).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Implantação do experimento

Foram conduzidos, em áreas distintas, dois experimentos na Estação Experimental de Coimbra, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O processamento e a análise dos dados foram feitos no Laboratório de Projetos de Máquinas e Visão Artificial (PROVISAGRO) do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. A cidade de Coimbra, onde fica localizada a Estação Experimental, possui coordenadas geográficas de 20°51'24" latitude sul e 42°48'10" de longitude oeste com 720 metros de altitude média.

O experimento 1 foi conduzido na safra da “seca” de 2007, com a semeadura realizada no dia 14 de março e a colheita no dia 18 de junho. O experimento 2 foi instalado no inverno do mesmo ano, com a semeadura realizada no dia 10 de agosto e a colheita no dia 14 de novembro (Figura 2). As temperaturas médias no período de condução dos experimentos foram de 19,5 e 20,4°C para o experimento 1 e 2, respectivamente.

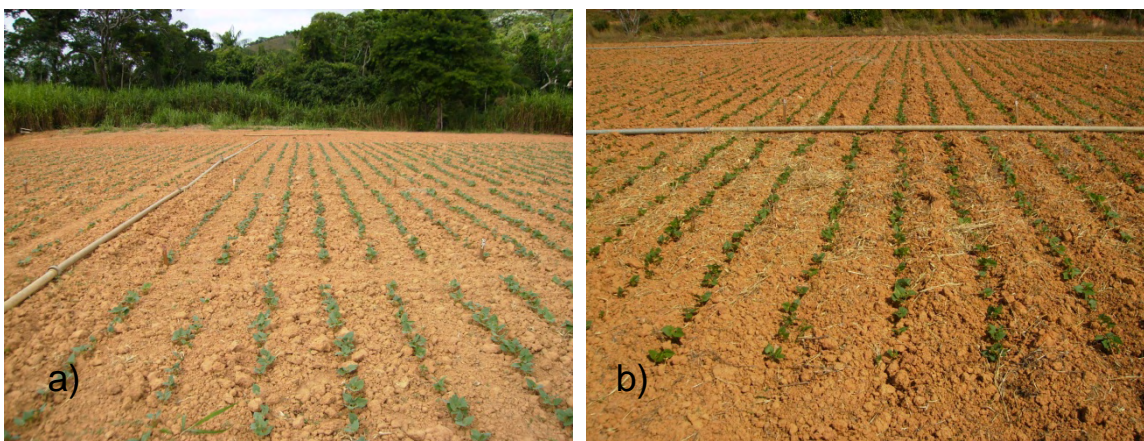


Figura 2. a) Área experimental para o experimento 1, safra “seca”; b) Área experimental para o experimento 2, safra “inverno”.

Foi feita a amostragem composta do solo na área experimental para os dois experimentos. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa, onde foram realizadas as análises físico-químicas, antes do preparo do solo para a semeadura. A determinação da necessidade de calagem foi feita pelo método de saturação de bases para a cultura do feijão (Alvarez & Ribeiro, 1999). A adubação na semeadura de fósforo (P) e potássio (K) foi feita de acordo com a recomendação de Chagas et al. (1999) para a cultura do feijão no nível de tecnologia 4. Os resultados das análises físico-químicas de solo proveniente da amostragem realizada antes do preparo para a semeadura nos dois experimentos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da análise físico-química do solo na camada de 0 a 20 centímetros para os dois experimentos conduzidos

Amostra	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(T)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)		----- (cmol _c dm ⁻³) -----							----- (dag kg ⁻¹) -----		
Exp. 1	4,80	10,80	43	0,70	0,40	0,50	3,63	1,21	4,84	9	9	17	65
Exp. 2	5,30	1,30	26	0,88	0,26	0,05	3,30	1,21	4,51	6	2	18	74

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5

CTC(T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0

SB – Soma de bases trocáveis

O solo, nos dois experimentos, foi convencionalmente preparado com uma aração e duas gradagens. A adubação de P e K foi realizada com uso de um sulcador adubador a uma profundidade de aproximadamente 10 centímetros no dia anterior à semeadura. De acordo com a disponibilidade de P e K, foram determinadas as doses aplicadas na semeadura para o nível 4 de tecnologia. Segundo Alvarez et al. (1999), a disponibilidade de P e K teve classificação boa e média, respectivamente, para o experimento 1 e muito baixa e baixa respectivamente para o experimento 2. Assim, foram aplicados 1.512,5 e 1.312,5 kg ha⁻¹ de calcário (PRNT = 80%), 70 e 110 kg ha⁻¹ de fósforo (P) e 40 e 50 kg ha⁻¹ de potássio (K) para os experimentos 1 e 2, respectivamente.

A semeadura foi realizada em covas, com uso de matracas e sementes de feijão da cultivar BRSMG Majestoso, pertencente ao grupo Carioca. O espaçamento utilizado foi de 0,50 metros entre as linhas com aproximadamente 15 sementes por metro.

Os dois experimentos foram instalados segundo o delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação fatorial entre cinco doses de N (0, 20, 30, 40 e 50 kg ha⁻¹) aplicadas manualmente na semeadura e seis doses de N (0, 20, 30, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹) aplicadas manualmente em cobertura na forma de uréia. As doses 20 e 30 kg ha⁻¹ foram aplicadas em doses únicas aos 26 e 27 dias após a emergência das plantas (DAE) para o experimento 1 e 2, respectivamente, e parceladas igualmente para as demais doses. Para o experimento 1, esse parcelamento ocorreu aos 21 e 32 DAE e para o experimento 2 aos 21 e 34 DAE.

Cada bloco foi composto por duas fileiras de 15 parcelas distanciadas entre si de um metro. Cada parcela foi constituída por seis linhas de 5 metros. As duas linhas externas e 0,5 metros de cada uma das extremidades das linhas foram consideradas como bordaduras (Figura 3). A cultura foi mantida sob regime de irrigação por aspersão convencional, sendo os demais tratos culturais e fitossanitários realizados conforme as recomendações para o feijoeiro na região. A lâmina de água aplicada foi calculada de acordo com a necessidade de cada ciclo da cultura para que não ocorresse lixiviação do N aplicado.

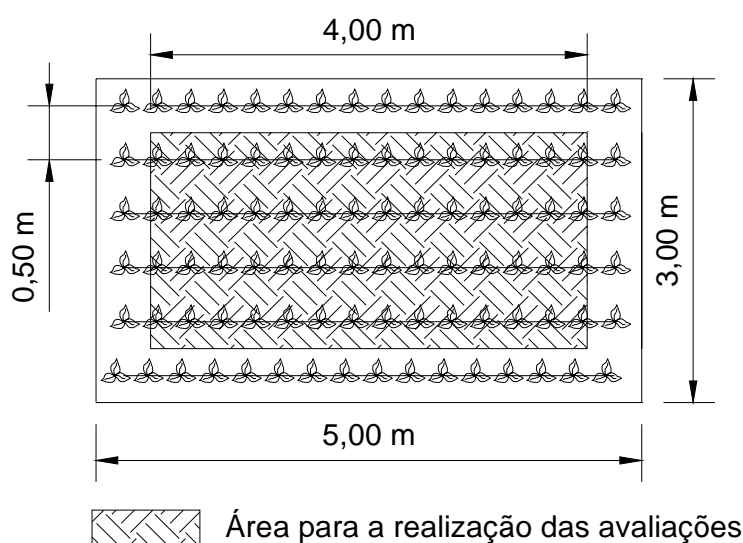


Figura 3. Caracterização das parcelas experimentais.

3.2. Aquisição e processamento dos dados

3.2.1. Aquisição dos dados radiométricos

A aquisição das leituras de radiometria foi feita por meio de dois espectralradiômetros intercalibrados da Ocean Optics, modelo SD 2000. Esse aparelho foi usado na obtenção dos dados de reflectância na região espectral de 400 a 900 nm com resolução de 0,34 nm. O aparelho foi conectado a um microcomputador portátil, onde foram armazenados os dados.

Para realização das leituras, a unidade detectora foi instalada em um suporte desmontável de alumínio, a aproximadamente três metros de altura sobre o dossel da cultura. Foram utilizadas duas fibras ópticas. A primeira, com ângulo de visada de 25°, foi apontada verticalmente para baixo para medir a radiação refletida do dossel da cultura de uma área circular de diâmetro de aproximadamente 1,35 metros. Uma segunda fibra óptica com um corretor cosseno de radiação com ângulo de visada de 180° foi apontado verticalmente para cima simultaneamente à primeira fibra, com a finalidade de medir a irradiação incidente do sol. A Figura 4a ilustra o sistema de aquisição de dados.

Foi utilizado o programa de aquisição de dados OOIBase32, versão 2.0.5.5. da Ocean Optics. Os dados, para todas as coletas, foram obtidos com a seguinte configuração: Integration Time (msec): 3; Spectra Averaged: 10; e Boxcar Smoothing: 10.

Para os dois experimentos, foram realizadas sete campanhas radiométricas das parcelas: aos 12, 22, 26, 46, 53, 62 e 81 dias após a emergência (DAE) para o experimento 1 e aos 6, 21, 26, 33, 50, 56 e 69 DAE para o experimento 2. As observações foram feitas entre 10 e 14 horas, em condições de céu aberto e intercaladas com medidas de reflectância de um padrão branco de laboratório, Spectralon (LABSPHERE, USA), de espectro conhecido (Figura 4b).

O procedimento de realização de medidas intercaladas com um padrão branco foi necessário para que os valores fossem transformados em fator de reflectância. Na Figura 5 está ilustrado o espectro do fator de reflectância do painel padrão de reflectância branco Spectralon.

Para cada comprimento de onda, o cálculo da reflectância do dossel foi feito com uso da Equação 1 (Gitelson et al., 2003). Nessa equação, o fator de

reflectância do painel é introduzido para obtenção da reflectância. Para o presente trabalho, a região espectral usada situa-se entre 400 e 900 nm. Nesse intervalo, para o padrão branco Spectralon, os fatores de reflectância não são inferiores a 99%.

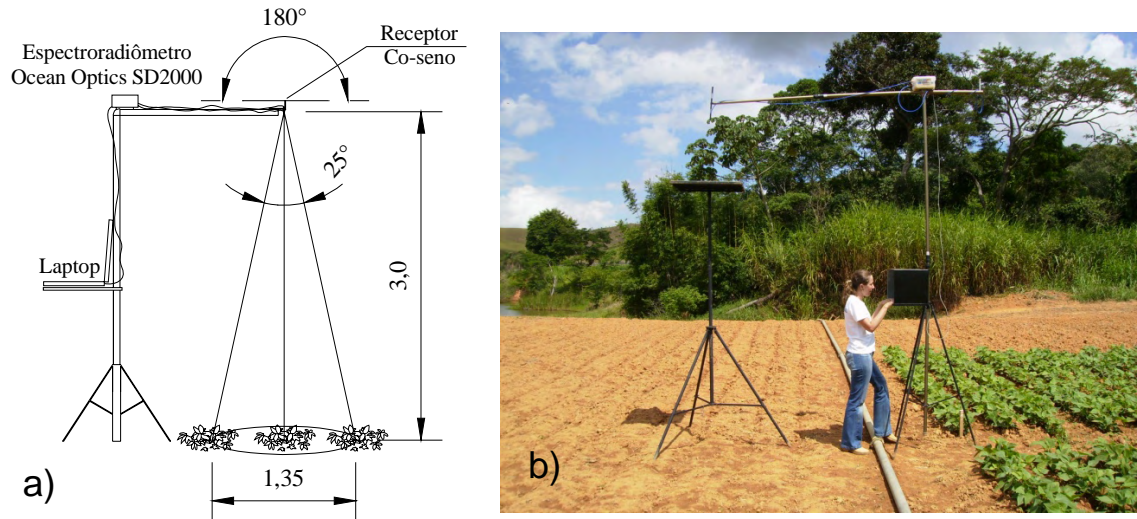


Figura 4. a) Representação esquemática do sistema de aquisição dos dados de radiometria de campo; b) Medida de reflectância do padrão branco Spectralon.

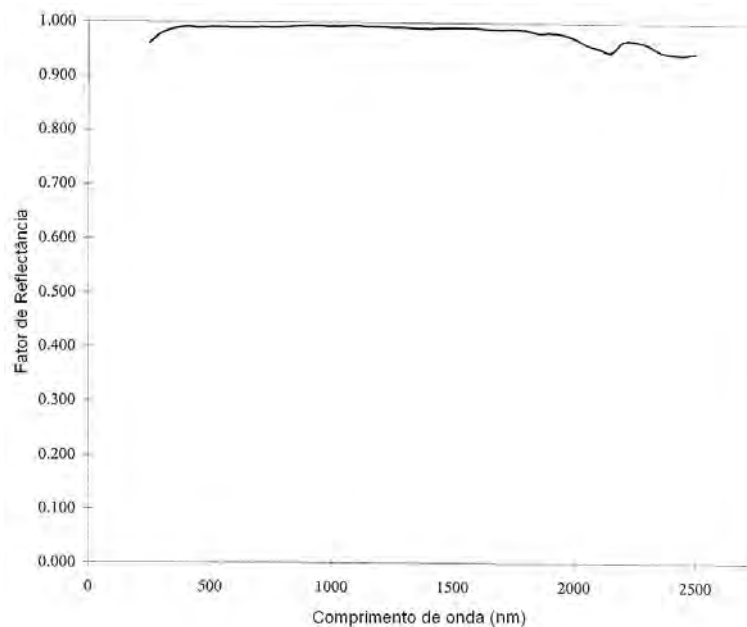


Figura 5. Espectro do fator de reflectância do painel padrão branco de reflectância Spectralon.

$$\rho_{\lambda} = \left(\frac{L_{\lambda}^f}{E_{\lambda}^f} \right) \cdot \left(\frac{E_{\lambda}^p}{L_{\lambda}^p} \right) \cdot 100 \cdot \rho_{\lambda}^p \quad (1)$$

em que,

ρ_{λ} = reflectância no comprimento de onda λ (%);

ρ_{λ}^p = reflectância do painel (%);

L_{λ}^f = intensidade da radiação refletida do feijoeiro (valor digital por unidade de área);

L_{λ}^p = intensidade da radiação refletida no painel (valor digital por unidade de área);

E_{λ}^f = intensidade da irradiação incidente no feijoeiro (valor digital por unidade de área); e

E_{λ}^p = intensidade da irradiação incidente no painel (valor digital por unidade de área).

Os painéis de Spectralon são considerados como padrões de reflectância, pois aproximam ao comportamento lambertiano, particularmente em ângulos de iluminação próximos ao nadir. Esses painéis são usados em validações de experiências de campo conduzidos com uso de sensoriamento remoto (Bruegge et al., 2001). Segundo Jackson et al. (1992), as placas de Spectralon são constituídas de um material sintético de espectro conhecido e apresenta reflectância próxima de 100%, principalmente na região espectral de 400 a 900 nm usada neste trabalho, como pode ser observado na Figura 5.

3.2.2. Estimativa dos teores de clorofila e determinação do teor de nitrogênio foliar

Para a estimativa do teor de clorofila das plantas de cada parcela, próximo à coleta dos dados de radiometria de campo, foi utilizado um medidor portátil de clorofila denominado Soil Plant Analysis Development (SPAD 502). As leituras realizadas com o aparelho possuem medidas adimensionais, as quais se relacionam com o teor de clorofila, que denominaremos valores SPAD.

O valor SPAD foi obtido com a média da leitura aleatória de 30 folhas na área útil de cada parcela, coletadas do terço médio das plantas conforme

sugerido por Martinez et al. (1999) para diagnose foliar do feijoeiro. As folhas utilizadas para as leituras dos valores SPAD foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao Laboratório de Solos Florestais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa para a determinação do teor de nitrogênio foliar (NF).

Para o experimento 1, foram feitas quatro leituras SPAD das parcelas, aos 11, 19, 25 e 39 DAE e para o experimento 2, seis, aos 5, 12, 20, 27, 35 e 57 DAE. Assim, por equivalência, foram feitas, para cada experimento, nos mesmos dias, o mesmo número de análises foliares para determinação do NF do que leituras SPAD com exceção dos 11 DAE para o experimento 1.

3.2.3. Estimativa da produtividade de grãos e componentes de rendimento

A produtividade de grãos (kg ha^{-1}) foi calculada coletando as plantas de duas linhas aleatórias na área útil (8 metros) de cada parcela. Foi realizada a trilha mecânica e determinada a massa dos grãos. Em cada parcela foram retiradas amostras para determinação da umidade por meio do método padrão de estufa, $105^{\circ}\text{C} \pm 3$ por 24 horas (BRASIL, 1992). O valor da massa observado foi corrigido para a umidade de 12% na base úmida.

Os componentes de rendimento, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG), foram obtidos coletando todas as plantas de uma linha aleatória na área útil (4 metros) de cada parcela. O número de vagens por planta foi obtido pela contagem do número total de vagens, dividido pelo número de plantas contido na linha. O número de grãos por vagem foi obtido por meio da contagem do número total de grãos e dividido pelo número total de vagens. A massa de cem grãos foi avaliada tomando-se a massa de todos os grãos também obtidos de todas as plantas da linha dividida pelo número total de grãos e multiplicado por 100. O valor observado foi corrigido para a umidade de 12% na base úmida.

3.2.4. Processamento dos dados radiométricos

Segundo Moreira (2005), não existe um limite rígido entre as bandas do espectro. Os limites apresentados na literatura são apenas teóricos. Assim, para o presente trabalho, foram utilizados os valores de reflectância médio das

seguintes bandas, com base nas faixas espectrais dos sensores dos satélites Ikonos II e QuickBird (Moreira, 2005):

- Banda 1 – Az (azul; 450 a 520 nm);
- Banda 2 – Vd (verde; 520 a 600 nm);
- Banda 3 – Vm (vermelho; 630 a 690 nm); e
- Banda 4 – IV (infravermelho próximo; 760 a 900 nm).

Estes valores foram utilizados para determinação dos índices de vegetação NDVI (Rouse et al., 1974), GNDVI (Gitelson et al., 1996), SAVI (Huete, 1988) e WDRVI (Gitelson, 2004) de acordo com as equações de 2 a 5. Assim, para cada parcela, foram gerados 8 diferentes índices de vegetação.

$$NDVI = \frac{IV - Vm}{IV + Vm} \quad (2)$$

em que,

NDVI = índice de vegetação da diferença normalizado;

IV = valor médio de reflectância na banda 4; e

Vm = valor médio de reflectância na banda 3.

$$GNDVI = \frac{IV - Vd}{IV + Vd} \quad (3)$$

em que,

GNDVI = índice de vegetação da diferença de verde normalizado; e

Vd = valor médio de reflectância na banda 2.

$$SAVI = \frac{IV - Vm}{IV + Vm + L} \cdot (1 + L); \text{ onde } L = 1,00, 0,50 \text{ e } 0,25 \quad (4)$$

em que,

SAVI = índice de vegetação ajustador do solo.

$$WDRVI = \frac{a \cdot IV - Vm}{a \cdot IV + Vm}; \text{ onde } a = 0,05, 0,10 \text{ e } 0,20 \quad (5)$$

em que,

WDRVI = índice de vegetação de larga escala dinâmica.

3.3. Análise dos dados

Para efeito de análises estatísticas, os experimentos foram divididos em duas etapas, antes e após a adubação em cobertura. Na primeira etapa foi realizada a avaliação do comportamento da cultura sob o efeito do fator doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e identificação da relação entre valores médios de índices de vegetação, teor de nitrogênio foliar e valores SPAD. Na segunda etapa foi realizado o estudo do comportamento da cultura sob a combinação do efeito fator doses de nitrogênio aplicado na semeadura e em cobertura e avaliação da relação entre valores médios de índices de vegetação, produtividade e componentes de rendimento do feijoeiro.

3.3.1. Antes da adubação em cobertura

Nesta etapa foi avaliada a resposta da cultura do feijoeiro, onde os dados foram obtidos do delineamento em blocos casualizados (DBC) com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de nitrogênio aplicadas na semeadura (0, 20, 30, 40 e 50 kg ha⁻¹). Antes da adubação em cobertura, cada repetição dos dados radiométricos, valores SPAD e NF foi obtida com média das seis parcelas dentro do mesmo bloco que receberam as mesmas doses de nitrogênio na semeadura.

Uma metodologia para ser considerada adequada tem que apresentar baixa variabilidade nas medições obtidas. Portanto, a avaliação da metodologia de obtenção dos valores SPAD e NF foi feita com base no cálculo do coeficiente de variação das medições obtidas dentro de um mesmo bloco. A precisão da metodologia foi avaliada a partir da classificação do valor do coeficiente de variação segundo o proposto por Gomes (1982).

Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura, valores SPAD e teores de nitrogênio foliar

Para verificar a existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e os valores SPAD, foram feitas análises de regressão. Para o experimento 1, a análise foi realizada aos 11, 19 e 25 DAE e para o experimento 2 aos 5, 12, 20 e 27 DAE. Assumiu-se que nestas últimas, aos 25 DAE para o experimento 1 e aos 27 DAE para o experimento 2, as plantas não responderam à primeira parcela da adubação nitrogenada em

cobertura que foi realizada aos 21 DAE para ambos os experimentos. Os dias após a emergência em que foram realizadas as análises correspondem aos dias em que foram feitas as medições com uso do clorofilômetro portátil SPAD.

Foi utilizado o programa computacional SAS para o ajuste de modelos lineares e realizou-se o teste F para falta de ajustamento e análise de variância da regressão. Os modelos de regressão ajustados foram:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i \quad (6)$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + e_i \quad (7)$$

em que,

Y_i = valor observado para a variável dependente Y ;

β_0 = valor da constante de regressão;

β_1 e β_2 = valores dos coeficientes de regressão;

X_i = valor do i -ésimo nível da variável independente X ;

e_i = efeito aleatório associado à observação Y_i .

A variável dependente Y , representa os valores observados de SPAD ou NF, enquanto a variável independente X representa as doses de N aplicadas na semeadura. Quando a falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para o modelo linear de primeiro grau (Equação 6) procedeu-se o ajuste de um modelo linear de segundo grau (Equação 7). A escolha dos modelos foi feita com base no critério de não significância do teste F para falta de ajustamento, significância no teste F para regressão e significância no teste t das estimativas dos coeficientes de regressão, todos ao nível de 5% de probabilidade. O coeficiente de determinação R^2 foi determinado pelo quociente entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados de tratamentos, pois sob o ponto de vista da estatística experimental, quando temos dados de um delineamento experimental e usamos regressão, é usual obter esse coeficiente dessa maneira.

Para os dois experimentos, nas mesmas épocas, o mesmo procedimento foi feito para a verificação da existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e os valores de NF. Apenas aos

11 DAE para o experimento 1 não foi realizada a análise pois as amostras não puderam ser entregues ao laboratório.

Comportamento espectral do dossel do feijoeiro submetido a diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura

Para visualização do comportamento espectral do dossel do feijoeiro, submetidos a diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura nas épocas anteriores à adubação em cobertura, foram gerados, para cada dose aplicada, gráficos médios da resposta espectral. Esses gráficos foram feitos para os dados de radiometria coletados aos 12, 22 e 26 DAE para o experimento 1 e aos 6, 21 e 26 DAE para o experimento 2. Para cada dose de N aplicada na semeadura, no eixo das abscissas foram plotados os valores dos comprimentos de onda do espectro (nm) e no eixo das ordenadas a reflectância média do dossel do feijoeiro (%).

Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores médios de índices de vegetação

Foram feitas análises de regressão para verificar a existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e a média dos valores de índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI. Para o experimento 1, a análise foi realizada com uso dos dados obtidos aos 12, 22 e 26 DAE e para o experimento 2 aos 6, 21, e 26 DAE. Assumiu-se que nessa última, aos 26 DAE para os dois experimentos, as plantas não responderam à primeira parcela da adubação nitrogenada em cobertura realizada aos 21 DAE.

Para o ajuste dos modelos lineares, foi utilizado o programa computacional SAS. Realizou-se o teste F para falta de ajustamento e análise de variância da regressão. Os mesmos modelos apresentados nas Equações 6 e 7 foram adotados, com a variável dependente Y , representando os valores observados médios de índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, enquanto a variável independente X representou as doses de N aplicadas na semeadura. Quando a falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para o modelo linear de primeiro grau, procedeu-se o ajuste de um modelo linear de segundo grau. A escolha de modelos e o cálculo do

coeficiente de determinação foram feitos com base nos mesmos critérios usados para as variáveis SPAD e NF.

Avaliação da relação entre valores médios de índices de vegetação, teor de nitrogênio foliar e valores SPAD

Para cada experimento, o grau de relacionamento entre as variáveis NF, valores SPAD e valores médios de índices de vegetação, foi avaliado por meio de análise de correlação. Assumiu-se que a diferença entre os dias de coleta dos dados radiométricos e a coleta dos dados de NF e valores SPAD, não foi suficiente para que esses valores não se alterassem nas folhas.

A análise foi feita com uso do programa computacional SAS e realizado o teste t para os coeficientes de correlação ao nível de 5% de probabilidade. Para o experimento 1, a análise foi feita com uso dos dados SPAD obtidos aos 19 e 25 DAE e para o experimento 2 aos 5, 12, 20 e 27 DAE. Para o experimento 1, a análise não foi realizada aos 11 DAE com a variável NF por motivos anteriormente supracitados. A análise de correlação entre índices de vegetação e NF foi feita com uso dos dados radiométricos obtidos aos 22 e 26 DAE para o experimento 1 e aos 6, 21 e 26 DAE para o experimento 2.

3.3.2. Após a adubação em cobertura

Nesta etapa, foi avaliada a resposta da cultura, onde os dados foram obtidos do delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação fatorial entre cinco doses de nitrogênio (0, 20, 30, 40 e 50 kg ha⁻¹) aplicadas na semeadura e seis doses de nitrogênio (0, 20, 30, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura na forma de uréia em doses únicas para as doses 20 e 30 kg ha⁻¹, e parceladas igualmente para as demais doses.

Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura, valores SPAD e teor de nitrogênio foliar

Para verificar a existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores SPAD, foram feitas análises de regressão. Para o experimento 1, a análise foi realizada aos 39 DAE e para o experimento 2 aos 35 e 57 DAE.

Foi utilizado o programa computacional SAS para o ajuste de modelos lineares e realizou-se o teste F para falta de ajustamento e análise de variância da regressão. Os modelos estatísticos adotados foram:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{1i} X_{2i} + e_i \quad (8)$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{1i}^2 + \beta_4 X_{2i}^2 + \beta_5 X_{1i} X_{2i} + e_i \quad (9)$$

em que,

- Y_i = valor observado para a variável dependente Y ;
- β_0 = valor da constante de regressão;
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 = valores dos coeficientes de regressão;
- X_{1i} = valor do i -ésimo nível da variável independente X_1 ;
- X_{2i} = valor do i -ésimo nível da variável independente X_2 ; e
- e_i = efeito aleatório associado à observação Y_i .

A variável dependente Y , representa os valores observados de SPAD ou NF, enquanto as variáveis independentes X_1 e X_2 representam as doses de N aplicados na semeadura e cobertura, respectivamente. Quando a falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para o modelo expresso na Equação 8 procedeu-se o ajuste do modelo expresso na Equação 9. A escolha dos modelos foi feita com base no critério de não significância do teste F para falta de ajustamento, significância no teste F para regressão e significância no teste t das estimativas dos coeficientes de regressão, todos ao nível de 5% de probabilidade. Quando pelo menos uma das estimativas dos coeficientes de regressão apresentou valor não significativo no teste t, um novo modelo foi ajustado sem a presença desta. A avaliação desse modelo foi feita com base nos mesmos critérios supracitados. O coeficiente de determinação R^2 foi determinado pelo quociente entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados de tratamentos, pois sob o ponto de vista da estatística experimental, quando temos dados de um delineamento experimental e usamos regressão, é usual obter esse coeficiente dessa maneira.

O mesmo procedimento foi feito para a verificação da existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores de NF, para os dois experimentos, nas mesmas épocas.

Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e índices de vegetação

A existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, foram verificadas com análises de regressão. Para o experimento 1, a análise foi realizada com uso dos dados obtidos aos 46, 53, 62 e 81 DAE e para o experimento 2 aos 50, 56 e 69 DAE. Para o experimento 2, não foi feita a avaliação aos 33 DAE, pois, nesta época, a cultura ainda não tinha recebido a última parcela da adubação em cobertura que foi realizada aos 34 DAE.

Foi utilizado o programa computacional SAS para o ajuste dos modelos lineares. Realizou-se o teste F para falta de ajustamento e análise de variância da regressão. Foram adotados os mesmos modelos apresentados nas Equações 8 e 9 com a variável dependente Y , representando os valores observados médios de índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, enquanto as variáveis independentes X_1 e X_2 representam as doses de N aplicadas na semeadura e cobertura, respectivamente. Quando a falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para o modelo expresso na Equação 8 procedeu-se o ajuste do modelo expresso na Equação 9. O critério de escolha de modelos foi o mesmo usado para as variáveis SPAD e NF na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura.

Avaliação da relação entre nitrogênio foliar e valores SPAD

Após a adubação em cobertura, o grau de relacionamento entre as variáveis NF e valores SPAD, para cada experimento, foi avaliado por meio de análise de correlação. A análise foi feita com uso do programa computacional SAS e realizado o teste t para os coeficientes de correlação ao nível de 5% de probabilidade. Para o experimento 1, a análise foi feita com uso dos dados obtidos aos 39 DAE e para o experimento 2 aos 35 e 57 DAE.

Relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento

A existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura, produtividade (PR) e os componentes de

rendimento de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG), para os dois experimentos, foram analisadas por meio de análises de regressão.

O ajuste dos modelos lineares foi feito com uso do programa computacional SAS e realizado o teste F para falta de ajustamento e análise de variância da regressão. Os modelos estatísticos adotados foram os mesmos descritos nas Equações 8 e 9. A variável dependente Y representa os valores observados de produtividade e componentes de rendimento e as variáveis independentes X_1 e X_2 representam as doses de N aplicados na semeadura e cobertura, respectivamente. Quando a falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para o modelo expresso na Equação 8 procedeu-se o ajuste do modelo expresso na Equação 9. O critério de escolha de modelos foi o mesmo usado para as variáveis SPAD e NF na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura.

Relação entre índices de vegetação, produtividade e componentes de rendimento do feijoeiro

A avaliação da relação entre o grupo índices de vegetação, produtividade e componentes de rendimento do feijoeiro foi feita por meio de análise de correlação canônica. A análise de correlação canônica, segundo Hair Jr. et. al (2005), pode ser vista como uma extensão lógica da análise de regressão múltipla. A regressão múltipla envolve uma única variável dependente enquanto a correlação canônica envolve múltiplas variáveis dependentes. A existência e a intensidade da associação entre os dois grupos de variáveis pode ser medida pela correlação canônica. Essa análise é um procedimento estatístico multivariado, que, segundo Johnson e Wichern (1998), permite a identificação e quantificação de relações existentes entre dois grupos de variáveis.

Segundo Hair et al. (2005), tamanhos amostrais muito pequenos não irão representar bem as correlações, obscurecendo assim quaisquer relações significativas. Com amostras muito grandes, os pesquisadores terão uma tendência a indicar significância estatística em todos os casos, mesmo onde significância prática não é indicada. Assim, os pesquisadores tendem a incluir muitas variáveis nos dois conjuntos sem perceber as implicações para o

tamanho da amostra. Portanto, foi feita uma análise preliminar dos dados por meio de análise de correlação com uso do programa computacional SAS e realizado o teste t para os coeficientes de correlação ao nível de 5% de probabilidade. Essa avaliação foi feita com o objetivo de diminuir o número de variáveis do grupo índices de vegetação evitando assim, a homoscedasticidade e a multicolinearidade nesse grupo. Hair et al. (2005) afirmam que, na análise de correlação canônica, a homoscedasticidade, a partir do ponto que ela diminui a correlação entre as variáveis, deve ser evitada. Ainda, segundo os autores, a multicolinearidade, em qualquer conjunto de variáveis irá atrapalhar a habilidade da técnica em isolar o impacto de qualquer variável, tornando a interpretação menos confiável.

Segundo Hair et al. (2005), a técnica de correlação canônica produz variáveis estatísticas para maximizar a correlação entre elas. Uma variável de qualquer conjunto se relaciona com todas as outras variáveis em ambos os conjuntos. Esse fato, segundo o autor, permite que a adição ou eliminação de uma única variável afete a solução inteira. Como os índices SAVI e WDRVI, nas suas diferentes variações, são altamente correlacionados entre si, foram considerados na análise de correlação canônica, apenas um índice SAVI e WDRVI de coeficiente L ou a, respectivamente, que apresentou maior correlação com os componentes de rendimento.

Assim, foram estimadas as correlações canônicas entre o grupo de variáveis constituído pelo conjunto de valores médios de índices de vegetação e o grupo de variáveis produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento para os dois experimentos. O grupo valores de índices de vegetação foi composto pelos índices NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI e o grupo produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento composto pela produtividade (PR), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG). Essa avaliação foi feita com os dados radiométricos obtidos após a adubação em cobertura aos 46, 53 e 62 DAE para o experimento 1 e aos 50, 56 e 69 DAE para o experimento 2. As correlações canônicas foram testadas por meio do teste de qui-quadrado (χ^2) ao nível de 5% de probabilidade.

Para o experimento 1, não foram estimadas as correlações canônicas entre o grupo valores de reflectância médio das bandas espectrais e o grupo de

componentes de rendimento do feijoeiro aos 81 DAE. Nesta época, a cultura se encontrava no estágio de desenvolvimento R9, a uma semana do início da colheita, com boa parte das folhas secas e caídas. Assim, a resposta espectral do dossel da cultura, aos 81 DAE, não foi considerada nessa avaliação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores apresentados na Tabela 3 indicam uma superioridade na fertilidade do solo para os macronutrientes P e K no experimento 1. Esta área é freqüentemente adubada para a exploração das culturas de milho e feijão, podendo ser considerada como uma área de produção. Esse fato pode ter contribuído para um efeito residual dos elementos supracitados. O experimento em questão foi conduzido logo após a colheita do milho que estava implantado na área. A área em que foi conduzido o experimento 2 estava, antes do preparo do solo, sem uso agrícola há mais de dois anos.

A classificação textural dos solos usados na condução dos experimentos é, segundo Prado (1995), muito argilosa, com teor de argila superior a 60%. Esse tipo de solo, segundo o autor, é menos suscetível à erosão em áreas não muito declivosas e com boa drenagem. Como pode ser observado na Figura 2, as áreas em que foram conduzidos os experimentos são relativamente planas, o que favorece a não contaminação dos tratamentos nas parcelas vizinhas.

4.1. Análise dos dados antes da adubação em cobertura

4.1.1. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores SPAD

Os valores calculados dos coeficientes de variação (CV) médios entre as repetições para os valores SPAD nas diferentes doses de N aplicadas na semeadura para os experimentos 1 e 2 são apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Segundo a classificação de Gomes (1982), todos os CV apresentados foram baixos para ensaios agrícolas de campo, pois seus valores foram inferiores a 10%. Como os CV foram considerados baixos para todas as doses

aplicadas, considera-se que a metodologia utilizada na obtenção das repetições dos valores SPAD para o experimento 1 foi adequada.

Tabela 4. Valores médios calculados dos CV, em porcentagem, para os valores SPAD nas doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na semeadura para o experimento 1 aos 11, 19 e 25 DAE

DAE	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)				
	0	20	30	40	50
11	4,10	3,03	2,84	2,46	4,04
19	7,58	7,05	6,44	10,00	7,01
25	5,40	4,22	4,64	4,17	5,73

Tabela 5. Valores médios calculados dos CV, em porcentagem, para os valores SPAD nas doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na semeadura para o experimento 2 aos 5, 12, 20 e 27 DAE

DAE	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)				
	0	20	30	40	50
5	4,35	3,36	2,77	2,78	3,22
12	2,72	3,54	2,34	3,30	2,54
20	5,16	6,24	4,38	4,00	3,31
27	8,24	4,21	5,86	6,40	5,29

Houve uma tendência de aumento dos valores de CV com o desenvolvimento da cultura, o que era esperado devido ao maior número de folhas disponíveis para realização da amostragem.

Nas Figuras 6 e 7 são ilustradas o comportamento dos valores SPAD médios em função do número de dias após a emergência para as cinco doses de N aplicadas na semeadura para os experimentos 1 e 2, respectivamente.

No experimento 1, dos 11 aos 19 DAE, houve uma tendência de redução dos valores SPAD para todas as doses de N utilizadas. Essa tendência pode ser justificada pelo desenvolvimento das plantas, visto que a redução também foi observada nas parcelas não adubadas. Dos 19 aos 25 DAE, para todas as doses de N utilizadas, houve uma tendência de acréscimo nos valores SPAD. Além do acréscimo observado nesse intervalo, aos 25 DAE houve relação direta entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD. Assim, quanto maior foi a dose de N aplicada na semeadura, maior o valor SPAD.

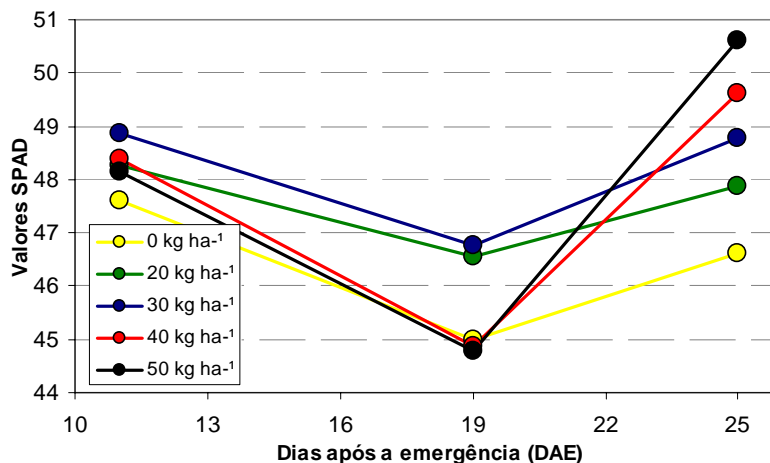


Figura 6. Valores SPAD médios observados aos 11, 19 e 25 DAE para as doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na sementeira para o experimento 1.

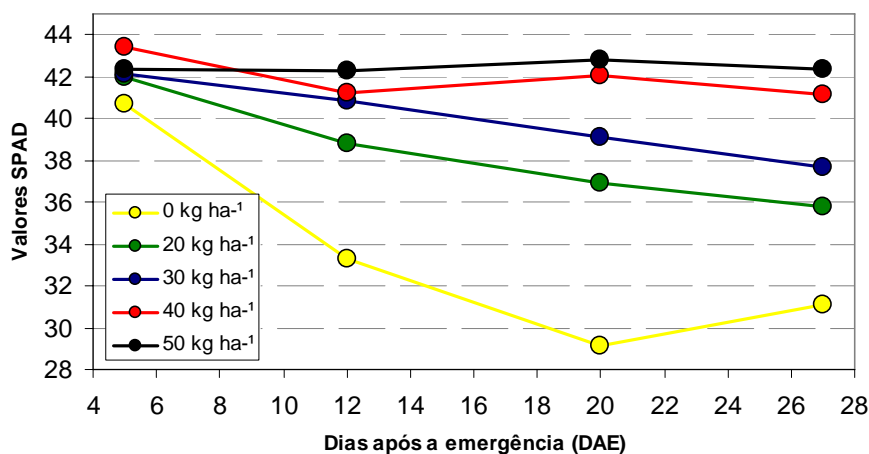


Figura 7. Valores SPAD médios observados aos 5, 12, 20 e 27 DAE para as doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na sementeira para o experimento 2.

No experimento 2, com exceção das doses 40 e 50 kg ha⁻¹, que apresentaram pouca variação ao longo do tempo, houve uma tendência de redução dos valores SPAD para as demais doses. Assim como para o experimento 1 aos 25 DAE, houve relação direta entre doses de N aplicadas na sementeira e valores SPAD aos 12, 20 e 27 DAE. As doses de N aplicadas na sementeira, aparentemente influenciaram os valores SPAD. Com as maiores doses de N (40 e 50 kg ha⁻¹), os valores SPAD não sofreram alteração com o desenvolvimento da cultura. Provavelmente para esses níveis de adubação, não houve deficiência de N com o desenvolvimento da cultura não afetando os valores SPAD. Para as menores doses (20 e 30 kg ha⁻¹), ocorreu uma provável deficiência de N, manifestado pela cor e amarelecimento das folhas conforme

detectado com uso do clorofilômetro portátil. O maior decréscimo foi verificado nas parcelas que não foram adubadas. O comportamento de variação dos valores SPAD durante o desenvolvimento da cultura também foi verificado por SENA Jr. (2005) utilizando o SPAD para ajuste da adubação nitrogenada em trigo.

Silveira et al. (2003), em um experimento para verificar o uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro, verificaram que os valores de leitura do clorofilômetro foram crescentes para as cultivares Pérola e Jalo Precoce até o início de florescimento da cultura. Didonet et al. (2005) também verificaram acréscimos nas leituras SPAD com o desenvolvimento da cultura do feijão. Nos trabalhos, os autores citam que as leituras foram feitas no último trifólio completamente expandido de cada planta. Esses comportamentos mostraram-se contrários ao comportamento apresentado no presente trabalho. Uma possível justificativa para esse comportamento seria o local de amostragem nas plantas. Nos trabalhos supracitados, essa amostragem foi realizada nas folhas mais jovens. Sabe-se que a taxa de absorção e as concentrações dos nutrientes móveis, como é o caso do nitrogênio, diminuem com a idade da planta devido à translocação para outros tecidos (Malavolta et al., 1997). No presente trabalho a amostragem foi feita no terço mediano da planta, conforme sugerido por Martinez et al. (1999) para diagnose foliar.

A utilização do medidor portátil de clorofila como parâmetro indicador para o manejo de N em cereais, segundo Argenta et al. (2001), apresenta baixa precisão quando os teores de N na planta são altos. Comparando as Figuras 6 e 7, pode ser observado que o menor valor SPAD observado para o experimento 1 supera o maior valor SPAD observado no experimento 2. Esse fato reforça a hipótese de superioridade na fertilidade do solo usado para a primeira safra, não apenas para os macronutrientes P e K, confirmados na Tabela 3, mas também para o N.

Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD, para o experimento 1, aos 11, 19 e 25 DAE são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD aos 11, 19 e 25 DAE para o experimento 1

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
11 DAE	1,36 ^{ns}	1,49 ^{ns}
19 DAE	3,06 ^{ns}	0,38 ^{ns}
25 DAE	0,08 ^{ns}	25,41 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

No teste para falta de ajustamento de um modelo, segundo Regazzi e Silva (2004), é sempre desejável um resultado não-significativo. Nos casos em que a falta de ajustamento for significativa, pode-se concluir que o modelo utilizado não é apropriado, ou seja, não se ajusta bem aos dados, e outro modelo deve ser testado.

Todos os modelos lineares de primeiro grau testados, para o experimento 1, apresentaram-se não significativos ao nível de 5% de probabilidade no teste para a falta de ajustamento, indicando um bom ajuste dos modelos aos dados. Assim, não foram testados modelos lineares de segundo grau. Dessa maneira, procedeu-se à análise de variância dos modelos de regressão obtidos. Esse procedimento foi realizado para verificar se a variável independente (doses de N aplicadas na semeadura) teve influência significativa sobre a variável dependente (SPAD). O teste F da regressão foi significativo apenas para o modelo linear de primeiro grau ajustado dos valores SPAD aos 25 DAE ao nível de 5% de significância, confirmando a existência de uma relação funcional entre essas variáveis.

A Figura 8 ilustra o modelo ajustado e seu respectivo coeficiente de determinação juntamente com o diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na semeadura para o experimento 1 aos 25 DAE.

Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD, para o experimento 2, aos 5, 12, 20 e 27 DAE são apresentados na Tabela 7.

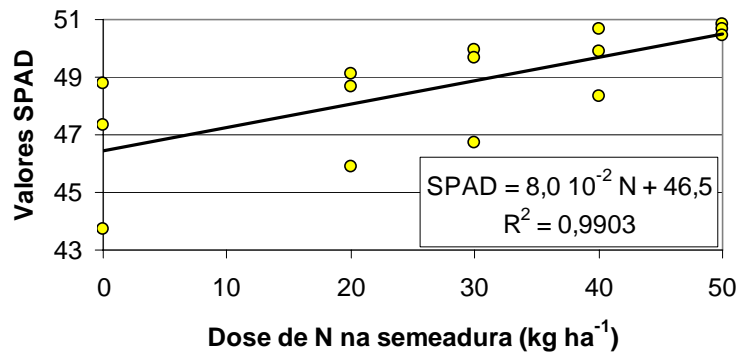


Figura 8. Diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelo linear de primeiro grau ajustado aos 25 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 1.

Tabela 7. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores SPAD aos 5, 12, 20 e 27 DAE para o experimento 2

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
5 DAE	2,11 ^{ns}	12,70 ^{**}
12 DAE	32,04 ^{**}	---
20 DAE	4,86 [*]	---
27 DAE	0,33 ^{ns}	93,81 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para o experimento 2, dentre os modelos lineares de primeiro grau testados, os modelos referentes aos 12 e 20 DAE apresentaram-se significativos ao nível de 5% de probabilidade no teste para a falta de ajustamento. No entanto, os modelos referentes aos 5 e 27 DAE, indicaram um bom ajuste aos dados (falta de ajuste não significativa e regressão significativa).

As Figuras 9 e 10 ilustram, para o experimento 2, os modelos lineares de primeiro grau ajustados aos 5 e 27 DAE e seus respectivos coeficientes de determinação juntamente com o diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na sementeira.

No experimento 1, o modelo ajustado com os valores SPAD aos 25 DAE apresentou amplitude total de 7,07. Para os modelos ajustados com os valores SPAD aos 5 e 27 DAE, no experimento 2, observam-se amplitudes totais de 5,23 e 15,40 e coeficientes de determinação de 66,85 e 98,95%, respectivamente. Os modelos referentes aos 25 DAE (experimento 1) e aos 5 DAE (experimento 2), apresentaram valores de amplitude total relativamente

baixos. Essa situação foi relatada por Argenta et al. (2001), como uma das limitações do uso do clorofilômetro como parâmetro indicador para o manejo de N em cereais. A maior dispersão observada (amplitude) dos valores SPAD, obtidos aos 27 DAE (experimento 2), favorece um melhor gerenciamento do N com uso do clorofilômetro portátil.

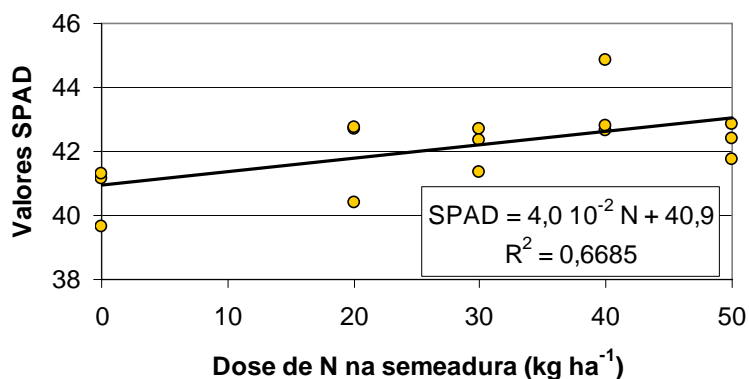


Figura 9. Diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na semeadura, modelo linear de primeiro grau ajustado para os 5 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

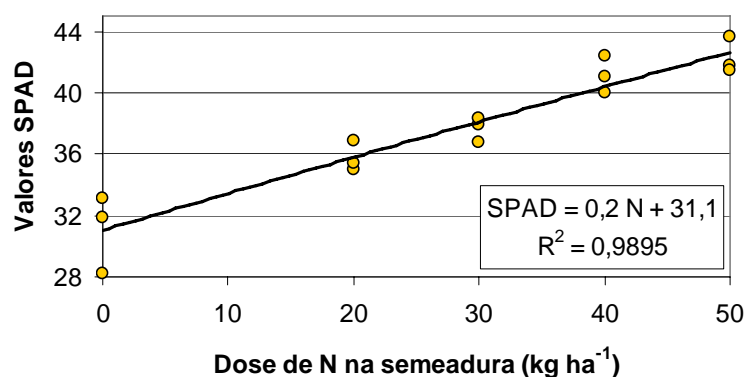


Figura 10. Diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na semeadura, modelo linear de primeiro grau ajustado para os 27 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

A falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para os modelos lineares de primeiro grau ajustados aos 12 e 20 DAE, assim procedeu-se o ajuste de modelos lineares de segundo grau. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares de segundo grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD, para o experimento 2, aos 12 e 20 DAE são

apresentados na Tabela 8. As estimativas dos coeficientes de regressão e o teste t desses modelos são apresentados na Tabela 9.

Os modelos lineares de segundo grau referentes aos 12 e 20 DAE indicaram um bom ajuste (falta de ajuste não significativa e regressão significativa) e as estimativas dos coeficientes de regressão foram significativas ao nível de 5% de probabilidade. Quanto mais antecipada for a identificação dos níveis de N, maior a chance de otimização da adubação nitrogenada em cobertura. O SPAD mostrou-se eficiente na identificação precoce dos níveis de N no solo, pois aos 20 DAE, o feijoeiro encontrava-se na etapa V4 de desenvolvimento, que segundo Santos e Gavilanes (2006), corresponde ao estágio de desenvolvimento em que a terceira folha trifoliolada encontra-se completamente aberta. Esta época é anterior à proposta por Martinez et al. (1999) para coleta e análise foliar para a cultura do feijão.

Tabela 8. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de segundo grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD aos 12 e 20 DAE para o experimento 2

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
12 DAE	3,22 ^{ns}	585,30 **
20 DAE	0,62 ^{ns}	180,31 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão dos modelos lineares de segundo grau ajustados aos 12 e 20 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD médios, para o experimento 2

Épocas	Variáveis	Estimativas	t
12 DAE	Intercepto	33,3	----
	X	0,3	12,83 **
	X ²	-3,3 10 ⁻³	-6,38 **
20 DAE	Intercepto	29,1090	----
	X	0,5	5,47 **
	X ²	-3,5 10 ⁻³	-2,18 *

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

As Figuras 11 e 12 ilustram, para o experimento 2, os modelos lineares de segundo grau ajustados aos 12 e 20 DAE, respectivamente, e seus respectivos coeficientes de determinação juntamente com os diagramas de

dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na semeadura.

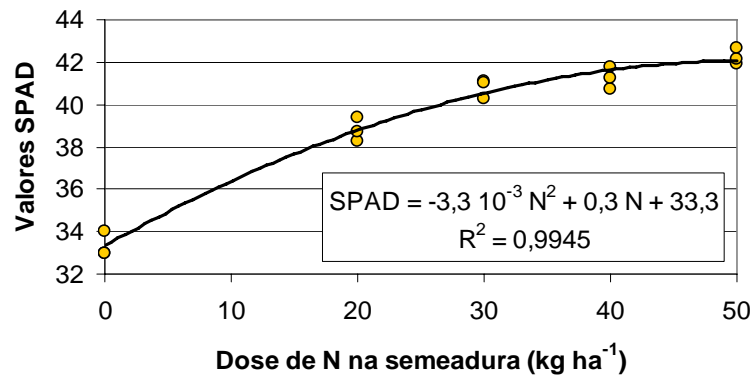


Figura 11. Diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na semeadura, modelo linear de segundo grau ajustado para os 12 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

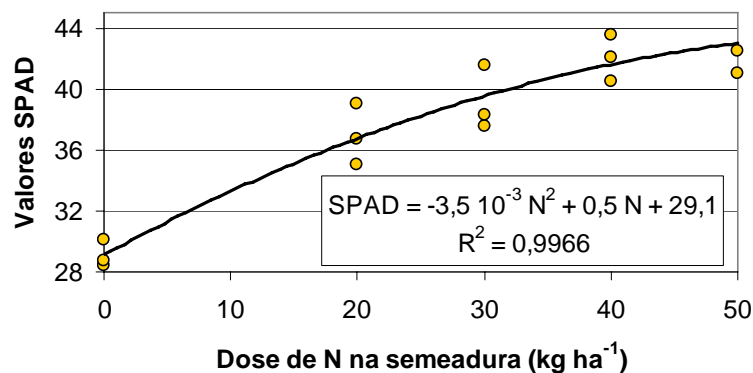


Figura 12. Diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas na semeadura, modelo linear de segundo grau ajustado para os 20 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

Os modelos ajustados com os valores SPAD aos 12 e 20 DAE (experimento 2) apresentaram amplitudes totais de 9,70 e 16,68 e coeficientes de determinação de 99,45 e 99,66%, respectivamente. A amplitude total e o coeficiente de determinação observados para os valores SPAD, aos 20 DAE, foram os maiores entre as épocas analisadas. Comparando os modelos ajustados aos 20 e 27 DAE (experimento 2), os valores de amplitudes totais e coeficientes de determinação superam em apenas 1,28 e 0,71%, respectivamente, para o modelo ajustado aos 20 DAE. Esses valores são de pouca representatividade considerando a maior simplicidade do modelo

ajustado aos 27 DAE. Assim, a época considerada mais promissora na discriminação de doses de N aplicadas na sementeira foi aos 27 DAE, para o experimento 2.

Nas Figuras 11 e 12 pode-se observar uma tendência de estabilização dos valores SPAD com o aumento das doses de N aplicadas na sementeira. A recomendação de adubação de N no plantio, segundo Chagas et al. (1999), para o maior nível de tecnologia (NT₄), é de 40 kg ha⁻¹. Assim, para as épocas em questão (12 e 20 DAE), a dose de 50 kg ha⁻¹ não são assimiladas em sua plenitude pelas plantas, contribuindo para o efeito de estabilização dos valores SPAD ilustrados nas Figuras 11 e 12.

Para os dois experimentos, o primeiro aos 25 DAE e o segundo aos 27 DAE, os modelos ajustados apresentaram-se satisfatórios, verificando a existência de relação funcional linear simples entre as doses de N aplicadas na sementeira e os valores SPAD. Essas épocas coincidiram com a etapa R5 ou pré-floração da fase reprodutiva do feijoeiro. Essa época é anterior a indicada segundo as orientações propostas por Martinez et al. (1999) para coleta e análise foliar para a cultura do feijão. Assim, o uso do clorofilômetro portátil mostrou-se eficiente na identificação precoce das doses de N aplicadas na sementeira.

4.1.2. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na sementeira e teores de nitrogênio foliar

Os valores calculados dos coeficientes de variação (CV) médios entre as repetições para os valores de NF nas diferentes doses de N aplicadas na sementeira para os experimentos 1 e 2 são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Valores médios calculados dos CV, em percentagem, para os valores de NF nas doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na sementeira para o experimento 1 aos 19 e 25 DAE

DAE	Doses de N aplicadas na sementeira (kg ha ⁻¹)				
	0	20	30	40	50
19	4,84	4,04	3,15	6,93	6,94
25	9,28	7,38	9,73	8,50	7,72

Tabela 11. Valores médios calculados dos CV, em percentagem, para os valores de NF nas doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na sementeira para o experimento 2 aos 5, 12, 20 e 27 DAE

DAE	Doses de N aplicadas na sementeira (kg ha ⁻¹)				
	0	20	30	40	50
5	11,18	8,29	12,68	8,44	5,56
12	13,21	12,59	7,50	6,95	7,53
20	8,25	11,17	12,69	10,48	6,99
27	14,65	14,24	16,13	17,01	10,71

Para o experimento 1, em relação aos 19 DAE, o CV foi maior para todas as doses aos 25 DAE. Segundo a classificação de Gomes (1982), todos os coeficientes de variação apresentados, mesmo aos 25 DAE, foram baixos para ensaios agrícolas de campo, pois seus valores foram abaixo de 10%. Como os coeficientes de variação foram considerados baixos para todas as doses aplicadas, considera-se que a metodologia proposta na obtenção das repetições dos valores de NF para o experimento 1 foi adequada.

Para o experimento 2, observam-se valores de CV acima de 10%. Segundo o critério de Gomes (1982) os valores de CV situados entre 10 e 20% são classificados como médios. Portanto, a metodologia de obtenção das repetições dos valores de NF, para o experimento 2, também foi considerada adequada. O possível efeito residual do elemento N para o experimento 1 pode ter contribuído para uma uniformização das parcelas, fazendo com que os valores de CV para o experimento 1 fossem inferiores aos valores do experimento 2.

Assim como os valores de CV para valores SPAD, a tendência de aumento dos valores de CV com o desenvolvimento da cultura para os valores de NF, também era esperada. Como já supracitado, este fato é devido ao maior número de folhas disponíveis para realização da amostragem com o desenvolvimento do feijoeiro, aumentando os valores de CV.

Ao se comparar os coeficientes de variação, nos dois experimentos, para as variáveis valores SPAD e NF, nota-se uma tendência de superioridade nos valores observados para a variável NF. Esse comportamento pode ser justificado pelo fato de que os valores SPAD, que medem o teor de clorofila, são influenciados não somente pelo teor de N contido nas folhas. Rambo et al. (2004), com base em uma revisão bibliográfica, afirmou que além do NF, outros fatores podem afetar a intensidade da coloração verde da folha e a respectiva

leitura pelo clorofilômetro. Dentre estes, são citados o tipo de híbrido, irradiação, local de cultivo, ano de cultivo, níveis de outros nutrientes, ataque de insetos, estresse hídrico, temperatura do ar, estágio de desenvolvimento da cultura, arranjo de plantas, tipo, espessura e parte da folha onde é realizada a leitura e aplicação de herbicidas.

As Figuras 13 e 14 ilustram a evolução dos valores de NF para as cinco doses de N aplicadas na semeadura para os experimentos 1 e 2, respectivamente.

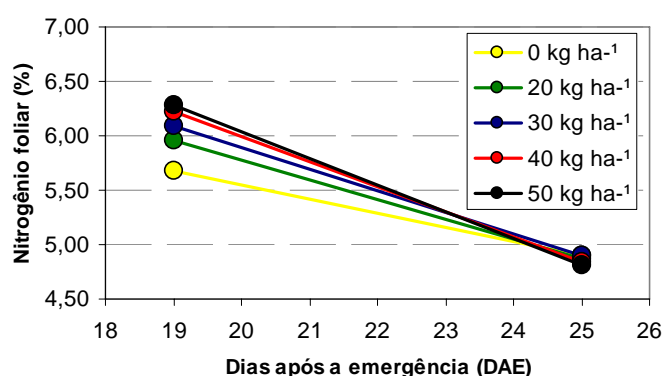


Figura 13. Valores de NF médios observados aos 19 e 25 DAE para as doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na semeadura para o experimento 1.

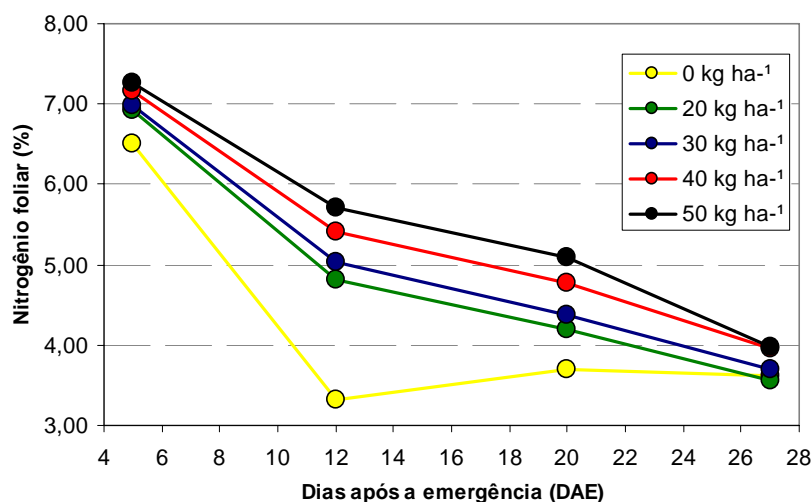


Figura 14. Valores de NF médios observados aos 5, 12, 20 e 27 DAE para as doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na semeadura para o experimento 2.

Os valores de NF tenderam a decrescer com o desenvolvimento da planta para ambos os experimentos. Na Figura 13 pode ser observado que, mesmo com a redução de todos os valores de NF entre 19 e 25 DAE, os

valores de NF aos 25 DAE não apresentaram nenhuma tendência de comportamento em função das doses de N aplicadas na sementeira. A desuniformidade do solo associado ao possível efeito residual do elemento N, pode ter contribuído para esse comportamento não diferenciando os valores de NF.

No experimento 2, além do decréscimo observado para todos os intervalos, com exceção da dose zero, houve relação direta entre doses de N aplicadas na sementeira e valores de NF. Assim, quanto maior foi a dose de N aplicada na sementeira, maior foi o valor de NF (Figura 14).

Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores de NF, para o experimento 1, aos 19 e 25 DAE, são apresentados na Tabela 12.

O modelo ajustado para os valores de NF aos 19 DAE foi apropriado e revelou o efeito significativo dos tratamentos (doses de N aplicadas na sementeira) sobre os valores de NF. Aos 25 DAE, mesmo com a falta de ajuste não significativa, o teste F da regressão foi não significativo. Na Figura 13 pode-se observar os comportamentos supracitados.

Tabela 12. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores de NF aos 19 e 25 DAE para o experimento 1

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
19 DAE	0,16 ^{ns}	18,98 ^{**}
25 DAE	0,08 ^{ns}	0,53 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 15 é ilustrado o modelo ajustado e seu respectivo coeficiente de determinação juntamente com o diagrama de dispersão dos valores NF médios em função das doses de N aplicadas na sementeira para o experimento 1, aos 19 DAE.

Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores de NF aos 5, 12, 20 e 27 DAE, para o experimento 2, são apresentados na Tabela 13.

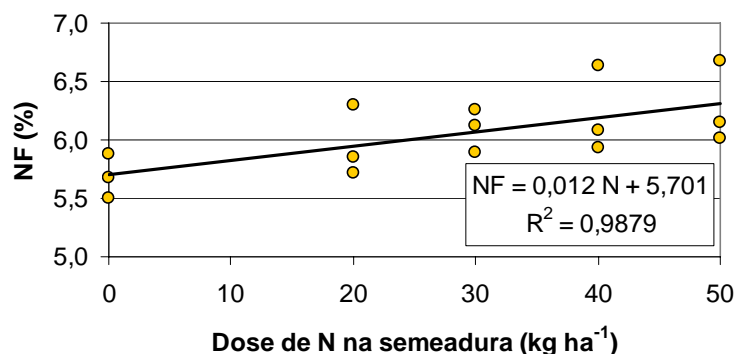


Figura 15. Diagrama de dispersão dos valores NF médios em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelo linear de primeiro grau ajustado para os 19 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 1.

Tabela 13. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores de NF aos 5, 12, 20 e 27 DAE para o experimento 2

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
5 DAE	0,16 ^{ns}	18,88 ^{**}
12 DAE	6,54 [*]	---
20 DAE	0,14 ^{ns}	27,02 ^{**}
27 DAE	0,44 ^{ns}	2,98 ^{ns}

^{**} significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{*} significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para o experimento 2, dentre os modelos lineares de primeiro grau testados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores de NF, somente o modelo referente aos 12 DAE apresentou-se significativo ao nível de 5% de probabilidade no teste para a falta de ajustamento. Os demais modelos referentes aos 5, 20 e 27 DAE indicaram um bom ajuste aos dados. O teste F da regressão foi significativo para os modelos lineares simples ajustados aos 5 e 20 DAE ao nível de significância em que foi realizado o teste.

As Figuras 16 e 17 ilustram, respectivamente, os modelos lineares de primeiro grau ajustados aos 5 e 20 DAE e seus respectivos coeficientes de determinação juntamente com o diagrama de dispersão dos valores de NF médios em função das doses de N aplicadas na sementeira para o experimento 2.

Considerando não significativa a diferença entre as épocas 19 e 20 DAE para os experimentos 1 e 2, respectivamente, o maior valor médio observado de NF (5,63%) para o experimento 2, supera em apenas 0,13% o menor valor

médio observado de NF (5,50%) para o experimento 1. Esse fato reforça a hipótese de superioridade da fertilidade do solo a respeito do elemento N para o experimento 1.

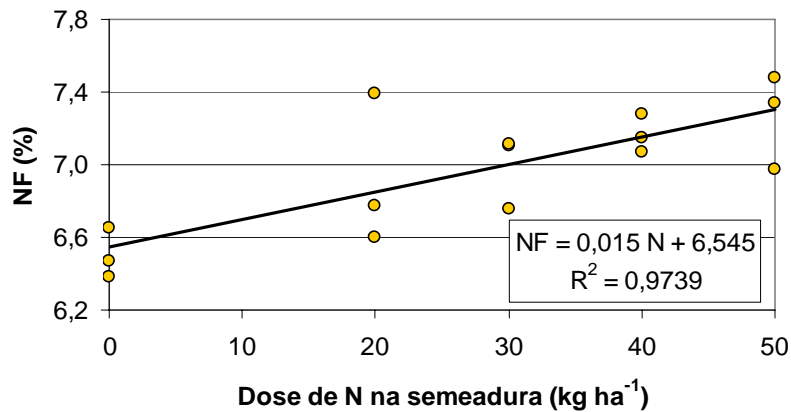


Figura 16. Diagrama de dispersão dos valores NF médios em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelo linear de primeiro grau ajustado para os 5 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

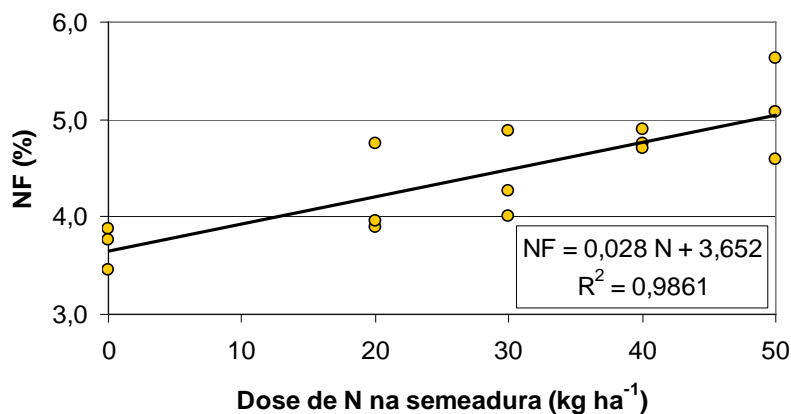


Figura 17. Diagrama de dispersão dos valores NF médios em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelo linear de primeiro grau ajustado para os 20 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

O valor de NF tendeu a aumentar com o aumento da disponibilidade de N no solo. Para os valores SPAD, que apresentam relação com teor de clorofila foliar, essa situação também foi observada.

Como a falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para o modelo linear de primeiro grau ajustado aos 12 DAE, procedeu-se o ajuste de um modelo linear de segundo grau. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento desse

modelo ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores de NF, para o experimento 2, aos 12 DAE são apresentados na Tabela 14. As estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo são apresentados na Tabela 15.

Tabela 14. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear de segundo grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores de NF aos 12 DAE para o experimento 2

Época	Falta de Ajuste	Regressão
12 DAE	1,77 ^{ns}	160,16 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear de segundo grau ajustados aos 12 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e valores de NF, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	3,344	----
X	0,081	6,74 ^{**}
X ²	-7,000 10 ⁻⁴	-2,96 [*]

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

No experimento 2, para o modelo linear de segundo grau ajustado aos 12 DAE, a falta de ajustamento foi não significativa ao nível probabilidade em que foi realizado o teste, indicando um bom ajuste dos dados. O teste F da regressão desse modelo revelou o efeito significativo das doses de N aplicadas sobre os valores de NF, mostrando-se significativo ao nível em que foi realizado o teste. Para esse modelo, todas as estimativas dos coeficientes de regressão foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 18 ilustra o modelo ajustado e seu respectivo coeficiente de determinação juntamente com o diagrama de dispersão dos valores de NF médios em função das doses de N aplicadas na semeadura.

O comportamento quadrático para as variáveis dependentes SPAD e NF em relação à variável independente doses de N aplicadas na semeadura foi observado aos 12 DAE para o experimento 2 (Figuras 11 e 18). Para os dois experimentos estudados, por meio das avaliações dos modelos ilustrados nas Figuras 15, 16, 17 e 18, antes da adubação em cobertura, é possível concluir que a cultura respondeu significativamente às doses de N aplicadas na semeadura.

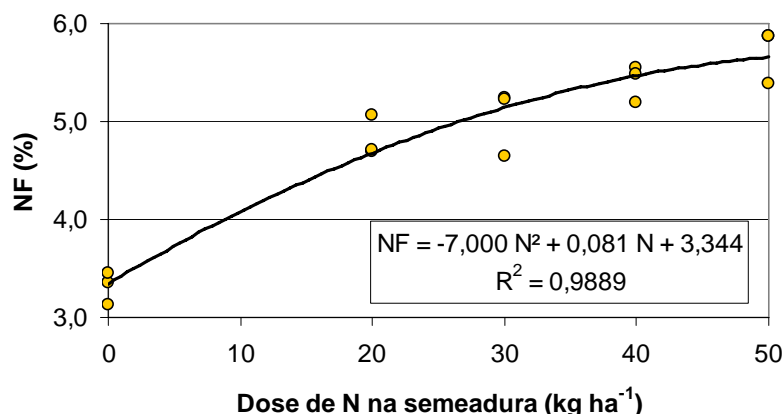


Figura 18. Diagrama de dispersão dos valores NF médios em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelo linear de segundo grau ajustado para os 12 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

4.1.3. Comportamento espectral do dossel do feijoeiro submetido a diferentes doses de nitrogênio aplicadas na sementeira

A reflectância média do dossel em função do comprimento de onda nas diferentes doses de N aplicadas na sementeira e o estágio de desenvolvimento do feijoeiro, para o experimento 1, aos 12, 22 e 26 dias após a emergência (DAE) são ilustrados nas Figuras 19, 20 e 21.

Devido ao aumento da absorção de clorofila, com menor exposição do solo, as curvas espectrais tenderam a diminuir a reflectância com os dias após a emergência na região do visível, principalmente na porção vermelho do espectro (630 a 690 nm). Ao contrário da região do visível, na região do infravermelho próximo, a reflectância tendeu a aumentar com o desenvolvimento da cultura. Esse fato foi devido ao aumento de biomassa ocorrido com a evolução da cultura e conseqüentemente maior cobertura do solo. Na região do infravermelho próximo (760 a 900 nm), a reflectância média do dossel em função do comprimento de onda na dose 20 kg ha⁻¹ de N aplicada na sementeira foi maior para as três épocas estudadas (12, 22 e 26 DAE).

O pico de reflectância que ocorreu próximo aos 550 nm, facilmente observado nas Figuras 20a e 21a, aos 22 e 26 DAE, respectivamente, mostram o padrão característico da vegetação verde. Esse comportamento também foi observado em um trabalho conduzido por Fonseca et al. (2002), caracterizando

a resposta espectral de *Paspalum notatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada.

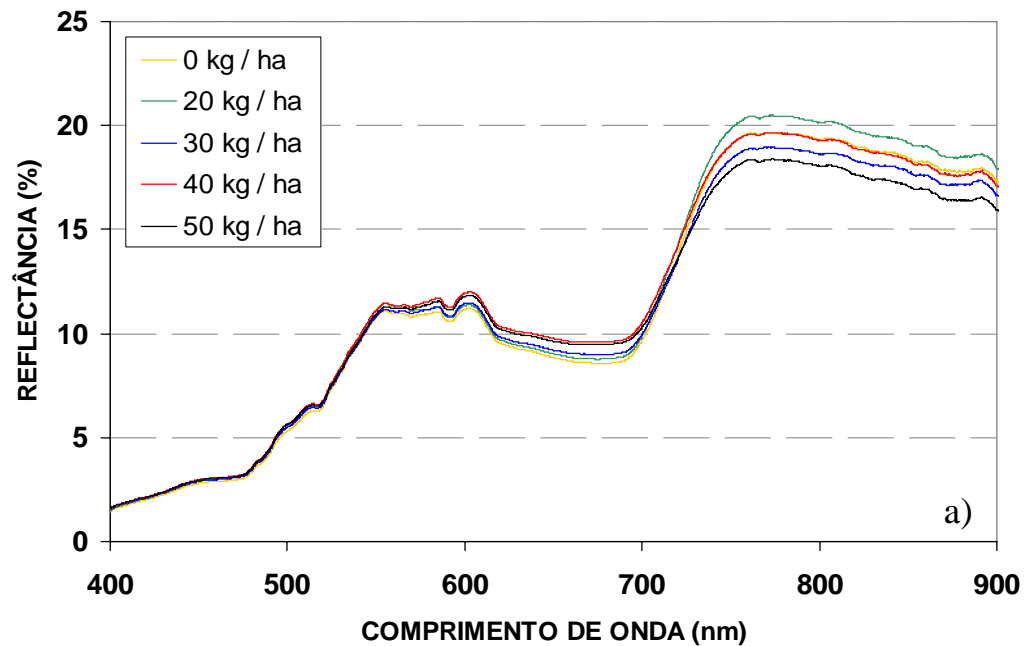


Figura 19. a) Reflectância média do dossel em função do comprimento de onda nas diferentes doses de N aplicadas na semeadura e b) estágio de desenvolvimento do feijoeiro aos 12 DAE para o experimento 1.

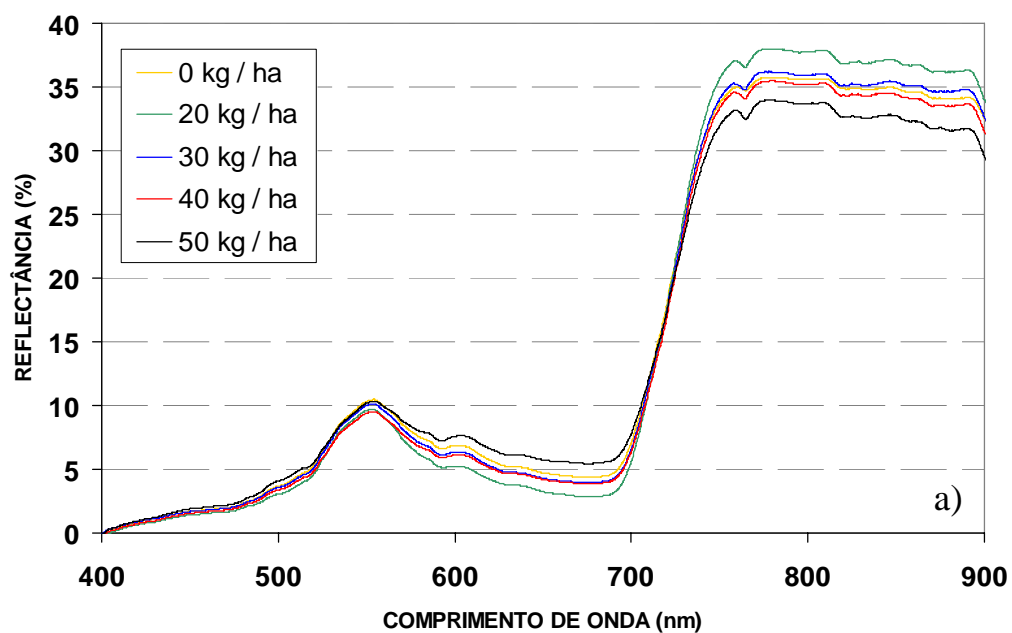


Figura 20. a) Reflectância média do dossel em função do comprimento de onda nas diferentes doses de N aplicadas na semeadura e b) estágio de desenvolvimento do feijoeiro aos 22 DAE para o experimento 1.

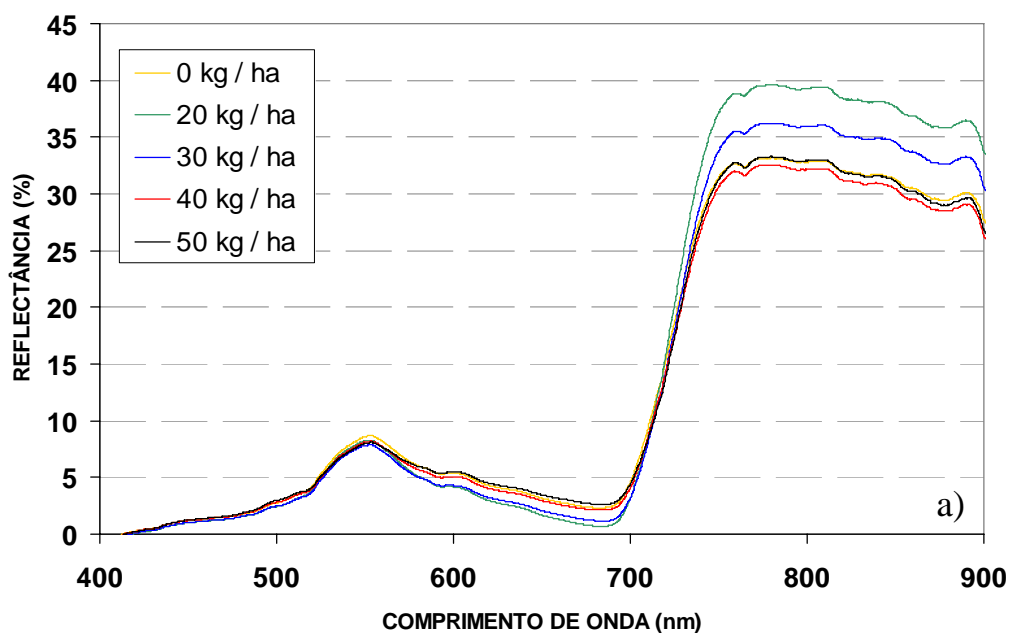


Figura 21. a) Reflectância média do dossel em função do comprimento de onda nas diferentes doses de N aplicadas na sementeira e b) estágio de desenvolvimento do feijoeiro aos 26 DAE para o experimento 1.

A reflectância média do dossel em função do comprimento de onda e o estágio de desenvolvimento do feijoeiro nas diferentes doses de N aplicadas na sementeira, para o experimento 2, aos 6, 21 e 26 dias após a emergência (DAE) são ilustrados nas Figuras 22, 23 e 24.

Assim como para o experimento 1, as curvas espectrais também tenderam a diminuir a reflectância com os dias após a emergência na região do visível, principalmente na porção vermelho do espectro (630 a 690 nm). Esse

fato ocorreu com o possível aumento da atividade fotossintética, aumentando a absorção da clorofila, devido ao aumento do índice de área foliar do dossel.

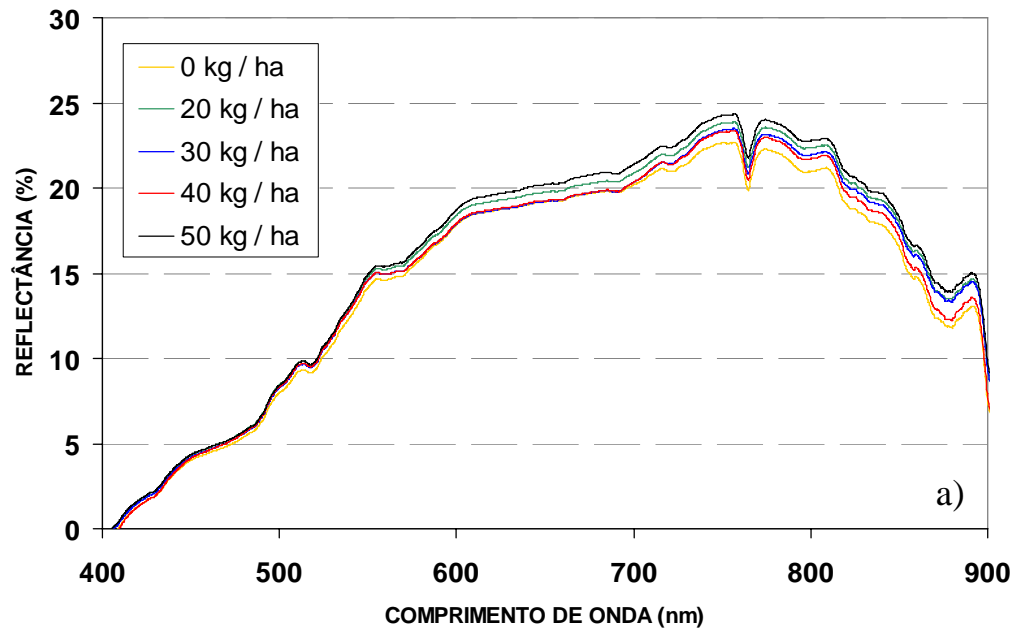


Figura 22. a) Reflectância média do dossel em função do comprimento de onda nas diferentes doses de N aplicadas na semeadura e b) estágio de desenvolvimento do feijoeiro aos 6 DAE para o experimento 2.

Observa-se na Figura 22, que a resposta espectral das parcelas teve influência do solo aos 6 DAE. Esse fato contribuiu para que o comportamento diferenciasse do padrão característico da vegetação verde. Aos 21 e 26 DAE, já se observa uma maior cobertura do solo pelo dossel da cultura. Assim, a reflectância na região do visível, em relação aos 6 DAE, decresceu em função

do desenvolvimento da cultura enquanto na região do infravermelho próximo ela aumentou devido ao aumento de biomassa ocorrido com a evolução da cultura.

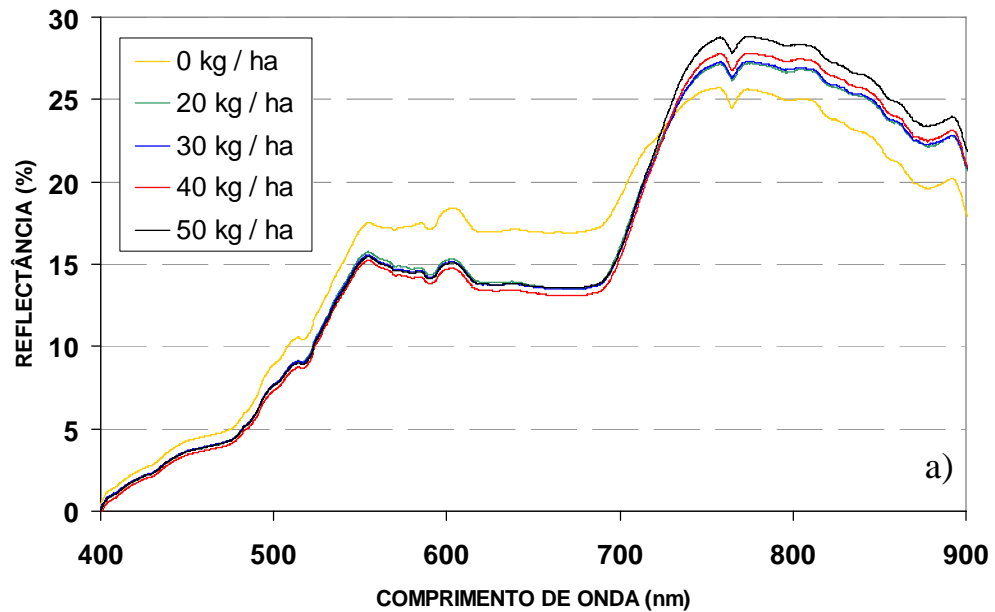


Figura 23. a) Reflectância média do dossel em função do comprimento de onda nas diferentes doses de N aplicadas na sementeira e b) estágio de desenvolvimento do feijoeiro aos 21 DAE para o experimento 2.

Os valores de reflectância na faixa do infravermelho próximo tenderam a aumentar com o aumento da disponibilidade de N no solo. De maneira geral, com o aumento da disponibilidade de N no solo, há um aumento até certo ponto, do vigor da cultura e do índice de área foliar (IAF). Assim, a vegetação

verde saudável é caracterizada por uma alta reflectância, alta transmitância e muito baixa absorbância, na faixa compreendida entre os comprimentos de onda do infravermelho próximo em comparação com os comprimentos de onda visíveis (Hoffer, 1978). Esse comportamento pode ser observado nas Figuras 23 e 24.

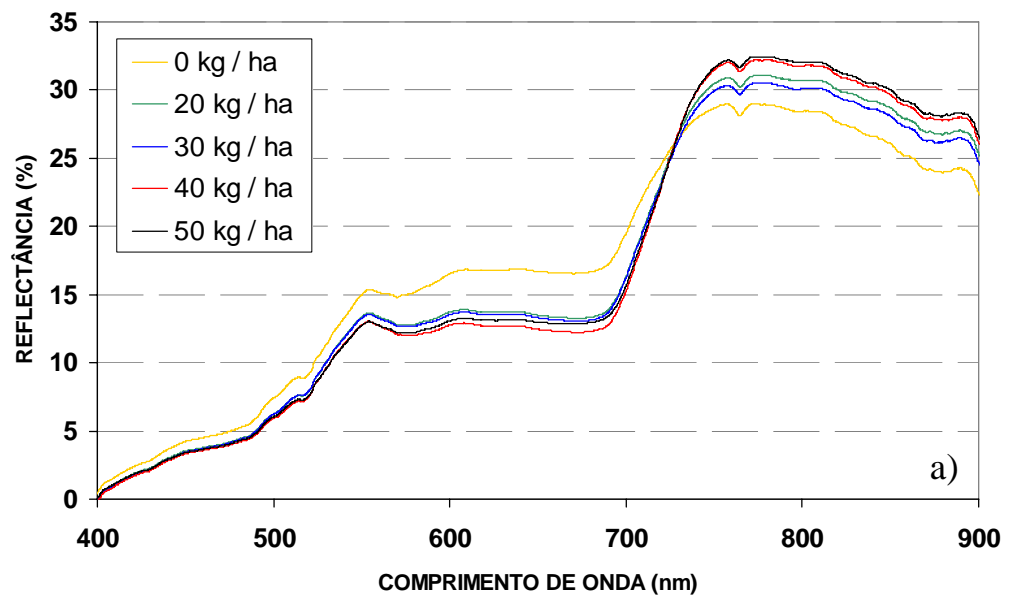


Figura 24. a) Reflectância média do dossel em função do comprimento de onda nas diferentes doses de N aplicadas na sementeira e b) estágio de desenvolvimento do feijoeiro aos 26 DAE para o experimento 2.

Nas Figuras 23a e 24a, pode-se observar que a reflectância média do dossel, na dose zero de N aplicada na sementeira, tendeu a apresentar a maior reflectância na região do visível e a menor na região do infravermelho próximo

em relação às outras doses. No outro extremo, principalmente aos 21 DAE (Figura 23a), a reflectância do dossel na maior dose, 50 kg ha⁻¹ de N aplicada na semeadura, tendeu a possuir, na região do infravermelho próximo, maior reflectância. Visualmente, nas Figuras 23a e 24a, a reflectância do dossel nas doses 20, 30, 40 e 50 kg ha⁻¹, na região do visível, não se diferenciaram entre si.

A nível de planta, a reflectância espectral das folhas sofre alteração quando submetida a efeitos de estresses na região do visível, apresentando-se maior do que as folhas sadias (Ponzoni, 2001). Esse fato pode ser explicado considerando que quando sob estresse, a produção de clorofila é diminuída e, conseqüentemente, as suas folhas terão uma reflectância mais alta, particularmente na porção vermelha do espectro, parecendo amareladas (Hoffer, 1978). A nível de dossel, essas plantas apresentaram um menor índice de área foliar, o que integraliza uma menor atividade da clorofila. Esse comportamento, principalmente para a dose zero foi observado na Figura 23a referente aos dados obtidos aos 21 DAE para o experimento 2.

Comparando os dois experimentos na mesma época, aos 26 DAE, nas Figuras 21b e 24b nota-se visualmente uma maior cobertura do solo pelo dossel do feijoeiro no experimento 1. Esse fato contribuiu para que a reflectância no visível do experimento 1 tendesse a ser menor do que a do experimento 2. Ao se comparar, visualmente, essas duas figuras é possível diferenciar tonalidades de cores entre as parcelas do experimento 2, o que não acontece no experimento 1. Esse fato influenciou diretamente na diferença das curvas de reflectância espectral ilustrados nas Figuras 21a e 24a.

4.1.4. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores médios de índices de vegetação

Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, para o experimento 1, aos 12, 22 e 26 DAE são apresentados na Tabela 16.

Os modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios de todos os índices de vegetação

apresentaram valores não significativos ao nível de 5% no teste F para a falta de ajustamento, indicando um bom ajuste dos dados para todas as datas. O teste F da regressão não foi significativo, ao nível de significância em que foi realizado o teste, para todos os modelos ajustados. Assim, para o experimento 1, em todas as épocas, nenhum índice estabeleceu relação funcional com as doses de N aplicadas na sementeira, antes da adubação em cobertura.

Tabela 16. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI aos 12, 22 e 26 DAE para o experimento 1

Índice de vegetação	12 DAE		22 DAE		26 DAE	
	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão
NDVI	0,37 ^{ns}	4,82 ^{ns}	2,06 ^{ns}	2,74 ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,40 ^{ns}
GNDVI	0,48 ^{ns}	4,28 ^{ns}	2,68 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,94 ^{ns}	0,06 ^{ns}
SAVI _{1,00}	0,52 ^{ns}	3,40 ^{ns}	3,22 ^{ns}	2,62 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,55 ^{ns}
SAVI _{0,50}	0,49 ^{ns}	3,64 ^{ns}	3,05 ^{ns}	2,74 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,54 ^{ns}
SAVI _{0,25}	0,46 ^{ns}	3,92 ^{ns}	2,81 ^{ns}	2,82 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,52 ^{ns}
WDRVI _{0,05}	0,36 ^{ns}	4,96 ^{ns}	1,78 ^{ns}	4,41 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,40 ^{ns}
WDRVI _{0,10}	0,36 ^{ns}	4,93 ^{ns}	1,92 ^{ns}	4,22 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,09 ^{ns}
WDRVI _{0,20}	0,36 ^{ns}	4,91 ^{ns}	2,02 ^{ns}	3,79 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,79 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Como já ressaltado no estudo das variáveis SPAD e NF, o provável efeito residual do elemento N no solo para este experimento pode ter contribuído para mascarar o efeito das doses de N aplicadas na sementeira no desenvolvimento da cultura e conseqüentemente na resposta espectral do dossel. Desta maneira, aos 12, 22 e 26 DAE, com a análise dos modelos ajustados, verificou-se que as doses de N aplicadas na sementeira não tiveram efeitos significativos sobre os valores médios dos índices de vegetação estudados.

Observa-se aos 12, 22 e 26 DAE, no experimento 1, pela análise de variância, que, para os índices SAVI e WDRVI, nas suas diferentes variações, o comportamento dos dados na análise de variância variaram pouco. Assim, as constantes L e a para os índices SAVI e WDRVI, respectivamente, tenderam a não influenciarem os resultados destes índices.

Os resultados do teste F da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, para o experimento 2, aos 6, 21 e 26 DAE são apresentados na Tabela 17.

Aos 6 DAE, os modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios de todos os índices de vegetação apresentaram valores não significativos ao nível de 5% no teste F para a falta de ajustamento. No entanto, o teste F da regressão não foi significativo, ao nível de significância em que foi realizado o teste, para todos os modelos ajustados. Para essa época, a resposta espectral mensurada pelo espectrorradiômetro apresentou domínio do solo (Figura 22b). Esta pode ter sido a principal razão pela qual os modelos ajustados não terem sido significativos, mesmo com uso do índice SAVI, proposto para minimizar o efeito do solo em todas as suas variações (L=1,00, 0,50 e 0,25).

Tabela 17. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI aos 6, 21 e 26 DAE para o experimento 2

Índice de vegetação	6 DAE		21 DAE		26 DAE	
	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão
NDVI	2,30 ^{ns}	3,62 ^{ns}	3,75 ^{ns}	48,88 ^{**}	4,34 [*]	---
GNDVI	2,10 ^{ns}	3,43 ^{ns}	4,85 [*]	---	5,13 [*]	---
SAVI _{1,00}	1,89 ^{ns}	3,12 ^{ns}	3,40 ^{ns}	53,88 ^{**}	3,75 ^{ns}	56,64 ^{**}
SAVI _{0,50}	1,98 ^{ns}	3,26 ^{ns}	3,48 ^{ns}	52,88 ^{**}	3,88 ^{ns}	56,88 ^{**}
SAVI _{0,25}	2,08 ^{ns}	3,35 ^{ns}	3,57 ^{ns}	51,72 ^{**}	4,03 ^{ns}	57,01 ^{**}
WDRVI _{0,05}	1,97 ^{ns}	3,49 ^{ns}	1,70 ^{ns}	27,18 ^{**}	2,05 ^{ns}	29,62 ^{**}
WDRVI _{0,10}	2,02 ^{ns}	3,56 ^{ns}	1,87 ^{ns}	29,15 ^{**}	2,26 ^{ns}	32,46 ^{**}
WDRVI _{0,20}	2,05 ^{ns}	3,53 ^{ns}	2,18 ^{ns}	32,66 ^{**}	2,64 ^{ns}	37,36 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

No teste F para a falta de ajustamento nos modelos de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios dos índices de vegetação, o GNDVI foi o único que se apresentou significativo aos 21 DAE. O teste F da regressão foi significativo para todos os outros modelos

que apresentaram valores não significativos no teste para a falta de ajustamento.

Dessa maneira, procedeu-se o ajuste de um modelo linear de segundo grau para o índice GNDVI, aos 21 DAE. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo são apresentados nas Tabelas 18 e 19, respectivamente. Este modelo não foi considerado adequado, tendo em vista que, mesmo apresentando o teste F não significativo para falta de ajustamento e significativo para o teste F da regressão, as estimativas dos coeficientes de regressão não foram significativas ao nível de probabilidade em que foi realizado o teste (Tabela 19).

Tabela 18. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear de segundo grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios do índice de vegetação GNDVI aos 21 DAE para o experimento 2

Época	Falta de Ajuste	Regressão
21 DAE	0,67 ^{ns}	52,13 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear de segundo grau ajustado aos 21 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios do índice de vegetação GNDVI, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	0,1806	----
X	5,8000 10 ⁻³	1,95 ^{ns}
X ²	-1,0000 10 ⁻⁴	-1,11 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Com exceção do índice de vegetação GNDVI, os demais índices, aos 21 DAE, no experimento 2, os modelos revelaram efeitos significativos dos tratamentos (doses de N aplicadas na semeadura) sobre os valores médios dos índices de vegetação. As Figuras 25, 26 e 27 ilustram, respectivamente, os modelos ajustados dos valores médios dos índices de vegetação NDVI, SAVI e WDRVI em função das doses de N aplicadas na semeadura, para o experimento 2, aos 21 DAE.

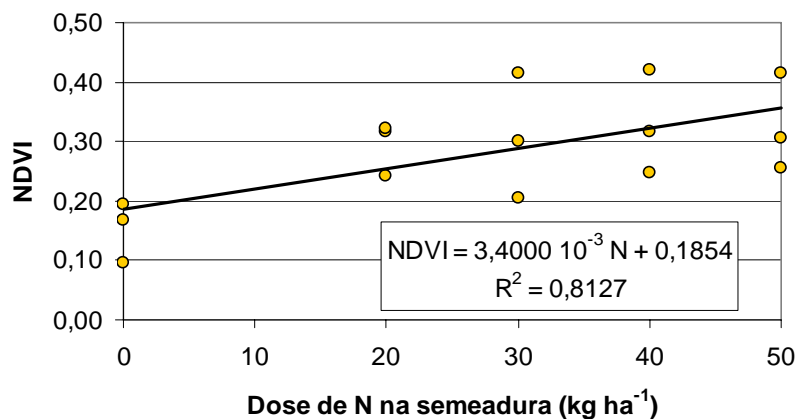


Figura 25. Diagrama de dispersão dos valores médios do índice de vegetação NDVI em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelo linear de primeiro grau ajustado para os 21 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

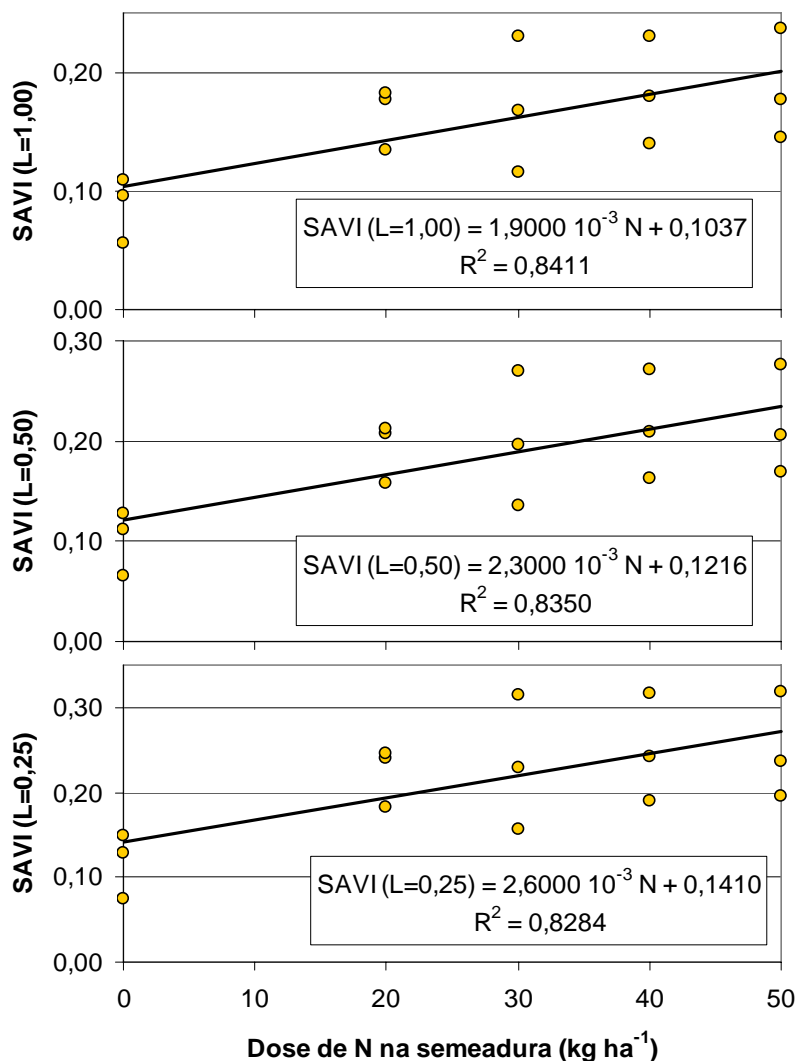


Figura 26. Diagramas de dispersão dos valores médios dos índices de vegetação SAVI com L de valores 1, 0,5 e 0,25 em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelos lineares de primeiro grau ajustado para os 21 DAE e seus respectivos coeficientes de determinação para o experimento 2.

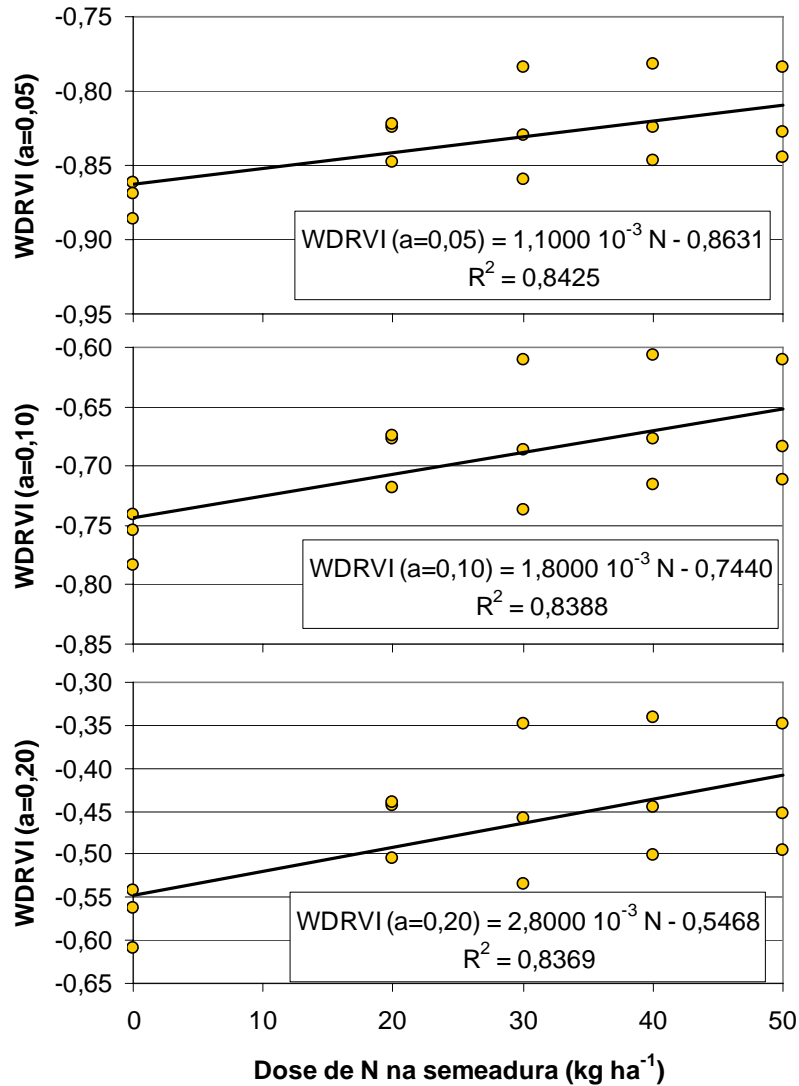


Figura 27. Diagramas de dispersão dos valores médios dos índices de vegetação WDRVI com a de valores 0,05, 0,1 e 0,2 em função das doses de N aplicadas na semente, modelos lineares de primeiro grau ajustado para os 21 DAE e seus respectivos coeficientes de determinação para o experimento 2.

Comparando os índices que são formados pelas mesmas bandas espectrais, aos 21 DAE, para o experimento 2, os modelos de primeiro grau ajustados com os índices SAVI e WDRVI, em todas as suas variações, apresentaram maiores coeficientes de determinação quando comparados com o índice NDVI. Pode-se observar, ainda, uma tendência de aumento dos valores dos coeficientes de determinação com o aumento dos valores dos coeficientes L, para o índice SAVI, e diminuição dos valores dos coeficientes a, para o índice WDRVI. A amplitude total para os valores de NDVI, para essa mesma época e experimento, mesmo ajustando modelo com menor valor de

coeficiente de determinação, apresentou maior do que as amplitudes totais para os valores de SAVI e WDRVI em todas as suas variações.

Aos 26 DAE, para o experimento 2, os modelos de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios dos índices de vegetação SAVI e WDRVI, em todas as suas variações, apresentaram valores não significativos no teste F para a falta de ajustamento e significativos para o teste F da regressão ao nível de 5% de significância (Tabela 17). Nas Figuras 28 e 29 estão ilustrados os modelos lineares ajustados aos 26 DAE e seus respectivos coeficientes de determinação juntamente com o diagrama de dispersão dos valores médios dos índices de vegetação SAVI e WDRVI, respectivamente, com todas as suas variações, em função das doses de N aplicadas na semeadura para o experimento 2.

Analogamente aos modelos ajustados aos 21 DAE (experimento 2), para os índices SAVI e WDRVI, pode-se observar uma tendência de aumento dos valores dos coeficientes de determinação com o aumento dos valores dos coeficientes L, para o índice SAVI, e diminuição dos valores dos coeficientes a, para o índice WDRVI.

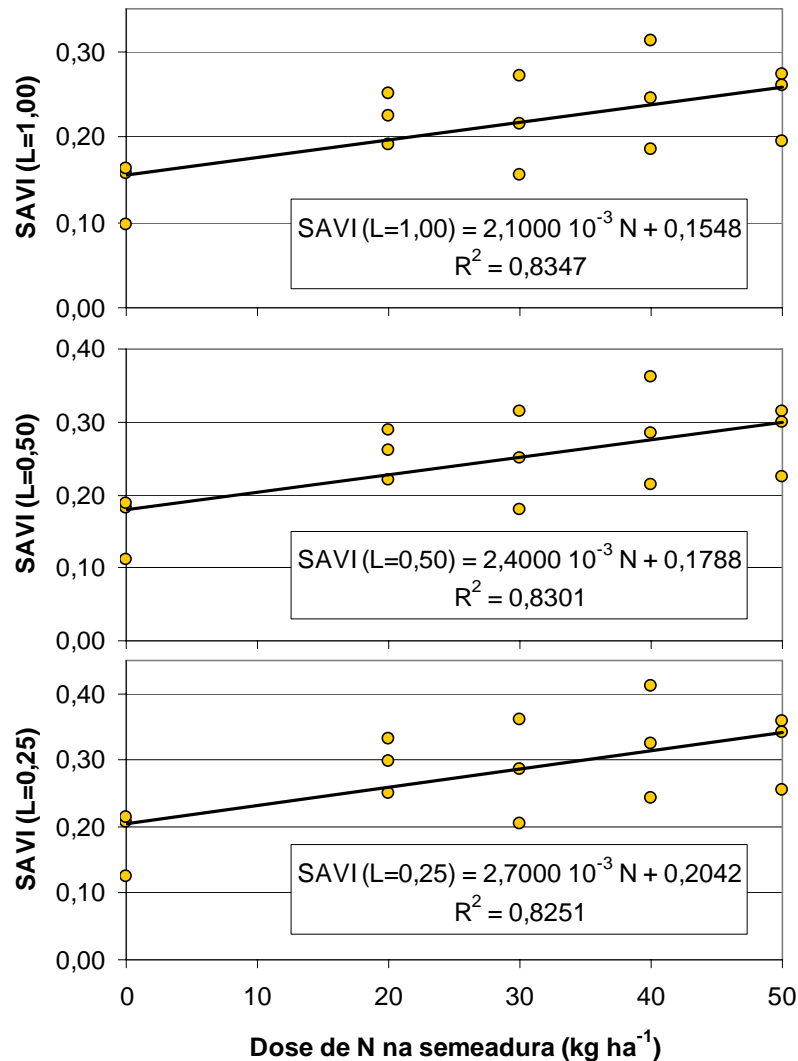


Figura 28. Diagramas de dispersão dos valores médios dos índices de vegetação SAVI com L de valores 1, 0,5 e 0,25 em função das doses de N aplicadas na semente, modelos lineares de primeiro grau ajustado para os 26 DAE e seus respectivos coeficientes de determinação para o experimento 2.

Aos 26 DAE, para o experimento 2, a falta de ajustamento foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para os modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semente e valores médios dos índices de vegetação NDVI e GNDVI. Assim, procedeu-se o ajuste de modelos lineares de segundo grau. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento desses modelos são apresentados na Tabela 20. As estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desses modelos são apresentados na Tabela 21. Os dois modelos ajustados apresentaram no teste F não significativo para falta de ajustamento e significativos para a regressão. Os dois modelos ajustados apresentaram no

teste F não significativo para falta de ajustamento e significativos para a regressão. Entretanto, nenhuma estimativa dos coeficientes de regressão apresentou-se significativa ao nível de 5% de probabilidade.

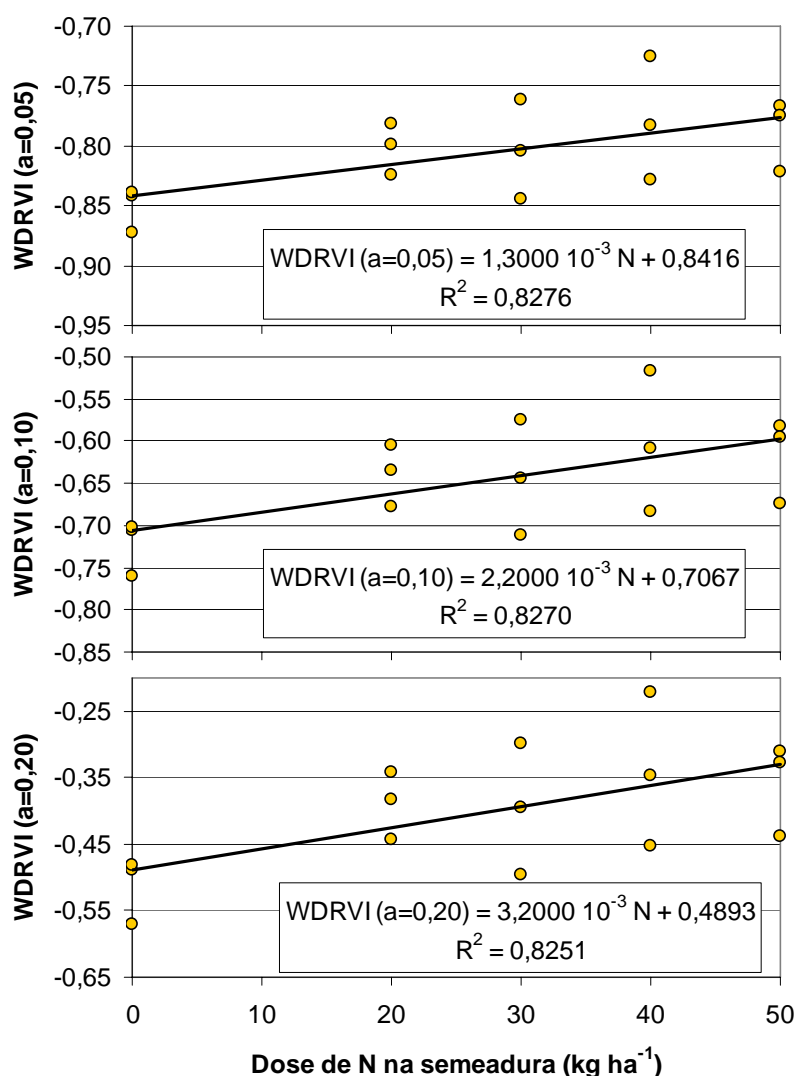


Figura 29. Diagramas de dispersão dos valores médios dos índices de vegetação WDRVI com a de valores 0,05, 0,1 e 0,2 em função das doses de N aplicadas na sementeira, modelos lineares de primeiro grau ajustado para os 26 DAE e seus respectivos coeficientes de determinação para o experimento 2.

Tabela 20. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de segundo grau ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e valores médios dos índices de vegetação NDVI e GNDVI aos 26 DAE para o experimento 2

Índice de vegetação	Falta de Ajuste	Regressão
NDVI	1,92 ^{ns}	34,18 **
GNDVI	2,98 ^{ns}	56,46 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 21. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear de segundo grau ajustados aos 26 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios dos índices de vegetação NDVI e GNDVI, para o experimento 2

Índice de vegetação	Variáveis	Estimativas	t
NDVI	Intercepto	0,2334	----
	X	$7,8000 \cdot 10^{-3}$	2,05 ^{ns}
	X ²	$-1,0000 \cdot 10^{-4}$	-1,20 ^{ns}
GNDVI	Intercepto	0,3106	----
	X	$5,0000 \cdot 10^{-3}$	1,80 ^{ns}
	X ²	$-1,0000 \cdot 10^{-4}$	-0,90 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O índice de vegetação NDVI apresenta valores mais baixos quanto maior foi a presença de solo. Isso acontece porque o NDVI é mais sensível na faixa do vermelho que no infravermelho. A reflectância na faixa do vermelho é aumentada na presença de solo, diminuindo os valores de NDVI já que a faixa do vermelho é subtraído do numerador (Epiphanyo & Huete, 1995). Huete (1988) propôs o índice de vegetação SAVI para amenizar a influência do solo com a adição da constante L. Esse índice foi criado baseando-se no princípio de que a curva de vegetação tende a aproximar-se da curva de solo para baixas densidades de vegetação (L=1), passando por uma mistura de respostas espectrais para densidades médias (L=0,5) e quase nenhuma influência do solo para densidades altas de vegetação (L=0,25). Aos 21 DAE, os modelos ajustados com o índice SAVI apresentaram maiores valores de coeficiente de determinação quando comparado com o modelo ajustado com o índice NDVI. A cobertura proporcionada pelo feijoeiro, nesta época (Figura 23b), pode ter minimizado a influência do solo e a constante L contribuiu para o ajuste de modelos entre doses de N na semeadura e os valores médios do índice de vegetação SAVI.

A cobertura vegetal do feijoeiro (Figura 24b), aos 26 DAE, assim como aos 21 DAE, minimizou a influência do solo e a constante L contribuiu para o ajuste de modelos entre doses de N na semeadura e os valores médios do índice de vegetação SAVI. Nesta data, o índice SAVI ajustou modelos significativos, enquanto que, com o índice NDVI, não foi possível o ajuste de um modelo. Para as duas épocas, 21 e 26 DAE, os maiores valores dos coeficientes de determinação dos modelos ajustados com uso do índice SAVI,

foram obtidos com L de valor um, correspondente ao valor da constante L para baixas densidades de vegetação (Huete, 1988).

Segundo Gitelson (2004), o índice NDVI chega a saturação em condições de biomassa moderada a alta. Isso acontece porque a reflectância na região do vermelho do espectro exibe pouca resposta quando o índice de área foliar (IAF) excede a dois e a reflectância na região do infravermelho próximo continua respondendo significativamente a mudanças na densidade de vegetação com IAF de dois a seis. Entretanto essa alta sensibilidade na região do infravermelho próximo provoca pouco efeito nos valores NDVI quando a reflectância nesta faixa do espectro excede 30%. Para minimizar este efeito, o mesmo autor propôs uma modificação para o índice NDVI colocando um coeficiente na região do infravermelho próximo (WDRVI - Índice de Vegetação de Larga Escala Dinâmica), minimizando o efeito de saturação do índice em condições de biomassa moderada a alta. Pode-se observar na Figura 24a que, aos 26 DAE, para o experimento 2, na região do infravermelho próximo, com exceção da dose zero kg ha⁻¹, todos os valores de reflectância excederam a 30%. A minimização do pouco efeito que essa situação provoca no índice NDVI foi eficiente com uso do índice WDRVI no ajuste de modelos.

Ainda segundo Gitelson (2004), o índice WDRVI possui maior sensibilidade a mudanças no IAF. A mudança no IAF nas diferentes parcelas, provocada pelas diferentes doses de N, promoveu o ajuste de modelos com maiores coeficientes de determinação entre doses de N aplicadas na semeadura e os índices de vegetação WDRVI, quando comparados com os modelos ajustados como índice NDVI.

Quanto mais antecipada for a identificação dos níveis de N, maior a chance de otimização da adubação nitrogenada em cobertura. Segundo Wu et al. (2007), o estágio de desenvolvimento da cultura é de grande importância, pois, se a identificação da deficiência for tardia, essa informação não será útil para corrigir a deficiência no mesmo ciclo de produção. Assim, os modelos lineares ajustados aos 21 DAE, quando comparados aos modelos ajustados aos 26 DAE, anteciparam significativamente em cinco dias, a existência de uma relação funcional entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios de todos os índices de vegetação usados nesse trabalho, com exceção do índice de vegetação GNDVI.

Para o experimento 2, aos 21 DAE, com uso dos valores médios dos índices de vegetação NDVI, SAVI e WDRVI, e aos 26 DAE, com uso dos índices SAVI e WDRVI, foi possível estabelecer relações funcionais entre essas variáveis e as doses de N aplicadas na semeadura. Segundo Li et al. (2008), as doses de N aplicadas são importantes indicadores para identificação do estado do N nas plantas. Esses autores, em um trabalho com trigo, ajustaram modelos entre o N aplicado e índices de vegetação calculados por meio de espectroradiometria. Encontraram relações exponenciais entre o N aplicado e os índices NDVI e GNDVI com coeficientes de determinação de 0,74 e 0,77, respectivamente. No mesmo trabalho relações lineares foram encontradas entre o N aplicado e os índices RVI e GVI (índice de vegetação da razão do vermelho e índice de vegetação da razão do verde). Segundo os autores, esses últimos índices citados são obtidos pela razão entre as bandas do infravermelho próximo e a banda do vermelho e pela razão entre as bandas do infravermelho próximo e a banda do verde, respectivamente. No presente trabalho foram encontradas relações significativas entre N aplicado e os índices de vegetação, com maiores coeficientes de determinação.

4.1.5. Avaliação da relação entre valores médios de índices de vegetação, teor de nitrogênio foliar e valores SPAD

Os valores dos coeficientes de correlação do NF com valores SPAD, em todas as épocas de coleta de dados anteriores à adubação em cobertura para os experimentos 1 e 2 são apresentados na Tabela 22.

No experimento 1, em ambas as épocas analisadas, os coeficientes de correlação apresentaram-se negativos. Mesmo apresentando baixos valores, essa situação é contrária aos princípios do clorofilômetro portátil (SPAD), pois a relação da clorofila com o NF é diretamente proporcional. No experimento 2, aos 12 e 20 DAE, os valores de correlação foram relativamente altos, 0,85 e 0,75, respectivamente. Furlani Júnior et al. (1996) encontraram uma correlação positiva no valor de 0,75 entre as leituras do aparelho SPAD e teores de N nas folhas do feijoeiro, aos 40 DAE. No presente trabalho, a correlação além de ser maior, antecipou a coleta em 28 dias ressaltando a eficiência do aparelho em detectar precocemente o estado nutricional das folhas do feijoeiro a respeito do elemento nitrogênio.

Tabela 22. Coeficientes de correlação entre os teores de NF e os valores SPAD em diferentes épocas de coleta de dados, antes da adubação em cobertura, para os experimentos 1 e 2

Experimentos	Épocas	Coeficiente de correlação
1	19 DAE	-0,34*
	25 DAE	-0,21*
2	05 DAE	0,23*
	12 DAE	0,85*
	20 DAE	0,75*
	27 DAE	0,43*

* correlação significativa a 5% de probabilidade;

Foi realizada a correlação dos índices de vegetação com os valores de NF obtidos na data mais próxima a coleta das imagens. Assim, no experimento 1, os índices de vegetação calculados a partir dos dados radiométricos obtidos aos 22 e 26 DAE, foram correlacionados com os valores de NF coletados aos 19 e 25 DAE, respectivamente (Tabela 23). No experimento 2, os índices de vegetação calculados a partir dos dados radiométricos obtidos aos 6, 21 e 26 DAE, foram correlacionados com os valores de NF coletados aos 5, 20 e 27 DAE, respectivamente (Tabela 24).

Tabela 23. Correlação entre os índices de vegetação e NF, aos 22 e 26 DAE, para o experimento 1

Índices de vegetação	Épocas	
	22 DAE	26 DAE
NDVI	0,13 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
GNDVI	0,41 ^{ns}	-0,35 ^{ns}
SAVI _{1,0}	0,19 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
SAVI _{0,50}	0,18 ^{ns}	-0,26 ^{ns}
SAVI _{0,25}	0,17 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
WRDVI _{0,05}	0,07 ^{ns}	-0,24 ^{ns}
WRDVI _{0,10}	0,09 ^{ns}	-0,20 ^{ns}
WRDVI _{0,20}	0,10 ^{ns}	-0,16 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Ao contrário dos valores SPAD, não foi encontrado coeficiente de correlação significativo para os dois experimentos, em nenhuma época, entre índices de vegetação e NF. Os valores SPAD são obtidos com a média de leituras pontuais nas folhas e os valores de reflectância médio das bandas, que são combinados para formação dos índices de vegetação, são obtidos com a média de uma região circular (1,35 m). Nessa região existem, além de folhas, caules, solos, vagens, palha dentre outros. Essa situação pode ter contribuído

para que a resposta do dossel, por meio de índices de vegetação, não se correlacionasse significativamente com o teor de nitrogênio foliar (NF).

Tabela 24. Correlação entre os índices de vegetação e NF, aos 6, 21 e 26 DAE, para o experimento 2

Índices de vegetação	Épocas		
	6 DAE	21 DAE	26 DAE
NDVI	-0,19 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
GNDVI	-0,25 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
SAVI _{1,0}	-0,20 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
SAVI _{0,50}	-0,20 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
SAVI _{0,25}	-0,20 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
WRDVI _{0,05}	-0,18 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
WRDVI _{0,10}	-0,19 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
WRDVI _{0,20}	-0,19 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,26 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Em um trabalho paralelo na mesma área e em datas próximas, Tormen (2008), com uso de imagens digitais para formação dos mesmos índices usados neste trabalho, não encontrou correlações significativas entre os teores de NF e os índices de vegetação.

Feng et al. (2008) usaram um espectrorradiômetro para analisar a relação entre o teor de nitrogênio foliar (NF) e a reflectância do dossel da cultura de trigo submetidos a diferentes doses de N. Assim como no presente trabalho, os autores, com os resultados, esperavam estabelecer uma base técnica para o acompanhamento do NF em tempo real. Segundo esses mesmos autores, o uso do índice mND705, proposto por Sims e Gamon (2002), pode ser usado como bom indicador para estimar o NF. Esse índice usa a reflectância de dois comprimentos de ondas específicos dentro da faixa infravermelho próximo, aos 750 e 705 nm, e a reflectância centrada na banda do azul, aos 445 nm.

Com uso de espectroradiometria, em um trabalho com algodão submetido a quatro diferentes doses de N, Zhao et al. (2005) avaliaram o potencial das bandas do vermelho e infravermelho próximo, com uso de índices de vegetação, em discriminar o estresse nutricional a respeito do elemento N. Os resultados do trabalho mostraram que o uso das bandas do vermelho e infravermelho próximo, contradizendo a literatura, não são necessariamente os melhores na discriminação do estresse de N. Os mesmos autores ainda afirmam

que dados provenientes do sensoriamento hiperespectral em comparação com os dados multiespectrais, podem oferecer maior precisão na identificação do estágio nutricional a respeito do elemento N.

4.2. Análise dos dados após a adubação em cobertura

4.2.1. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD

A avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD foi feita aos 39 DAE para o experimento 1. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear expresso na Equação 8 ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores SPAD aos 39 DAE, para o experimento 1, são apresentados na Tabela 25. Os resultados das estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo são apresentados na Tabela 26.

Tabela 25. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD aos 39 DAE para o experimento 1

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
39 DAE	0,73 ^{ns}	9,63 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 26. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado aos 39 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD, para o experimento 1

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	47,6	----
X ₁	4,4 10 ⁻²	1,79 ^{ns}
X ₂	1,5 10 ⁻²	0,85 ^{ns}
X ₁ X ₂	4,0 10 ⁻⁴	0,83 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A existência da relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores SPAD foram comprovadas na Tabela 25, pois apresentaram não significância do teste F para falta de ajustamento e significância no teste F para regressão ao nível de significância em que foi

realizado o teste. Mesmo com essa relação significativa, os dados expostos na Tabela 26 indicam que nenhum dos fatores e a interação entre eles tiveram efeitos significativos. O possível efeito residual a respeito do elemento N, discutido anteriormente, pode ter influenciado no comportamento dos fatores doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e no efeito da interação entre eles. A resposta do feijoeiro ao N foi também influenciada pelos resíduos de cultura deixados na superfície por cultivos anteriores em um trabalho conduzido por Barbosa Filho et al. (2005).

Para o experimento 2, a avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicados na semeadura e em cobertura e valores SPAD foi feita aos 35 e 57 DAE. Na Tabela 27 são apresentados os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear expresso na Equação 8 ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD aos 35 e 57 DAE desse experimento. As estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desses modelos são apresentados na Tabela 28.

Tabela 27. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD aos 35 e 57 DAE para o experimento 2

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
35 DAE	0,88 ^{ns}	51,67 ^{**}
57 DAE	1,40 ^{ns}	21,64 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 28. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão dos modelos lineares ajustados aos 35 e 57 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD, para o experimento 2

Épocas	Variáveis	Estimativas	t
35 DAE	Intercepto	31,9	----
	X ₁	0,2	8,01 ^{**}
	X ₂	7,5 10 ⁻²	4,78 ^{**}
	X ₁ X ₂	-1,1 10 ⁻³	-2,23 [*]
57 DAE	Intercepto	33,2	----
	X ₁	-4,2 10 ⁻³	-0,13 ^{ns}
	X ₂	7,1 10 ⁻²	3,17 ^{**}
	X ₁ X ₂	8,0 10 ⁻⁴	1,10 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme a metodologia proposta, o modelo ajustado aos 35 DAE satisfaz os critérios para adoção de modelos. Os efeitos das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e a interação entre esses fatores foram significativos ao nível de 5%. Assim, o efeito da dose de N aplicada em cobertura depende da dose de N aplicada na semeadura. A superfície de resposta desse modelo é apresentada na Figura 30.

A Figura 30 ilustra o comportamento dos valores SPAD em função das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura. Assim, quanto maiores foram as doses aplicadas na semeadura e em cobertura, maiores foram os valores SPAD. Em um experimento com milho, Blackmer e Schepers (1995) também verificaram que o uso do clorofilômetro portátil foi capaz de distinguir os diferentes tratamentos de fertilizantes nitrogenados que resultaram em diferentes rendimentos de grãos.

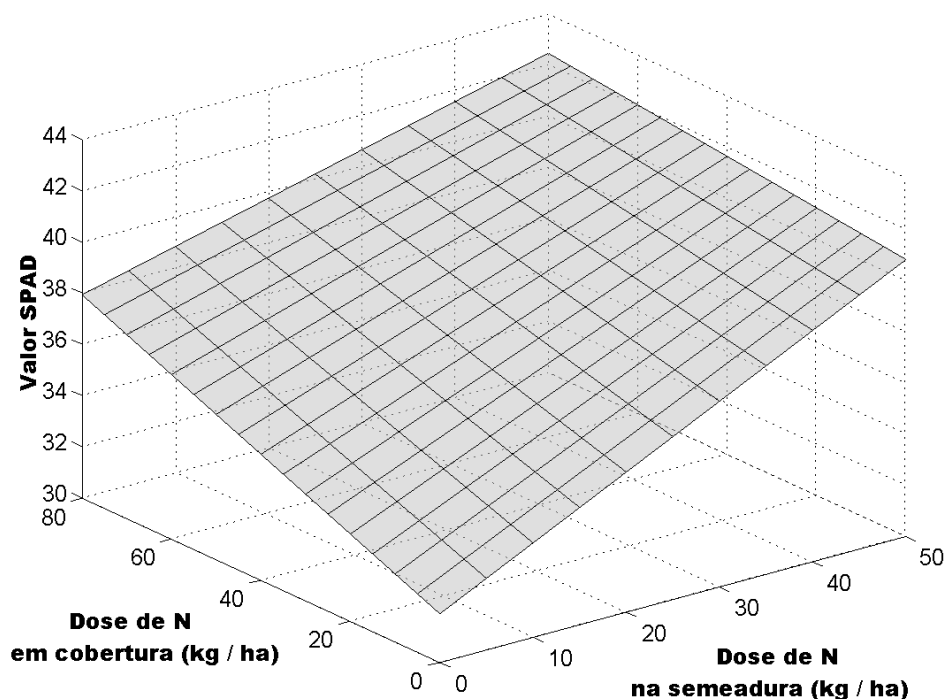


Figura 30. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 35 DAE dos valores SPAD em função das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o experimento 2.

Mesmo satisfeitos os critérios de adoção de modelos, falta de ajustamento não significativa e regressão significativa, aos 57 DAE, somente o efeito das doses de N aplicadas em cobertura (X_2) foi significativo. O tempo decorrido entre a adubação de N na semeadura e a época de avaliação em

questão, pode ter sido suficiente para que as plantas não expressassem em suas folhas os efeitos dessa aplicação. Esse pode ter sido o principal motivo pelo qual só o efeito das doses de N aplicadas em cobertura foi significativo. Assim, um novo modelo foi ajustado (Equação 8) somente com uso das variáveis intercepto e X_2 . Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo são apresentados nas Tabela 29 e 30, respectivamente.

Tabela 29. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas em cobertura e valores SPAD médios, aos 57 DAE, para o experimento 2

Falta de Ajuste	Regressão
1,41 ^{ns}	61,76 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 30. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas em cobertura e valores SPAD médios, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	33,1	----
X_2	$9,3 \cdot 10^{-2}$	7,86 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O modelo ajustado aos 57 DAE satisfaz os critérios para adoção de modelos e revelou efeito significativo das doses de N aplicadas em cobertura ao nível de 5%. A Figura 31 ilustra o diagrama de dispersão e o modelo ajustado dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas em cobertura, para o experimento 2, aos 57 DAE. Na Figura 31, são observados cinco valores para cada dose de N aplicada em cobertura que representam a média dos níveis de N aplicados na sementeira. Pelo comportamento dos dados ilustrados nessa figura, visualmente é possível identificar que o efeito das doses de N aplicadas na sementeira (X_1) não tiveram influência no comportamento dos dados.

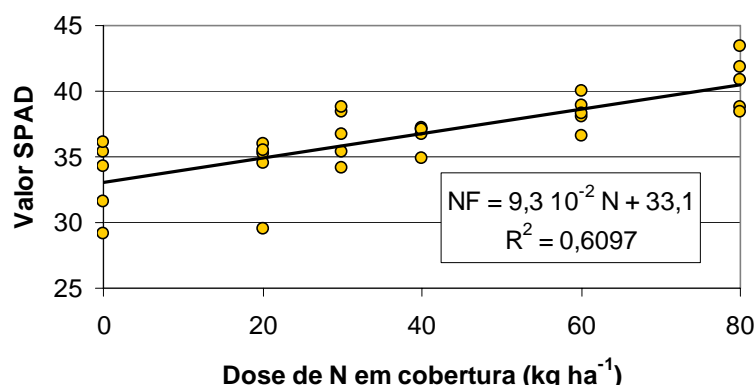


Figura 31. Diagrama de dispersão dos valores SPAD médios em função das doses de N aplicadas em cobertura, modelo linear ajustado para os 57 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

4.2.2. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e teor de nitrogênio foliar

Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear expresso na Equação 8 ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF aos 39 DAE, para o experimento 1, são apresentados na Tabela 31. Na Tabela 32 são apresentadas as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo.

Tabela 31. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores de NF aos 39 DAE para o experimento 1

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
39 DAE	1,25 ^{ns}	3,20 *

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 32. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado aos 39 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores de NF, para o experimento 1

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	5,395	----
X ₁	2,000 10 ⁻⁴	0,04 ^{ns}
X ₂	-4,700 10 ⁻³	-1,09 ^{ns}
X ₁ X ₂	2,000 10 ⁻⁴	1,68 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Da mesma maneira que para os valores SPAD, para essa mesma época, a existência da relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF foram comprovadas na Tabela 31, pois foram satisfeitos os critérios de adoção de modelos. Desse modelo, ao nível de 5% de probabilidade, não foi revelado nenhum efeito significativo dos fatores e da interação entre eles (Tabela 32). A justificativa desse comportamento, nesse experimento, é que a possibilidade do efeito residual do elemento N, pode ter influenciado no efeito dos fatores doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura.

Para o experimento 2, os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear expresso na Equação 8 ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF aos 35 e 57 DAE são apresentados na Tabela 33. As estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão e os erros padrões desses modelos são apresentados na Tabela 34.

Tabela 33. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares de primeiro grau ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores de NF aos 35 e 57 DAE para o experimento 2

Épocas	Falta de Ajuste	Regressão
35 DAE	0,76 ^{ns}	7,85 ^{**}
57 DAE	1,03 ^{ns}	5,35 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 34. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão dos modelos lineares ajustados aos 35 e 57 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores de NF, para o experimento 2

Épocas	Variáveis	Estimativas	t
35 DAE	Intercepto	3,713	----
	X ₁	6,000 10 ⁻⁴	0,10 ^{ns}
	X ₂	4,600 10 ⁻³	1,02 ^{ns}
	X ₁ X ₂	2,000 10 ⁻⁴	1,34 ^{ns}
57 DAE	Intercepto	2,050	----
	X ₁	8,100 10 ⁻³	2,15 [*]
	X ₂	8,600 10 ⁻³	3,23 ^{**}
	X ₁ X ₂	-1,000 10 ⁻⁴	-1,71 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Diferente da avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD, aos 35 DAE, no experimento 2, para a variável NF, não foi revelado nenhum efeito significativo dos fatores e da interação entre eles, mesmo com a não significância do teste F para falta de ajustamento e significância no teste F para regressão ao nível de 5 % de probabilidade (Tabelas 33 e 34).

A existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF para os dados obtidos aos 57 DAE, para o experimento 2, foram comprovadas na Tabela 33, pois foram satisfeitos os critérios de adoção de modelos. Desse modelo, apenas não foi revelado o efeito significativo da interação entre os fatores doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura (Tabela 34). Foi ajustado um novo modelo (Equação 8) sem uso da variável interação. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo são apresentados nas Tabelas 35 e 36, respectivamente.

Tabela 35. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, sem uso da variável interação, aos 57 DAE, para o experimento 2

Falta de Ajuste	Regressão
1,10 ^{ns}	6,57 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 36. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	2,199	----
X ₁	2,700 10 ⁻³	1,30 ^{ns}
X ₂	4,700 10 ⁻³	3,38 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 57 DAE, somente o efeito das doses de N aplicadas em cobertura (X₂) foi significativo, na avaliação feita entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF (Tabelas 35 e 36). Desta maneira, foi ajustado

um novo modelo (Equação 8) somente com uso das variáveis intercepto e X_2 . Nas Tabelas 37 e 38 são apresentados, respectivamente, os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo.

Tabela 37. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas em cobertura e NF, aos 57 DAE, para o experimento 2

Falta de Ajuste	Regressão
1,12 ^{ns}	11,46 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 38. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas em cobertura e NF, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	2,276	----
X_2	$4,700 \cdot 10^{-3}$	3,38 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O modelo ajustado aos 57 DAE satisfaz os critérios para adoção de modelos e revelou efeito significativo das doses de N aplicadas em cobertura ao nível de 5% de probabilidade (Tabelas 37 e 38). O diagrama de dispersão e o modelo ajustado dos valores de NF em função das doses de N aplicadas em cobertura, aos 57 DAE, para o experimento 2, é ilustrado na Figura 32. Mesmo satisfazendo todos os critérios de adoção de modelos, para essa época, o modelo ajustado apresentou um baixo valor de coeficiente de determinação (0,2682). Assim, a existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas em cobertura e NF para os dados obtidos aos 57 DAE, não foi considerada satisfatória.

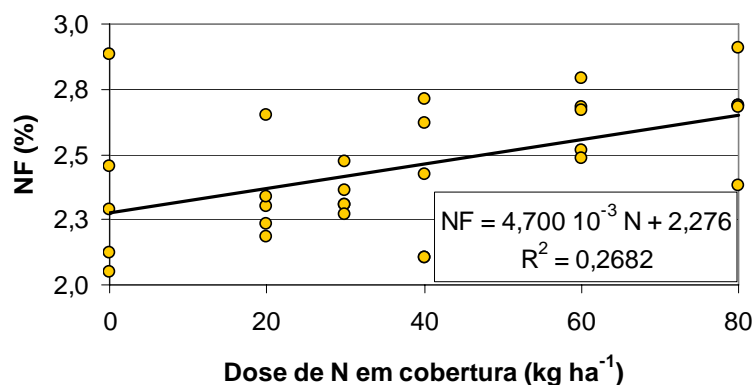


Figura 32. Diagrama de dispersão dos valores NF em função das doses de N aplicadas em cobertura, modelo linear ajustado para os 57 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 2.

4.2.3. Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e índices de vegetação

A avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI foi realizada aos 46, 53, 62 e 81 DAE para o experimento 1 e aos 50, 56 e 69 para o experimento 2. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares expresso na Equação 8 ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, aos 46 e 53 DAE são apresentados na Tabela 39, para o experimento 1.

Tabela 39. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI aos 46 e 53 DAE para o experimento 1

Índice de vegetação	46 DAE		53 DAE	
	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão
NDVI	1,40 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,34 ^{ns}
GNDVI	2,25 ^{**}	---	0,97 ^{ns}	11,24 ^{**}
SAVI _{1,00}	1,14 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,86 ^{ns}	3,63 [*]
SAVI _{0,50}	1,15 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,85 ^{ns}	3,67 [*]
SAVI _{0,25}	1,19 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,83 ^{ns}	3,64 [*]
WDRVI _{0,05}	1,49 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,42 ^{ns}
WDRVI _{0,10}	1,46 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,37 ^{ns}
WDRVI _{0,20}	1,43 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,35 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 46 e 53 DAE, para o experimento 1, os modelos lineares ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, SAVI e WDRVI apresentaram valores não significativos ao nível de 5% no teste F para a falta de ajustamento, indicando um bom ajuste do modelo expresso na Equação 8. O teste F da regressão desses modelos não foi significativo ao nível em que foi realizado o teste.

Como o teste para falta de ajustamento foi significativo para o modelo ajustado com o índice de vegetação GNDVI, aos 46 DAE, procedeu-se o ajuste de um novo modelo linear, expresso na Equação 9. Esse modelo apresentou valor de 1,80 no teste F para a falta de ajustamento da análise de variância da regressão. Esse valor foi significativo ao nível de 5%, indicando que o modelo não se ajusta bem aos dados. Assim, pode-se concluir que, para o experimento 1, aos 46 DAE, não foi verificada a existência de relações funcionais entre as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores médios dos índices de vegetação e modelos propostos.

Os índices de vegetação GNDVI e SAVI em todas as suas variações, aos 53 DAE, satisfizeram os critérios de seleção de modelos. Na Tabela 40 são apresentadas as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desses modelos.

Mesmo com o teste F para a falta de ajustamento não significativa e regressão significativa, somente o efeito das doses de N aplicadas em cobertura (X_2) foi significativo para o índice GNDVI e para o índice SAVI, nenhum efeito, para todas as variações, foram significativos. Assim, para o índice de vegetação GNDVI, aos 53 DAE, para o experimento 1, foram eliminadas as variáveis X_1 e $X_1 X_2$ e foi ajustado um novo modelo (Equação 8) somente com uso das variáveis intercepto e X_2 . Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo são apresentados nas Tabelas 41 e 42, respectivamente.

Tabela 40. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo ajustado aos 53 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação GNDVI e SAVI para o experimento 1

Índices	Variáveis	Estimativas	t
GNDVI	Intercepto	0,7899	----
	X ₁	3,0000 10 ⁻⁴	1,98 ^{ns}
	X ₂	3,0000 10 ⁻⁴	2,43 *
	X ₁ X ₂	1,0000 10 ⁻⁵	-0,01 ^{ns}
SAVI _{1,00}	Intercepto	0,7043	----
	X ₁	-5,0000 10 ⁻⁴	-1,07 ^{ns}
	X ₂	-1,0000 10 ⁻⁴	-0,34 ^{ns}
	X ₁ X ₂	2,0000 10 ⁻⁵	1,94 ^{ns}
SAVI _{0,50}	Intercepto	0,7713	----
	X ₁	-4,0000 10 ⁻⁴	-1,09 ^{ns}
	X ₂	-1,0000 10 ⁻⁴	-0,33 ^{ns}
	X ₁ X ₂	2,0000 10 ⁻⁵	1,95 ^{ns}
SAVI _{0,25}	Intercepto	0,8351	----
	X ₁	-3,0000 10 ⁻⁴	-1,09 ^{ns}
	X ₂	-1,0000 10 ⁻⁴	-0,33 ^{ns}
	X ₁ X ₂	1,0000 10 ⁻⁵	1,93 ^{ns}

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 41. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas em cobertura e valores médios do índice de vegetação GNDVI, aos 53 DAE, para o experimento 1

Falta de Ajuste	Regressão
1,34 ^{ns}	21,82 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 42. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado aos 53 DAE entre doses de N aplicadas em cobertura e valores médios do índice de vegetação GNDVI, para o experimento 1

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	0,7978	----
X ₂	2,0000 10 ⁻⁴	4,63 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Com uso do índice GNDVI, todos os critérios de adoção de modelos foram satisfeitos aos 53 DAE, para o experimento 1. A Figura 33 ilustra o diagrama de dispersão e o modelo ajustado dos valores médios do índice GNDVI em função das doses de N aplicadas em cobertura, para essa data e experimento. Mesmo satisfeitos todos os critérios de adoção de modelos, com

o baixo coeficiente de determinação apresentado, não foi considerada satisfatória a existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas em cobertura e o índice de vegetação em questão.

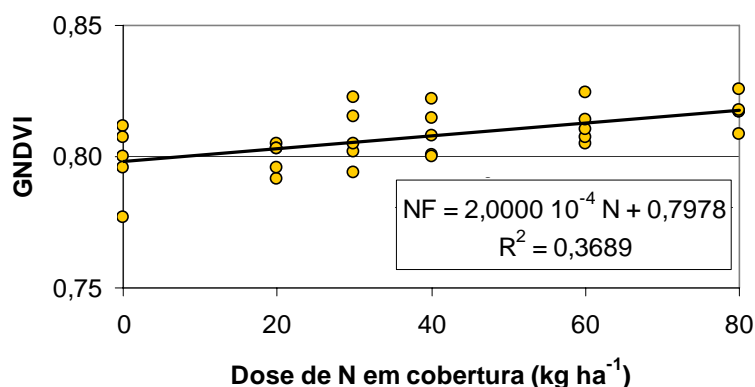


Figura 33. Diagrama de dispersão dos valores médios do índice de vegetação GNDVI em função das doses de N aplicadas em cobertura, modelo linear ajustado para os 53 DAE e seu respectivo coeficiente de determinação para o experimento 1.

Na Tabela 43 são apresentados os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares expresso na Equação 8 ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, aos 62 e 81 DAE, para o experimento 1.

Tabela 43. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRV aos 62 e 81 DAE para o experimento 1

Índice de vegetação	62 DAE		81 DAE	
	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão
NDVI	1,24 ^{ns}	3,79 *	1,32 ^{ns}	3,88 *
GNDVI	1,28 ^{ns}	7,44 **	1,19 ^{ns}	2,47 ^{ns}
SAVI _{1,00}	0,95 ^{ns}	3,85 *	1,16 ^{ns}	3,82 *
SAVI _{0,50}	0,97 ^{ns}	3,96 *	1,20 ^{ns}	3,92 *
SAVI _{0,25}	1,00 ^{ns}	4,08 *	1,24 ^{ns}	4,03 *
WDRVI _{0,05}	1,44 ^{ns}	5,99 **	1,59 ^{ns}	6,44 **
WDRVI _{0,10}	1,37 ^{ns}	5,18 **	1,58 ^{ns}	6,30 **
WDRVI _{0,20}	1,31 ^{ns}	4,53 **	1,54 ^{ns}	5,85 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 62 DAE, para o experimento 1, todos os modelos analisados satisfizeram os critérios de adoção de modelos, ou seja, falta de ajustamento não significativa e regressão significativa, ao nível de probabilidade em que foram realizados os testes. Porém, em nenhum deles foi revelado efeitos significativos das doses de N aplicadas na sementeira (X_1), doses de N aplicadas em cobertura (X_2) e a interação entre eles ($X_1 X_2$). Assim como aos 62 DAE, para o experimento 1, com exceção do modelo ajustado com uso do índice GNDVI, que apresentou valor não significativo na análise para a regressão, todos os modelos analisados satisfizeram os critérios de adoção de modelos. Em nenhum desses modelos foi revelado efeitos significativos dos fatores (X_1 , X_2) e a interação entre eles. As estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, SAVI e WDRVI, para o experimento 1, aos 62 e 81 DAE são apresentadas na Tabela 44.

Aos 81 DAE, a cultura se encontrava na etapa R9 da fase reprodutiva, antes da colheita, marcada pela descoloração das vagens, amarelecimento e queda das folhas. Nessa etapa, os grãos se encontravam próximos à maturação fisiológica e a ligação da planta com a raiz, apenas possuiu função de sustentação. Portanto, os níveis de N aplicados na sementeira e em cobertura nessa etapa de desenvolvimento do feijoeiro, não influenciaram na resposta espectral do dossel da cultura. Esse motivo pode ter contribuído para que a relação entre doses de nitrogênio aplicadas na sementeira e em cobertura e valores de reflectância não fosse significativa. Assim, a avaliação supracitada, para essa época, não foi considerada relevante.

Em todas as épocas, para o experimento 1, após a adubação em cobertura, não foi verificada a existência de uma relação funcional entre as doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e os índices de vegetação analisados. O provável efeito residual do elemento nitrogênio no solo, pode ser o principal efeito da não observância da existência da relação índices e doses de N na sementeira e em cobertura.

Tabela 44. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo ajustado aos 62 e 81 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, para o experimento 1

Índices de vegetação	Variáveis	62 DAE		81 DAE	
		Estimativas	t	Estimativas	t
NDVI	Intercepto	0,8882	----	0,2065	----
	X ₁	-3,0000 10 ⁻⁴	-0,69 ^{ns}	6,0000 10 ⁻⁴	0,25 ^{ns}
	X ₂	1,0000 10 ⁻⁴	0,39 ^{ns}	2,6000 10 ⁻³	1,49 ^{ns}
	X ₁ X ₂	1,0000 10 ⁻⁵	1,37 ^{ns}	1,0000 10 ⁻⁵	1,37 ^{ns}
GNDVI	Intercepto	0,6554	----	----	----
	X ₁	-1,0000 10 ⁻⁴	-0,15 ^{ns}	----	----
	X ₂	5,0000 10 ⁻⁴	1,12 ^{ns}	----	----
	X ₁ X ₂	2,0000 10 ⁻⁵	1,29 ^{ns}	----	----
SAVI _{1,00}	Intercepto	0,5426	----	5,3700 10 ⁻²	----
	X ₁	-6,0000 10 ⁻⁴	-0,72 ^{ns}	9,0000 10 ⁻⁴	0,83 ^{ns}
	X ₂	4,0000 10 ⁻⁴	0,57 ^{ns}	1,3000 10 ⁻³	1,75 ^{ns}
	X ₁ X ₂	2,0000 10 ⁻⁵	1,26 ^{ns}	-3,0000 10 ⁻⁶	-0,14 ^{ns}
SAVI _{0,50}	Intercepto	0,6221	----	7,1500 10 ⁻²	----
	X ₁	-6,0000 10 ⁻⁴	-0,77 ^{ns}	1,0000 10 ⁻³	0,74 ^{ns}
	X ₂	3,0000 10 ⁻⁴	0,54 ^{ns}	1,6000 10 ⁻³	1,67 ^{ns}
	X ₁ X ₂	2,0000 10 ⁻⁵	1,30 ^{ns}	-3,0000 10 ⁻⁶	-0,11 ^{ns}
SAVI _{0,25}	Intercepto	0,7059	----	9,7400 10 ⁻²	----
	X ₁	-6,0000 10 ⁻⁴	-0,83 ^{ns}	1,1000 10 ⁻³	0,70 ^{ns}
	X ₂	3,0000 10 ⁻⁴	0,40 ^{ns}	2,0000 10 ⁻³	1,78 ^{ns}
	X ₁ X ₂	2,0000 10 ⁻⁵	1,35 ^{ns}	-2,0000 10 ⁻⁶	0,07 ^{ns}
WDRVI _{0,05}	Intercepto	-7,4200 10 ⁻²	----	-0,8613	----
	X ₁	-7,0000 10 ⁻⁴	-0,40 ^{ns}	5,3000 10 ⁻⁴	0,43 ^{ns}
	X ₂	1,0000 10 ⁻³	0,81 ^{ns}	1,3000 10 ⁻³	1,47 ^{ns}
	X ₁ X ₂	5,0000 10 ⁻⁵	1,37 ^{ns}	2,0000 10 ⁻⁵	0,70 ^{ns}
WDRVI _{0,10}	Intercepto	0,2628	----	-0,7385	----
	X ₁	-9,0000 10 ⁻⁴	-0,50 ^{ns}	9,0000 10 ⁻⁴	0,49 ^{ns}
	X ₂	8,0000 10 ⁻⁴	0,67 ^{ns}	2,1000 10 ⁻³	1,65 ^{ns}
	X ₁ X ₂	5,0000 10 ⁻⁵	1,37 ^{ns}	2,0000 10 ⁻⁵	0,52 ^{ns}
WDRVI _{0,20}	Intercepto	0,5461	----	-0,5332	----
	X ₁	-8,0000 10 ⁻⁴	-0,59 ^{ns}	1,2000 10 ⁻³	0,48 ^{ns}
	X ₂	5,0000 10 ⁻⁴	0,53 ^{ns}	2,9000 10 ⁻³	1,75 ^{ns}
	X ₁ X ₂	4,0000 10 ⁻⁵	1,38 ^{ns}	2,0000 10 ⁻⁵	0,35 ^{ns}

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para o experimento 2, que foi conduzido na safra de inverno, entre os meses de agosto e novembro do ano 2007, a avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI foi realizada aos 50, 56 e 69 DAE. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares expresso na Equação 8 ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios

dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, aos 50, 56 e 69 DAE, para esse experimento, são apresentados na Tabela 45.

Tabela 45. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI aos 50, 56 e 69 DAE para o experimento 2

Índice de vegetação	50 DAE		56 DAE		69 DAE	
	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão
NDVI	1,18 ^{ns}	42,12 ^{**}	1,04 ^{ns}	39,52 ^{**}	0,69 ^{ns}	13,33 ^{**}
GNDVI	1,11 ^{ns}	48,58 ^{**}	0,98 ^{ns}	42,92 ^{**}	0,76 ^{ns}	11,15 ^{**}
SAVI _{1,00}	1,52 ^{ns}	48,40 ^{**}	1,20 ^{ns}	45,57 ^{**}	0,62 ^{ns}	13,68 ^{**}
SAVI _{0,50}	1,45 ^{ns}	48,25 ^{**}	1,18 ^{ns}	46,05 ^{**}	0,63 ^{ns}	13,85 ^{**}
SAVI _{0,25}	1,37 ^{ns}	47,25 ^{**}	1,15 ^{ns}	45,44 ^{**}	0,64 ^{ns}	13,87 ^{**}
WDRVI _{0,05}	1,63 ^{ns}	40,62 ^{**}	1,16 ^{ns}	35,51 ^{**}	0,74 ^{ns}	10,83 ^{**}
WDRVI _{0,10}	1,50 ^{ns}	44,48 ^{**}	1,19 ^{ns}	39,37 ^{**}	0,73 ^{ns}	11,53 ^{**}
WDRVI _{0,20}	1,47 ^{ns}	46,37 ^{**}	1,18 ^{ns}	41,71 ^{**}	0,72 ^{ns}	12,28 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Ao nível em que foram realizados os testes, todos os modelos analisados apresentaram falta de ajustamento não significativa e regressão significativa, nas avaliações feitas aos 50, 56 e 69 DAE, para o experimento 2. Na Tabela 46 são apresentadas as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, para esses modelos.

Com exceção do fator interação, aos 50 DAE, para o modelo ajustado com o índice de vegetação WDRVI ($\alpha=0,05$), todos apresentaram efeitos significativos dos fatores doses de N aplicadas na semeadura (X_1), doses de N aplicadas em cobertura (X_2) e a interação entre eles ($X_1 X_2$). Portanto, para o experimento 2, para o índice de vegetação WDRVI ($\alpha=0,05$), aos 50 DAE, foi eliminada a variável interação ($X_1 X_2$) e um novo modelo foi ajustado (Equação 8). Nas Tabelas 47 e 48 são apresentados, respectivamente, os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo.

Tabela 46. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados aos 50, 56 e 69 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, para o experimento 2

Índices de vegetação	Variáveis	50 DAE		56 DAE		69 DAE	
		Estimativas	t	Estimativas	t	Estimativas	t
NDVI	Intercepto	0,4035	----	0,5061	----	0,5040	----
	X ₁	8,8000 10 ⁻³	7,46 **	6,8000 10 ⁻³	7,26 **	4,3000 10 ⁻³	3,37 **
	X ₂	6,1000 10 ⁻³	7,22 **	5,0000 10 ⁻³	7,56 **	4,0000 10 ⁻²	4,38 **
	X ₁ X ₂	-1,0000 10 ⁻⁵	-3,92 **	-1,0000 10 ⁻⁴	-4,27 **	-1,0000 10 ⁻⁴	1,97 ^{ns}
GNDVI	Intercepto	0,2718	----	0,3452	----	0,3346	----
	X ₁	5,8000 10 ⁻³	6,74 **	4,4000 10 ⁻³	4,52 **	2,0000 10 ⁻³	2,03 *
	X ₂	4,6000 10 ⁻³	7,44 **	3,9000 10 ⁻³	5,71 **	2,7000 10 ⁻³	3,76 **
	X ₁ X ₂	-1,0000 10 ⁻⁴	-3,16 **	-1,0000 10 ⁻⁴	-2,44 *	-2,0000 10 ⁻⁵	-1,08 ^{ns}
SAVI 1,00	Intercepto	0,2227	----	0,2512	----	0,2913	----
	X ₁	5,6000 10 ⁻³	6,64 **	5,9000 10 ⁻³	7,13 **	2,9000 10 ⁻³	3,11 **
	X ₂	4,2000 10 ⁻³	6,96 **	4,4000 10 ⁻³	7,58 **	2,9000 10 ⁻³	4,41 **
	X ₁ X ₂	-5,0000 10 ⁻⁵	-2,74 **	-6,6000 10 ⁻⁵	-3,72 **	-3,7000 10 ⁻⁵	-1,83 ^{ns}
SAVI 0,50	Intercepto	0,2619	----	0,3034	----	0,3390	----
	X ₁	6,4000 10 ⁻³	6,93 **	6,3000 10 ⁻³	5,14 **	3,3000 10 ⁻³	3,18 **
	X ₂	4,7000 10 ⁻³	7,14 **	4,7000 10 ⁻³	5,43 **	3,2000 10 ⁻³	4,43 **
	X ₁ X ₂	-6,1000 10 ⁻⁵	-3,06 **	-7,9000 10 ⁻⁵	-2,76 **	-4,1000 10 ⁻⁵	-1,86 ^{ns}
SAVI 0,25	Intercepto	0,3047	----	0,3625	----	0,3902	----
	X ₁	7,2000 10 ⁻³	7,18 **	6,6000 10 ⁻³	7,44 **	3,6000 10 ⁻³	3,25 **
	X ₂	5,2000 10 ⁻³	7,25 **	4,9000 10 ⁻³	7,81 **	3,5000 10 ⁻³	4,44 **
	X ₁ X ₂	-7,3000 10 ⁻⁵	-3,38 **	-7,8700 10 ⁻⁵	-4,11 **	-4,6000 10 ⁻⁵	-1,90 ^{ns}
WDRVI 0,05	Intercepto	-0,8205	----	-0,7693	----	-0,7037	----
	X ₁	1,1600 10 ⁻²	5,74 **	1,1000 10 ⁻²	5,45 **	4,0000 10 ⁻³	2,13 *
	X ₂	8,4000 10 ⁻³	5,86 **	8,6000 10 ⁻³	6,01 **	4,8000 10 ⁻³	3,60 **
	X ₁ X ₂	-1,0000 10 ⁻⁴	-1,95 ^{ns}	-1,0000 10 ⁻⁴	-2,79 **	-4,0000 10 ⁻⁵	-1,06 ^{ns}
WDRVI 0,10	Intercepto	-0,6420	----	-0,5551	----	-0,4942	----
	X ₁	1,4600 10 ⁻²	6,49 **	1,3200 10 ⁻²	6,58 **	5,6000 10 ⁻³	2,43 *
	X ₂	1,0400 10 ⁻²	6,53 **	1,0200 10 ⁻²	7,14 **	6,2000 10 ⁻³	3,80 **
	X ₁ X ₂	-1,0000 10 ⁻⁴	-2,60 *	-2,0000 10 ⁻⁴	-3,51 **	-1,0000 10 ⁻⁴	-1,27 ^{ns}
WDRVI 0,20	Intercepto	-0,3683	----	-0,2488	----	-0,2089	----
	X ₁	1,5400 10 ⁻²	7,08 **	1,3300 10 ⁻²	7,01 **	6,6000 10 ⁻³	2,77 **
	X ₂	1,0800 10 ⁻²	7,02 **	1,0100 10 ⁻²	7,50 **	6,8000 10 ⁻³	4,02 **
	X ₁ X ₂	-2,0000 10 ⁻⁴	-3,21 **	-2,0000 10 ⁻⁴	-3,88 **	-1,0000 10 ⁻⁴	-1,50 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O modelo ajustado com o índice de vegetação WDRVI (a=0,05), sem uso da variável interação, satisfaz todos os critérios de seleção de modelos, falta de ajustamento não significativa, regressão significativa e apresentaram efeitos significativos dos fatores doses de N aplicadas na semeadura (X₁) e em

cobertura (X_2). Nas Figuras 34 a 41 estão ilustrados, respectivamente, o comportamento dos valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, na forma de superfícies de resposta, em função das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura, para os 50 DAE.

Tabela 47. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação WDRVI ($\alpha=0,05$), sem uso da variável interação, aos 50 DAE, para o experimento 2

Falta de Ajuste	Regressão
1,52 ^{ns}	59,02 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 48. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado aos 50 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação WDRVI ($\alpha=0,05$), sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	-0,7293	----
X_1	$8,3000 \cdot 10^{-3}$	7,33 ^{**}
X_2	$6,0000 \cdot 10^{-3}$	8,03 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

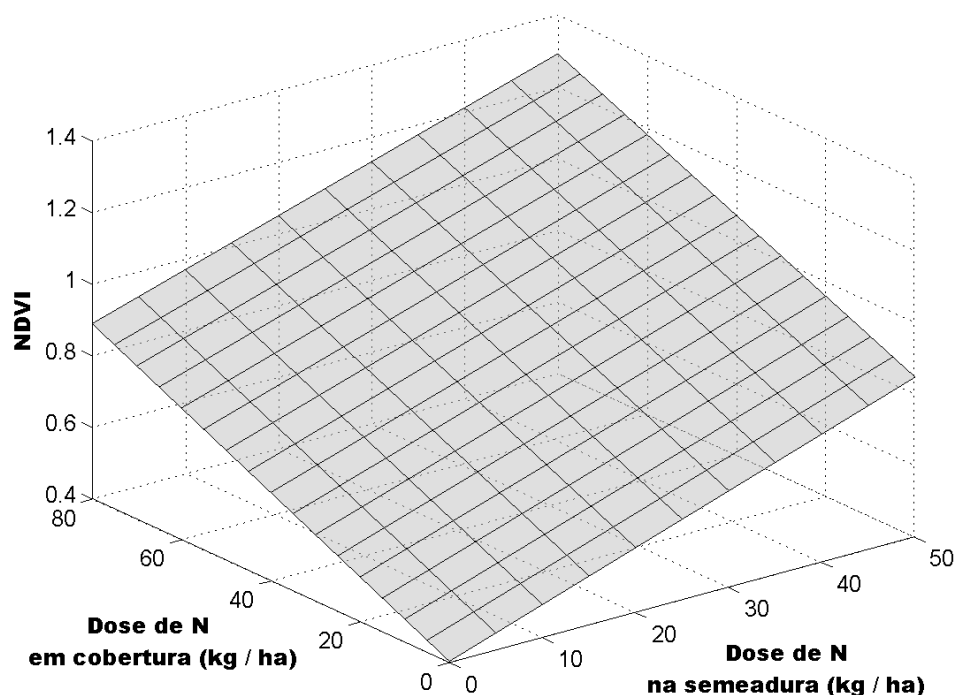


Figura 34. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação NDVI em função das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o experimento 2.

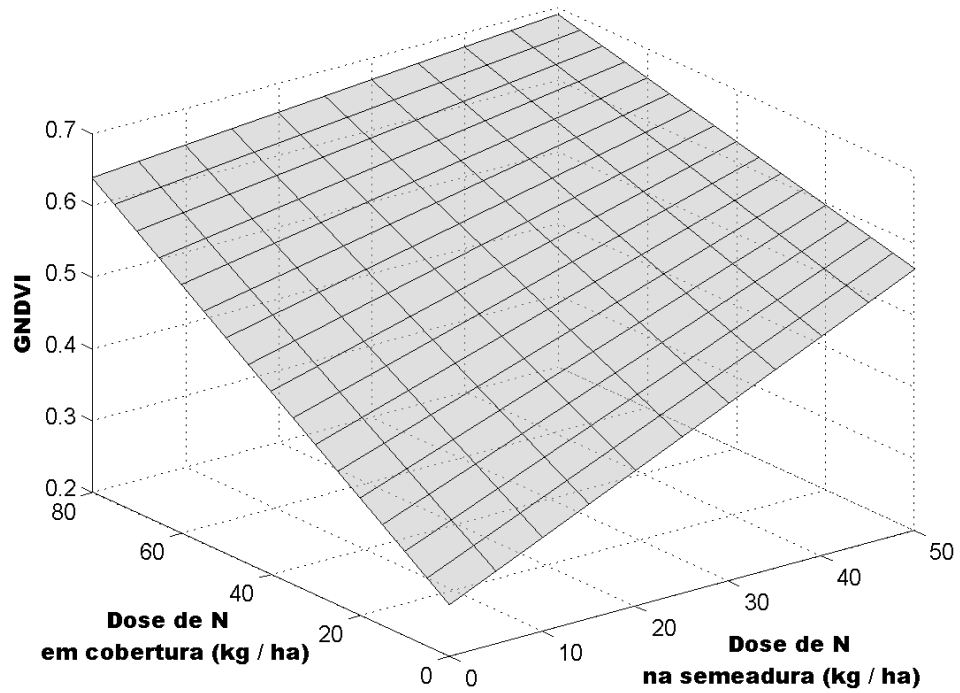


Figura 35. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação GNDVI em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

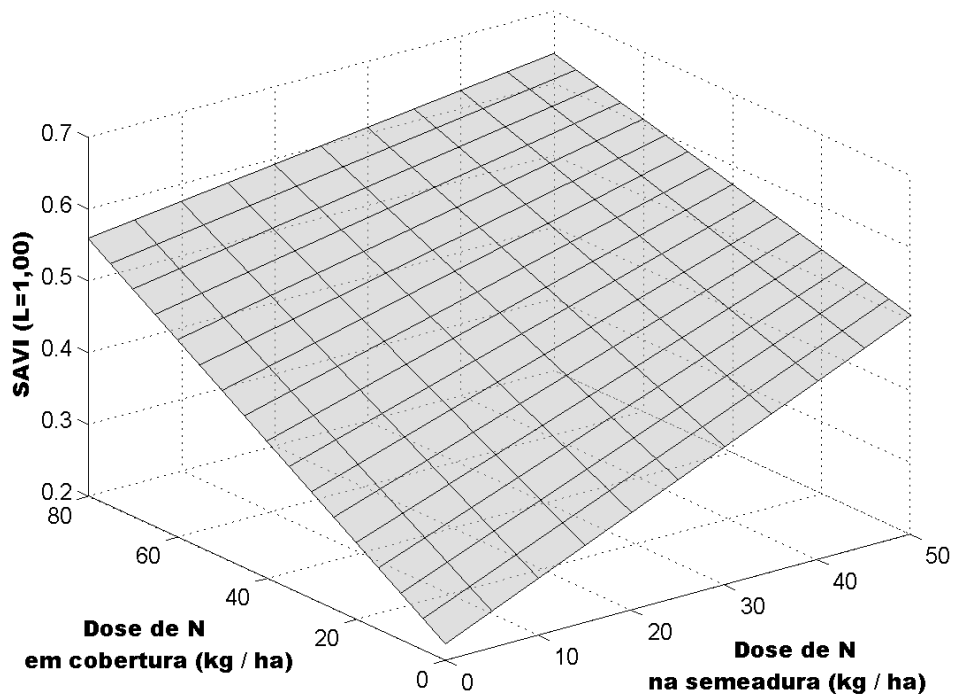


Figura 36. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com L=1,00 em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

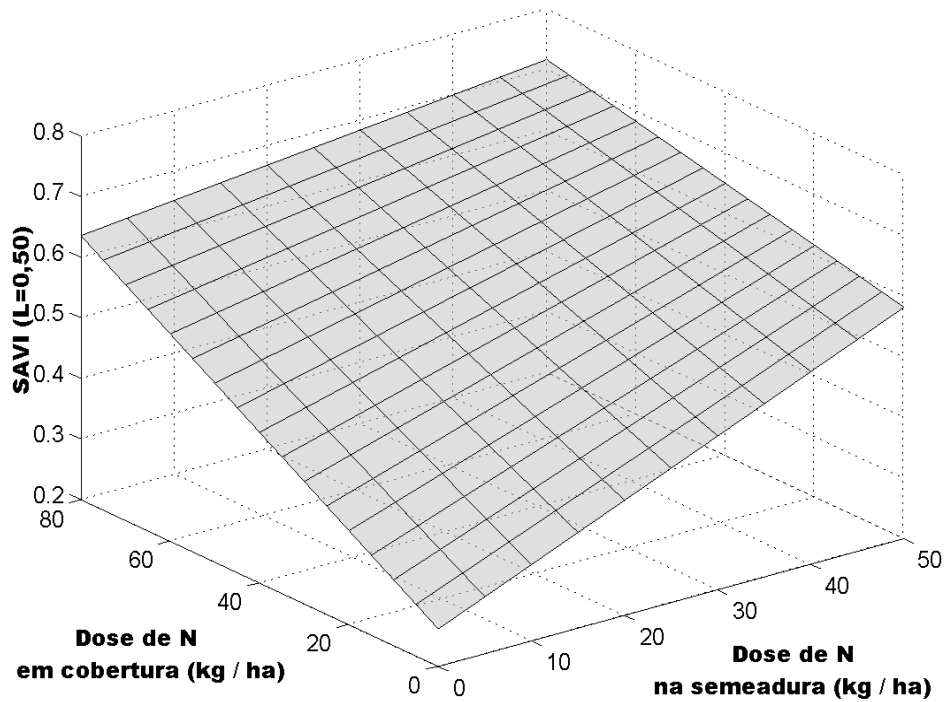


Figura 37. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com $L=0,50$ em função das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o experimento 2.

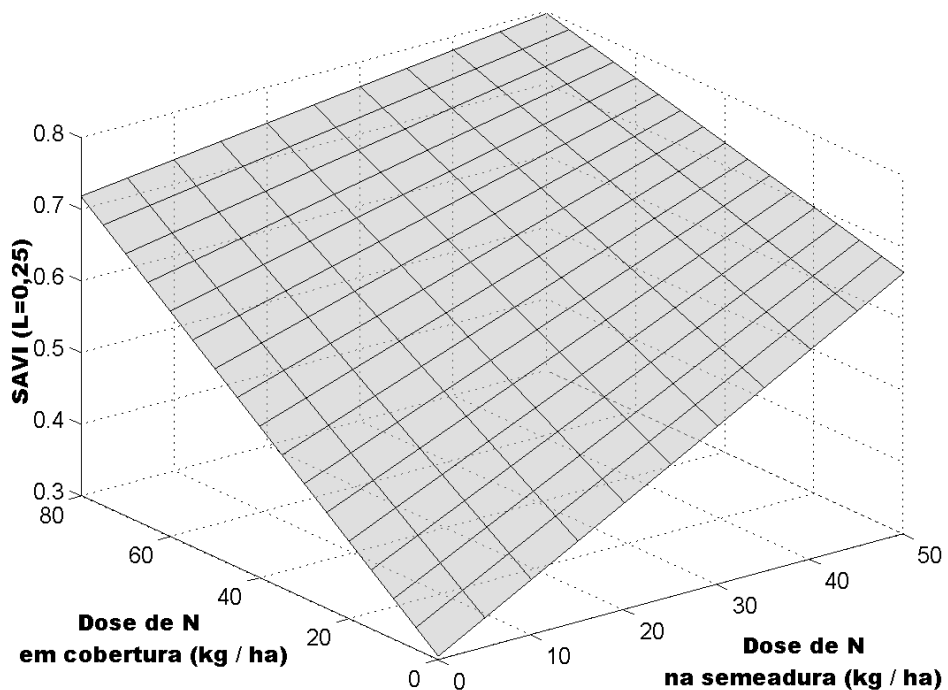


Figura 38. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com $L=0,25$ em função das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o experimento 2.

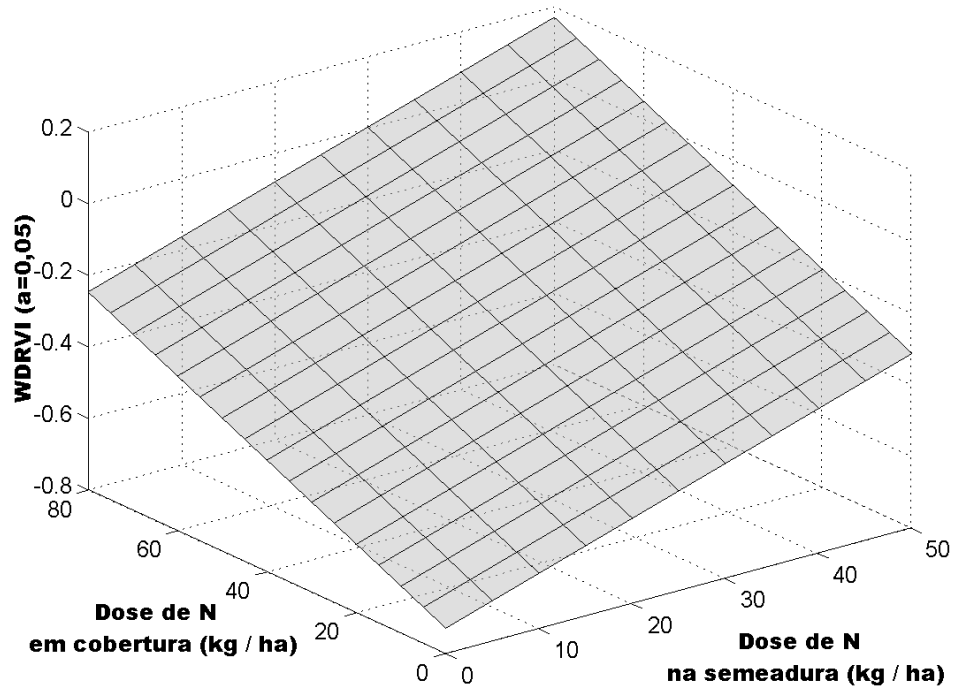


Figura 39. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,05$ em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

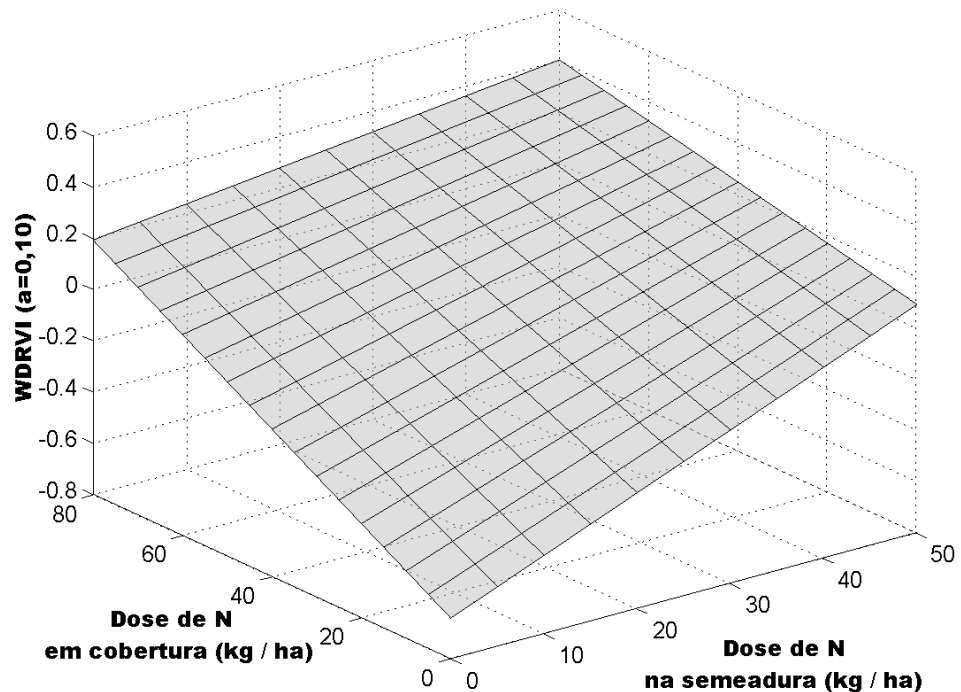


Figura 40. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,10$ em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

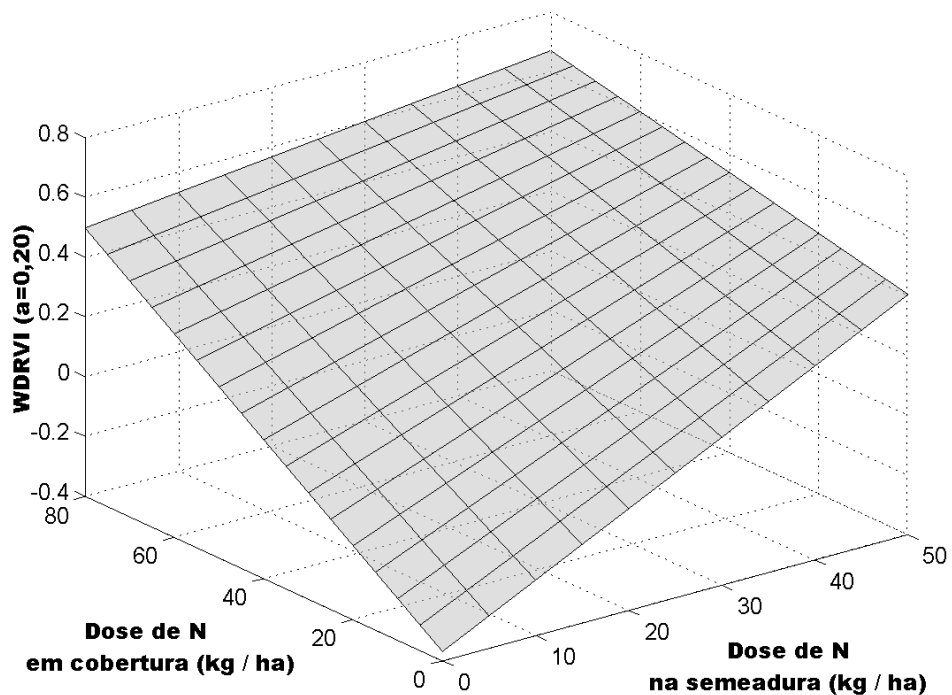


Figura 41. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 50 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,20$ em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

Da mesma maneira de que aos 50 DAE, aos 56 DAE, para o experimento 2, todos os modelos analisados satisfizeram os critérios de adoção de modelos, ao nível de 5% de probabilidade. Esses modelos revelaram efeitos significativos dos fatores doses de N aplicadas na sementeira (X_1), doses de N aplicadas em cobertura (X_2) e a interação entre eles ($X_1 X_2$).

O comportamento dos valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura, para os modelos ajustados aos 56 DAE, do experimento 2, estão ilustrados, respectivamente, na forma de superfícies de resposta nas Figuras 42 a 49.

Com as superfícies de respostas ilustradas nas figuras referentes aos modelos ajustados aos 56 DAE, do experimento 2, é possível identificar, visualmente, que os valores dos índices de vegetação alteram-se pouco quando os valores das doses de N aplicadas em cobertura estão próximos do valor máximo (80 kg ha^{-1}). Essa dose, 80 kg ha^{-1} , supera em 20 kg ha^{-1} o valor da recomendação proposta por Chagas et al. (1999). Assim, devido a esse consumo de luxo, as plantas não respondem a esse excesso,

conseqüentemente os valores dos índices de vegetação também não são alterados próximos ao valor máximo (80 kg ha^{-1}). Para a análise realizada entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e o NF, aos 57 DAE, essa situação não foi observada. Segundo Malavolta et al. (1997), é sabido que a taxa de absorção e as concentrações dos nutrientes móveis, como é o caso do nitrogênio, diminuem com a idade da planta devido à translocação para outros tecidos. No presente trabalho a amostragem foi feita no terço mediano da planta, conforme sugerido por Martinez et al. (1999) para diagnose foliar. Assim, a resposta do dossel mensurada pelo espectrorradiômetro incluiu, além das folhas do terço mediano, também as folhas mais novas. Esse pode ter sido o principal motivo pelo qual a resposta do NF não apresentou comportamento semelhante aos índices de vegetação.

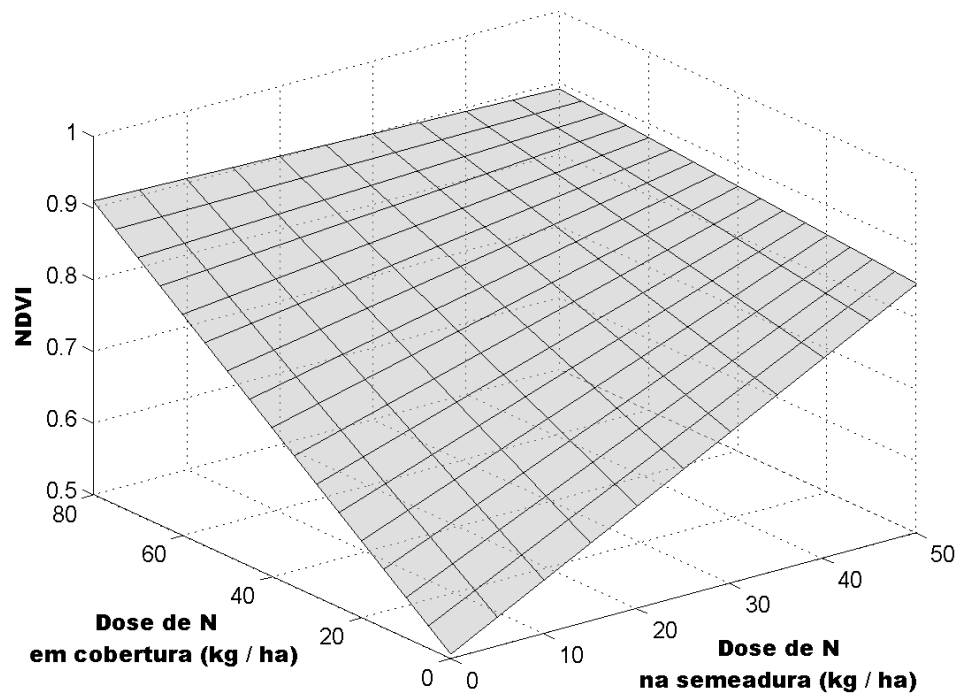


Figura 42. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação NDVI em função das doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o experimento 2.

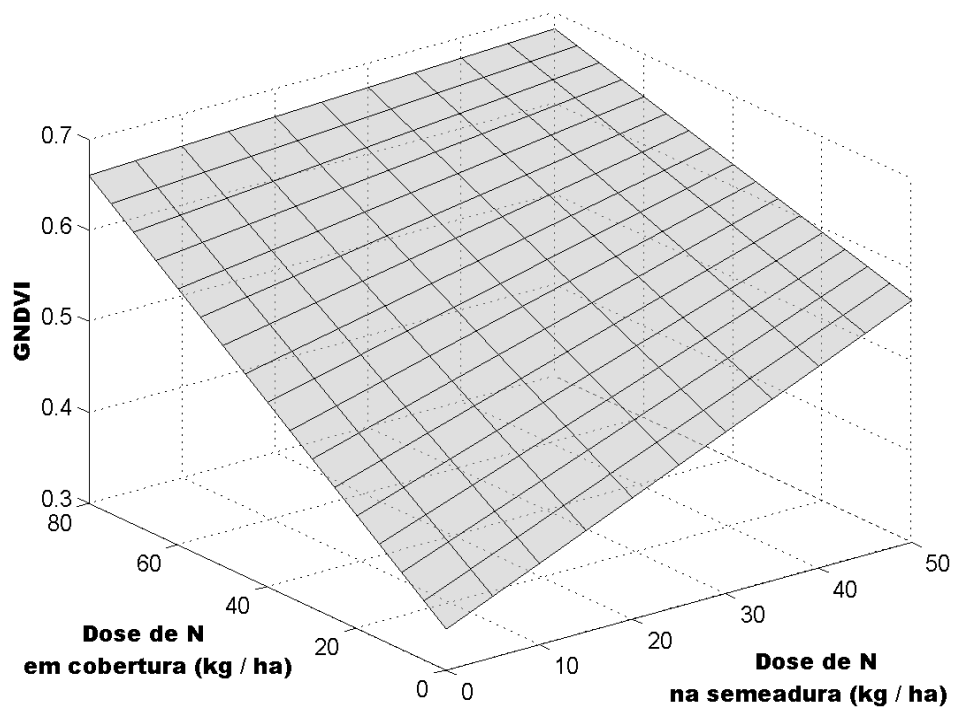


Figura 43. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação GNDVI em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

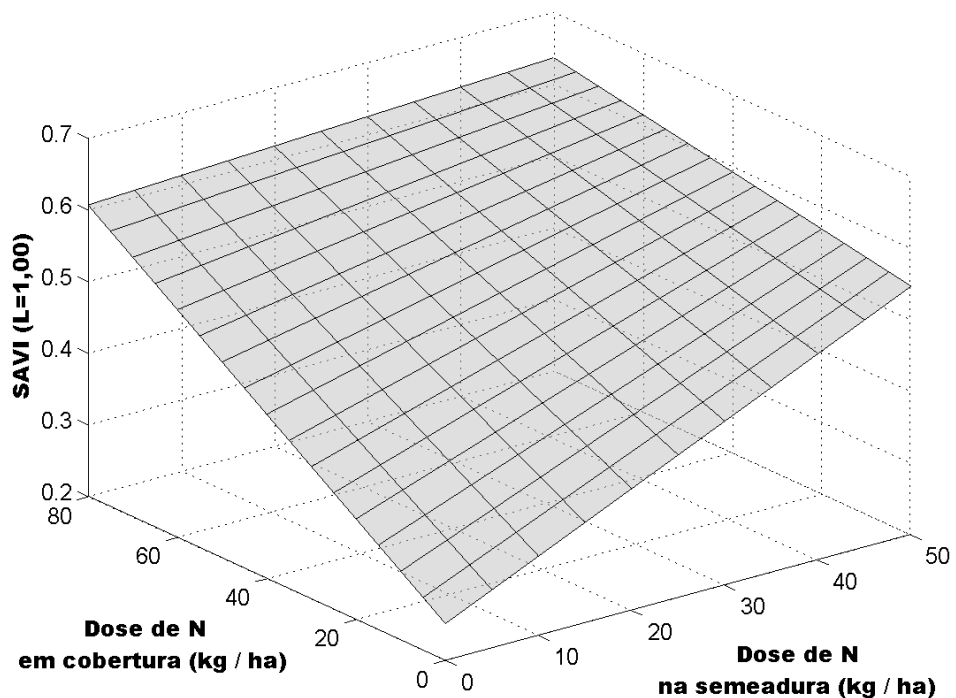


Figura 44. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com L=1,00 em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

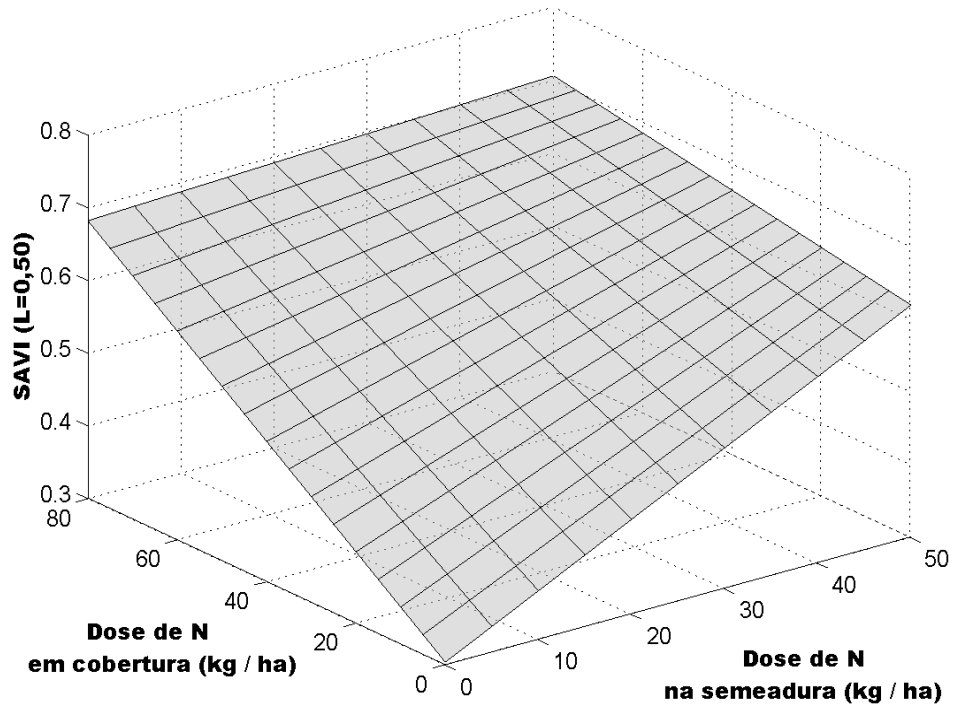


Figura 45. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com $L=0,50$ em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

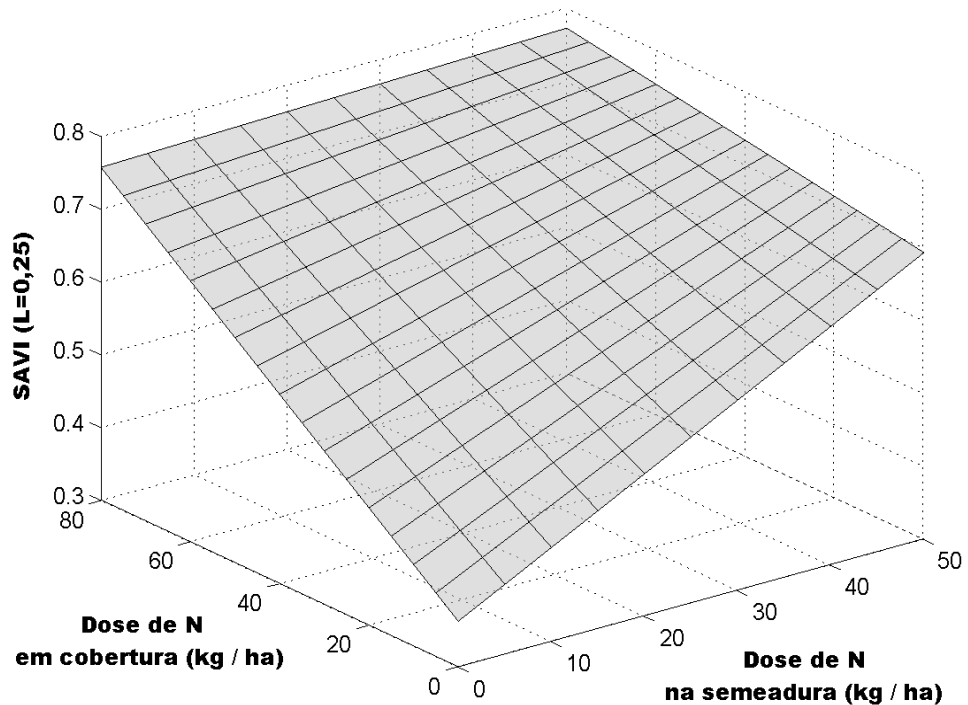


Figura 46. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com $L=0,25$ em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

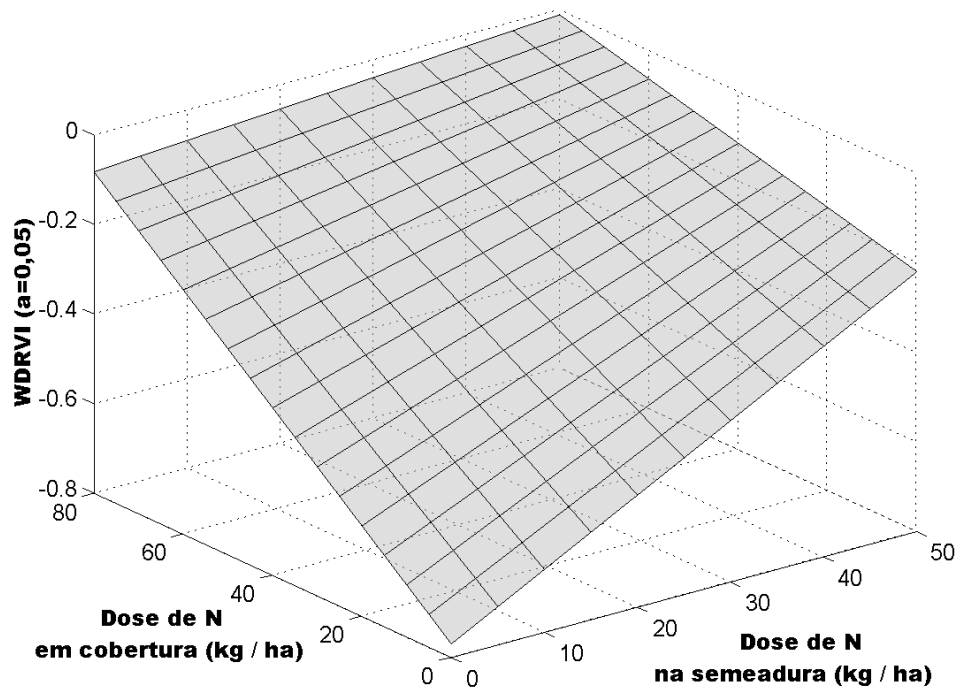


Figura 47. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,05$ em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

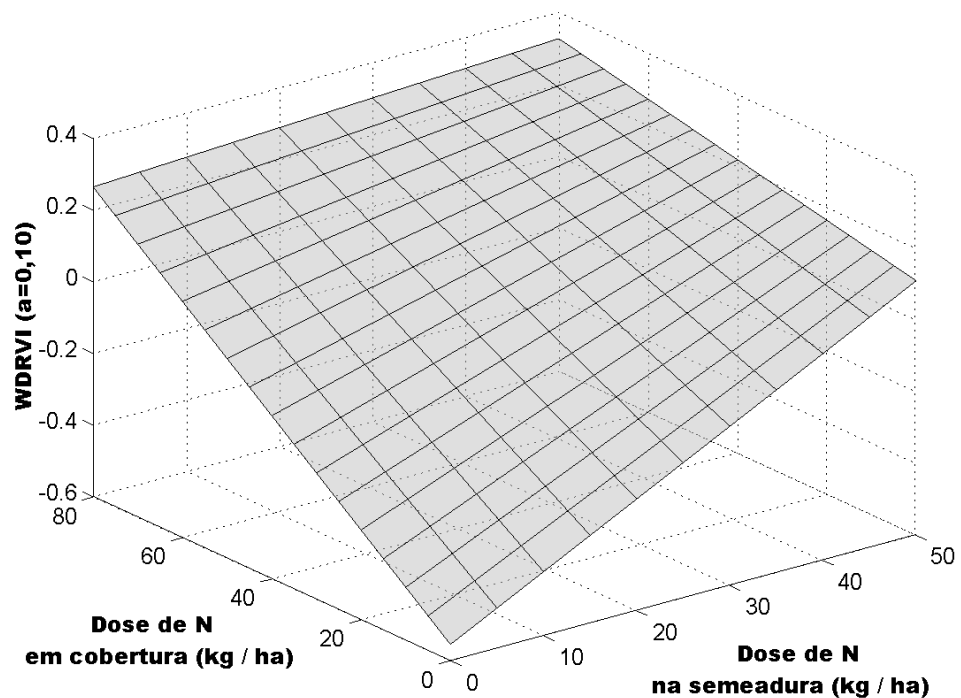


Figura 48. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,10$ em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

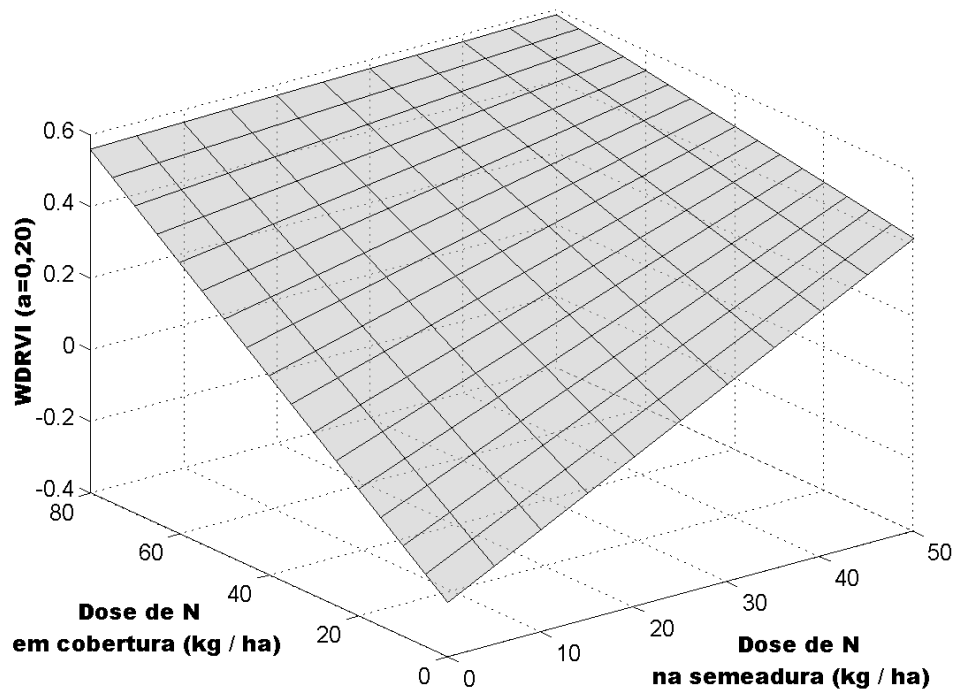


Figura 49. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 56 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,20$ em função das doses de N aplicadas na semente e em cobertura para o experimento 2.

Os modelos analisados aos 69 DAE, para o experimento 2, apresentaram falta de ajustamento não significativa e regressão significativa. Entretanto, para todos os modelos ajustados, somente o efeito da interação ($X_1 X_2$) entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura não foram significativos. Segundo Gomes (1982), essa situação geralmente acontece em experimentos de adubação. Foram ajustados novos modelos (Equação 8), para todos os índices, sem uso da variável interação. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento desses modelos são apresentados na Tabela 49. As estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, para esses modelos, são apresentadas na Tabela 50.

Tabela 49. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento dos modelos lineares ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura, sem uso da interação (X_1 X_2) e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, aos 69 DAE, para o experimento 2

Índice de vegetação	69 DAE	
	Falta de Ajuste	Regressão
NDVI	0,81 ^{ns}	18,06 **
GNDVI	0,77 ^{ns}	16,74 **
SAVI _{1,00}	0,72 ^{ns}	18,81 **
SAVI _{0,50}	0,73 ^{ns}	19,03 **
SAVI _{0,25}	0,75 ^{ns}	19,00 **
WDRVI _{0,05}	0,75 ^{ns}	15,68 **
WDRVI _{0,10}	0,77 ^{ns}	16,50 **
WDRVI _{0,20}	0,78 ^{ns}	17,29 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 50. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados aos 69 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, para o experimento 2

Índices de vegetação	Variáveis	69 DAE	
		Estimativas	t
NDVI	Intercepto	0,5625	----
	X_1	$2,2000 \cdot 10^{-3}$	0,57 **
	X_2	$2,5000 \cdot 10^{-3}$	$2,20 \cdot 10^{-3}$ **
GNDVI	Intercepto	0,3595	----
	X_1	$1,1000 \cdot 10^{-3}$	2,01 *
	X_2	$2,0000 \cdot 10^{-3}$	5,43 **
SAVI _{1,00}	Intercepto	0,3309	----
	X_1	$1,5000 \cdot 10^{-3}$	2,85 **
	X_2	$1,9000 \cdot 10^{-3}$	5,44 **
SAVI _{0,50}	Intercepto	0,3833	----
	X_1	$1,7000 \cdot 10^{-3}$	2,92 **
	X_2	$2,1000 \cdot 10^{-3}$	5,43 **
SAVI _{0,25}	Intercepto	0,4391	----
	X_1	$1,9000 \cdot 10^{-3}$	2,99 **
	X_2	$2,2000 \cdot 10^{-3}$	5,39 **
WDRVI _{0,05}	Intercepto	-0,6577	----
	X_1	$2,4000 \cdot 10^{-3}$	2,23 *
	X_2	$3,6000 \cdot 10^{-3}$	5,14 **
WDRVI _{0,10}	Intercepto	-0,4263	----
	X_1	$3,2000 \cdot 10^{-3}$	2,46 *
	X_2	$4,5000 \cdot 10^{-3}$	5,20 **
WDRVI _{0,20}	Intercepto	-0,1261	----
	X_1	$3,6000 \cdot 10^{-3}$	2,71 **
	X_2	$4,6000 \cdot 10^{-3}$	5,22 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 49 e 50, pode-se observar que, ao nível em que foram realizados os testes, todos os modelos analisados satisfizeram os critérios de adoção de modelos, falta de ajustamento não significativa, regressão significativa e efeitos significativos dos fatores doses de N aplicadas na sementeira (X_1) e em cobertura (X_2). As superfícies de respostas dos valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura, não levando em consideração os efeitos das interações, são ilustrados, respectivamente, nas Figuras 50 a 57.

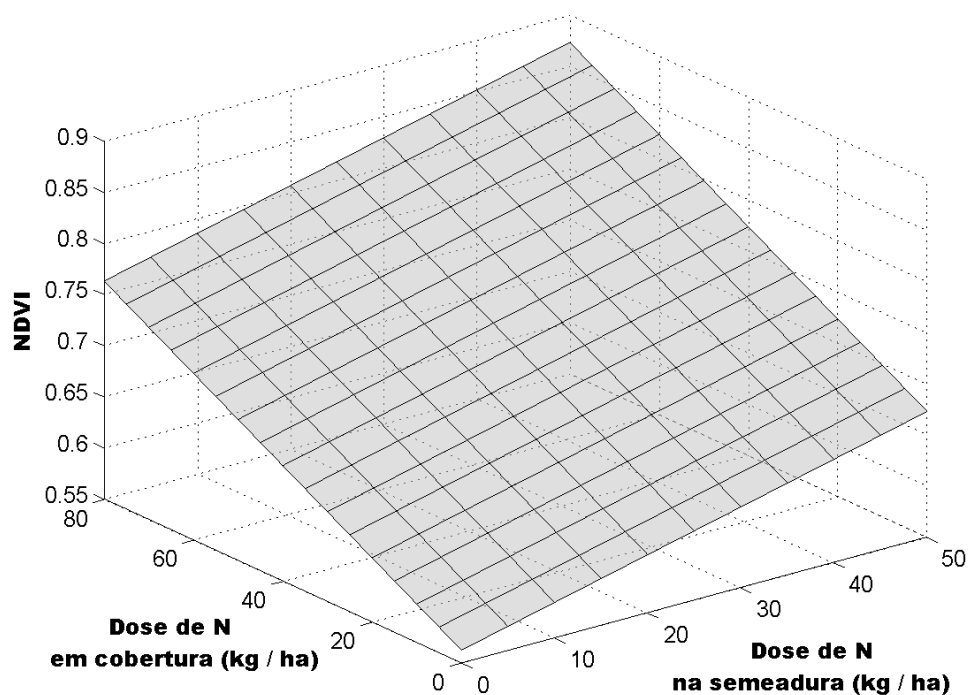


Figura 50. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação NDVI em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

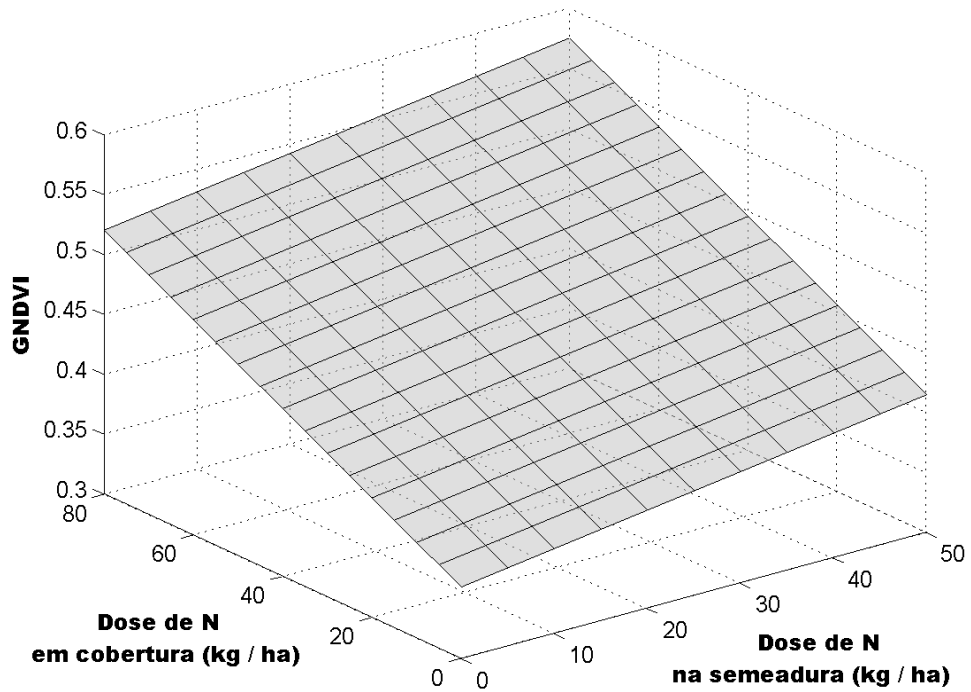


Figura 51. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação GNDVI em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

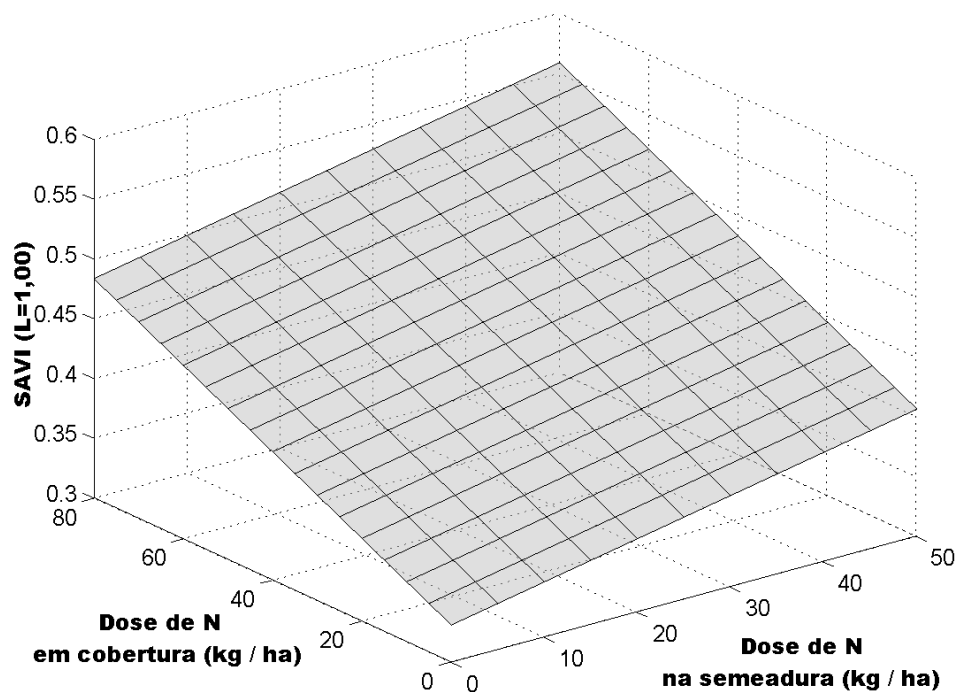


Figura 52. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com L=1,00 em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

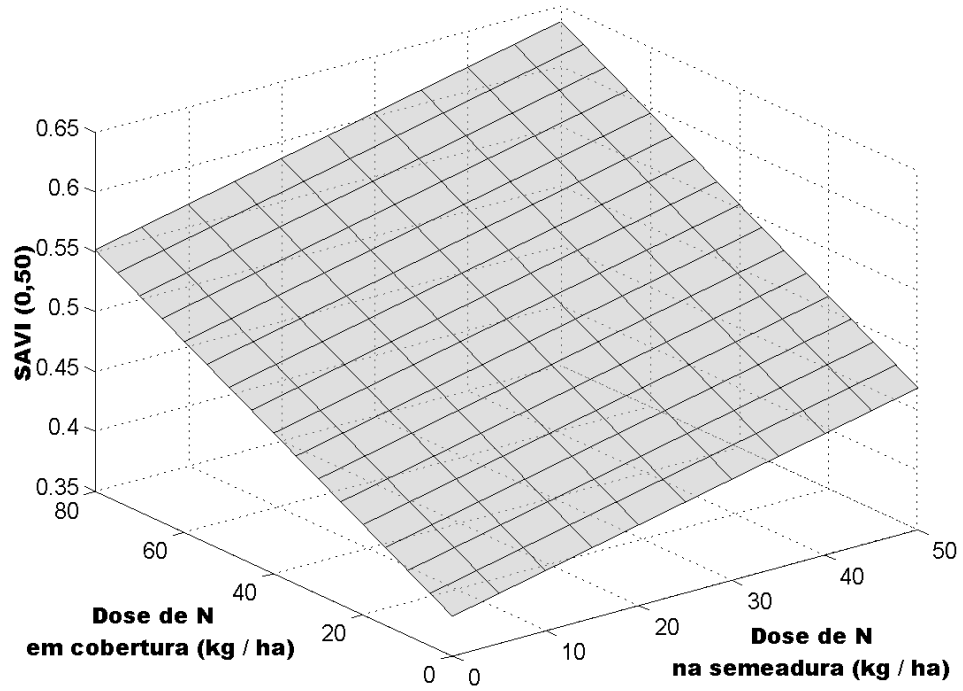


Figura 53. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com L=0,50 em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

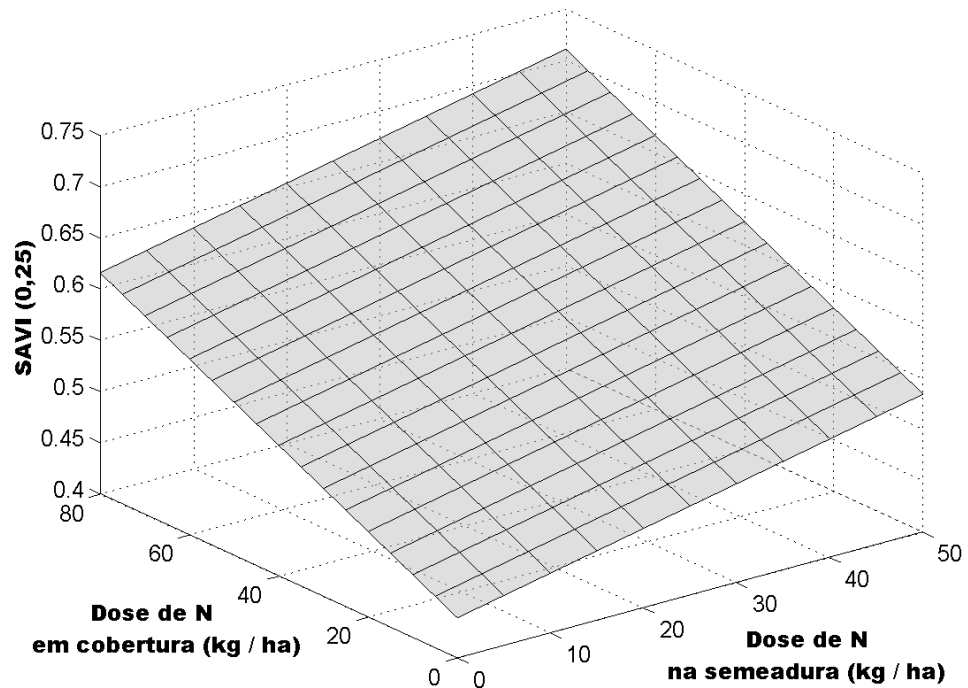


Figura 54. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação SAVI com L=0,25 em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

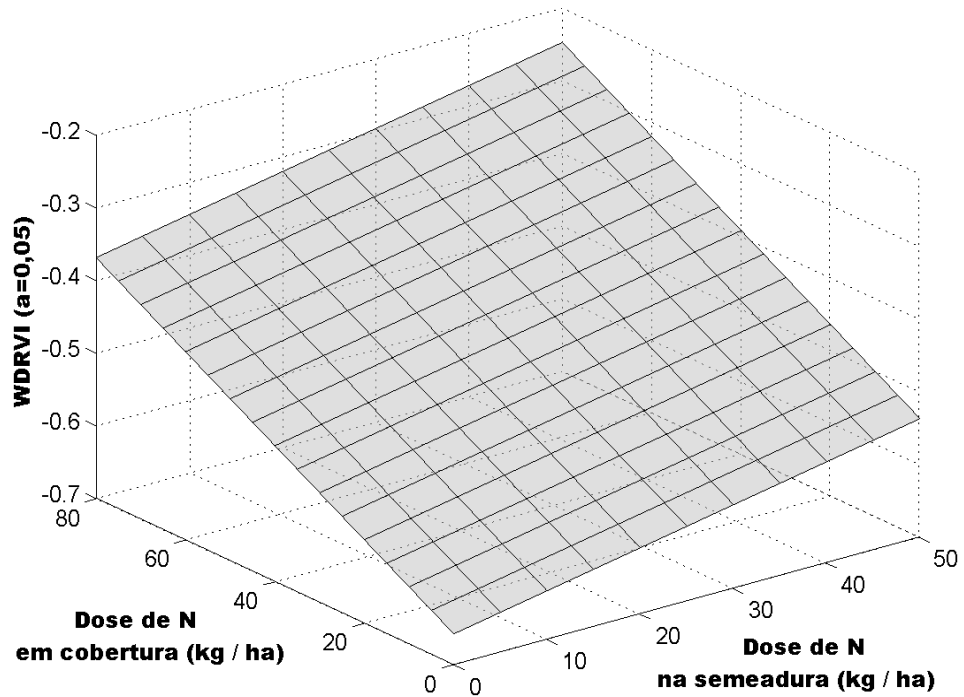


Figura 55. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,05$ em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

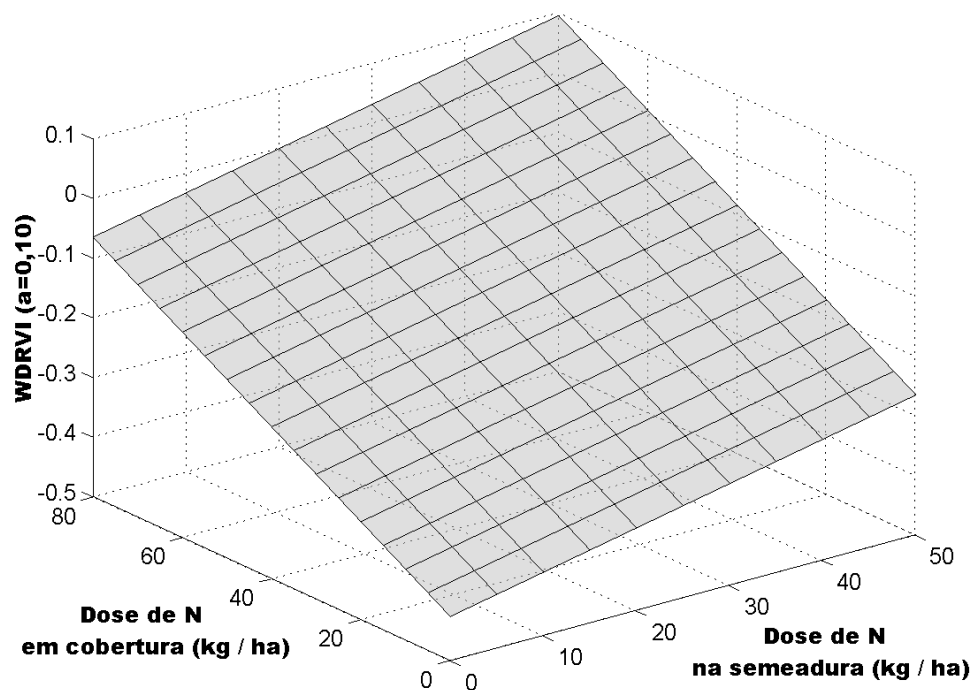


Figura 56. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,10$ em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

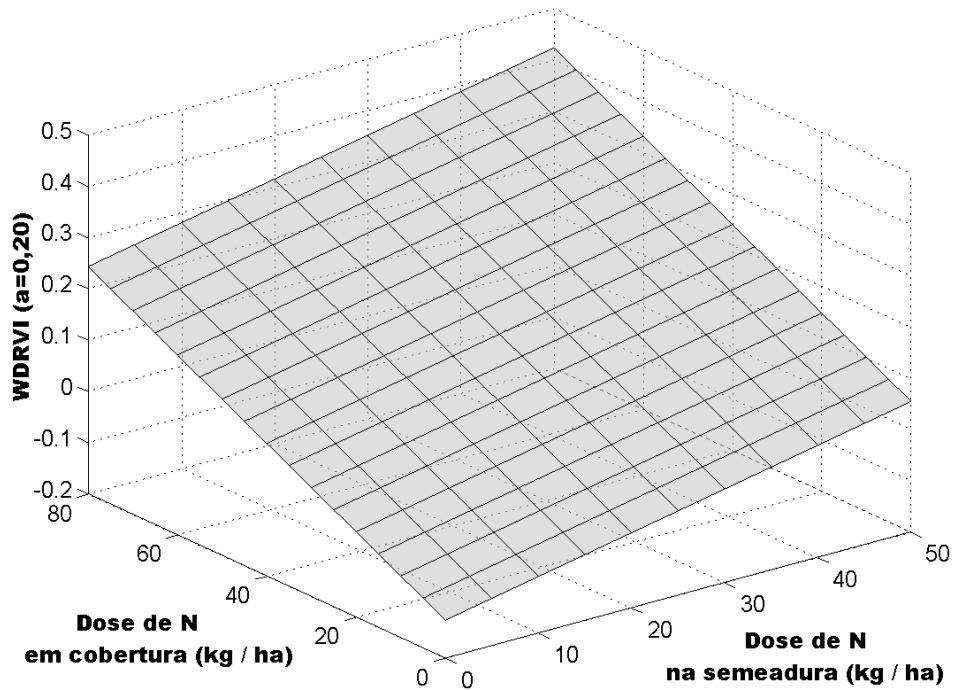


Figura 57. Superfície de resposta do modelo linear ajustado aos 69 DAE dos valores médios do índice de vegetação WDRVI com $a=0,20$ em função das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura para o experimento 2.

De maneira geral, os valores dos índices de vegetação ilustrados nas figuras correspondentes aos modelos ajustados aos 50, 56 e 69 DAE, para o experimento 2, aumentam, de certa forma, com o aumento das doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura. Esse comportamento era esperado, pois, geralmente, os valores dos índices de vegetação são maiores quanto maior for o vigor vegetativo do dossel avaliado. Esse fato se justifica, pois, de acordo com Ponzoni (2001), a reflectância nas folhas quando submetida a efeitos de estresses, tais como doenças, problemas fisiológicos e condições ambientais adversas, nos comprimentos de onda do visível, apresenta-se maior do que folhas saudáveis. Segundo Hoffer (1978), a produção de clorofila é diminuída quando uma planta está sob estresse, assim, a reflectância na região do visível será mais alta, particularmente na porção vermelha do espectro. Analogamente, pode-se concluir que quando uma planta está submetida a menores doses de adubação, estará, conseqüentemente, submetida a maiores tensões quando comparadas às que receberam maiores doses. Em comparação com os comprimentos de onda visíveis, na faixa do infravermelho próximo, a vegetação verde saudável é caracterizada por uma alta reflectância,

alta transmitância e muito baixa absorbância (Hoffer, 1978). A diferença entre os valores de reflectância, nos distintos comprimentos de onda, combinados para formação dos índices de vegetação, fazem com que os valores desses índices alterem-se de acordo com a situação do dossel vegetativo.

Os valores dos coeficientes de determinação dos modelos ajustados aos 50, 56 e 69 DAE, para o experimento 2, entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, são apresentados na Tabela 51.

Visualmente, na Tabela 51, é possível verificar que aos 69 DAE, os valores dos coeficientes de determinação foram menores, quando comparados aos 50 e 56 DAE. Como pode ser observado na Figura 58, aos 69 DAE, a cultura estava em processo inicial de amarelecimento das folhas, na etapa de transição entre R8 e R9 da fase reprodutiva. A desuniformidade na cor do dossel da cultura, provocada pelo amarelecimento das folhas, não ocorreu ao mesmo tempo para todas as parcelas. Esse fato sucedeu pela alteração do desenvolvimento das plantas causado pelas diferentes doses de N aplicadas nas diferentes parcelas. Assim, além dos coeficientes de determinação mostrarem-se inferiores às outras épocas avaliadas, a avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores de reflectância, nessa época, não foi considerada satisfatória.

Tabela 51. Valores dos coeficientes de determinação dos modelos ajustados aos 50, 56 e 69 DAE, para o experimento 2, entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI

Índice de vegetação	Época		
	50 DAE	56 DAE	69 DAE
NDVI	0,8046	0,8137	0,6226
GNDVI	0,8353	0,8348	0,6155
SAVI _{1,00}	0,7856	0,8145	0,6586
SAVI _{0,50}	0,7933	0,8182	0,6585
SAVI _{0,25}	0,7996	0,8201	0,6524
WDRVI _{0,05}	0,7660	0,7801	0,6064
WDRVI _{0,10}	0,7736	0,7929	0,6147
WDRVI _{0,20}	0,7839	0,8035	0,6216

Aos 50 DAE a cultura estava na etapa R7, considerada a fase de formação de vagens e aos 56 DAE, na etapa R8, caracterizada como a etapa

de enchimento de vagens (Santos e Gavilanes, 2006). A Figura 59 ilustra a situação da cultura aos 50 DAE para o experimento 2.



Figura 58. Fase inicial de amarelecimento das folhas do feijoeiro aos 69 DAE para o experimento 2.



Figura 59. Situação do feijoeiro na etapa R7 de desenvolvimento (fase de formação de vagens).

Segundo Souza et al. (2005), o nitrogênio é importante componente da molécula de clorofila, dos aminoácidos e dos hormônios vegetais, estando, portanto, diretamente associado à atividade fotossintética, aos processos de multiplicação e expansão celular, bem como à fixação de vagens e ao enchimento dos grãos. A cultura, aos 50 DAE, não tinha revelado todo o seu potencial produtivo, pois ainda estava na fase de formação de vagens. Aos 56 DAE, na etapa R8, de acordo com Souza et al. (2005), a cultura ainda necessitava do elemento nitrogênio para o processo de enchimento dos grãos.

Apesar de bem próximos, é possível verificar uma tendência de maiores valores de coeficientes de determinação aos 56 DAE, quando comparados com os valores aos 50 DAE. Assim, a avaliação feita aos 56 DAE, para o experimento 2, foi considerada a mais promissora no estabelecimento de uma relação funcional entre os valores médios dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI, WDRVI e as doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura.

Para Gitelson et al. (1996), o GNDVI tem uma escala dinâmica mais larga do que o NDVI e é, na média, ao menos cinco vezes mais sensível à concentração de clorofila. Aos 50 e 56 DAE, os valores dos coeficientes de determinação dos modelos ajustados com o índice GNDVI foram maiores que os demais. O índice GNDVI utiliza a banda do verde na sua formação. Em um trabalho com objetivo de discriminar estágios nutricionais na cultura do trigo proporcionados por doses de nitrogênio a partir da estimativa da resposta espectral do dossel por meio de um sistema de visão artificial, Sena Jr. et al. (2008), também ressaltaram a importância da banda verde no processo de classificação. Resultados parecidos foram obtidos por Silva Jr. et al. (2008). Os autores concluíram que os índices calculados com a banda verde, extraídos de imagens digitais, mostraram-se mais eficientes na relação com o teor de N foliar de pastagem, do que aqueles que utilizaram a banda vermelha, em todos os períodos estudados.

O índice NDVI, segundo Gitelson (2004), chega a saturação em condições de biomassa moderada a alta. Isso acontece porque a reflectância na região do vermelho do espectro exibe pouca resposta quando o índice de área foliar (IAF) excede a dois e a reflectância na região do infravermelho próximo continua respondendo significativamente a mudanças na densidade de vegetação com IAF de dois a seis. Entretanto essa alta sensibilidade na região do infravermelho próximo provoca pouco efeito nos valores NDVI quando a reflectância nesta faixa do espectro excede 30%. Para minimizar este efeito, o mesmo autor propôs uma modificação para o índice NDVI colocando um coeficiente na região do infravermelho próximo (WDRVI - Índice de Vegetação de Larga Escala Dinâmica), minimizando o efeito de saturação do índice em condições de biomassa moderada a alta. Pela Tabela 51, pode-se observar que todos os modelos ajustados com o índice WDRVI, em todas suas variações, apresentaram valores menores de coeficiente de variação quando

comparados com os modelos ajustados com os outros índices avaliados. Pode-se observar ainda que, para todos os DAE, à medida que se aumenta o valor de a , o valor do coeficiente de determinação tende a aumentar para os modelos ajustados com esse índice. Ainda segundo Gitelson (2004), este índice possui maior sensibilidade a mudanças no IAF. A densidade do feijoeiro avaliado pode não ter influenciado o uso desse índice para o ajuste de modelos entre doses de N na semeadura e em cobertura e os valores médios do índice de vegetação WDRVI em todas suas variações.

4.2.4. Avaliação da relação entre valores SPAD e teores de nitrogênio foliar

Os valores calculados dos coeficientes de variação (CV) médios entre as repetições para os valores de SPAD e NF nas diferentes doses de N aplicadas na semeadura e cobertura para o experimento 1, aos 39 DAE e aos 35 e 57 DAE para o experimento 2 são apresentados nas Tabelas 52, 53 e 54, respectivamente.

Tabela 52. Valores médios calculados dos CV, em porcentagem, para os valores de SPAD e NF nas doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na semeadura e 0, 20, 30, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ aplicadas em cobertura para o experimento 1, aos 39 DAE

Variável		Doses de N aplicadas em cobertura (kg ha ⁻¹)						
		0	20	30	40	60	80	
SPAD	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)	0	10,12	2,89	2,85	7,79	7,90	2,42
		20	5,72	3,85	9,58	9,11	5,50	2,66
		30	6,72	6,80	3,92	6,64	2,58	1,59
		40	3,95	3,68	3,59	3,45	3,07	4,13
		50	4,75	9,31	9,98	1,87	3,04	4,39
NF	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)	0	22,14	5,51	8,87	21,92	12,51	7,95
		20	17,05	7,67	11,29	21,83	19,79	21,82
		30	15,97	11,70	11,40	24,62	17,29	7,27
		40	17,60	17,17	16,13	9,33	9,91	11,51
		50	4,99	18,36	22,32	10,11	10,35	19,43

Pode-se observar, para todas as épocas nos dois experimentos, uma tendência de superioridade nos valores de CV para a variável NF. Observa-se ainda que, segundo a classificação de Gomes (1982), a maioria dos valores de CV para a variável SPAD e NF em todas as épocas e experimentos, foram

classificados como baixos e altos, respectivamente, para ensaios agrícolas de campo. Os maiores valores de CV, para a variável NF, podem ser justificados pelo fato de que, apesar de altamente correlacionados, os valores obtidos pelo clorofilômetro portátil não são influenciados somente pelo conteúdo de N contido nas folhas.

Tabela 53. Valores médios calculados dos CV, em porcentagem, para os valores de SPAD e NF nas doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na semeadura e 0, 20, 30, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ aplicadas em cobertura para o experimento 2, aos 35 DAE

Variável		Doses de N aplicadas em cobertura (kg ha ⁻¹)						
		0	20	30	40	60	80	
SPAD	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)	0	12,21	2,62	9,29	7,39	3,03	2,15
		20	5,49	1,20	6,23	3,67	1,79	3,26
		30	6,91	2,83	6,34	7,08	2,21	5,95
		40	2,78	5,65	8,80	0,86	1,24	6,18
		50	8,97	5,03	9,56	4,52	1,69	1,12
NF	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)	0	6,84	16,12	8,64	8,15	21,54	7,71
		20	13,49	8,84	17,22	16,83	5,95	15,76
		30	13,40	6,63	16,42	14,28	10,77	11,58
		40	21,21	19,38	38,00	9,01	5,46	13,58
		50	10,50	19,93	6,11	22,80	4,25	2,31

Tabela 54. Valores médios calculados dos CV, em porcentagem, para os valores de SPAD e NF nas doses 0, 20, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹ aplicadas na semeadura e 0, 20, 30, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ aplicadas em cobertura para o experimento 2, aos 57 DAE

Variável		Doses de N aplicadas em cobertura (kg ha ⁻¹)						
		0	20	30	40	60	80	
SPAD	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)	0	3,00	4,33	5,11	2,26	8,99	8,73
		20	11,10	6,03	10,00	8,95	2,60	8,57
		30	13,22	5,76	9,78	7,16	5,06	5,88
		40	13,85	7,13	7,08	8,97	14,82	10,17
		50	7,45	1,42	10,58	2,25	1,31	8,53
NF	Doses de N aplicadas na semeadura (kg ha ⁻¹)	0	11,07	16,80	28,15	10,73	12,57	10,36
		20	22,82	4,56	20,80	19,80	19,66	15,89
		30	14,94	19,36	24,02	11,45	8,70	28,50
		40	20,82	20,05	23,84	10,28	22,13	37,70
		50	9,37	4,09	15,19	7,78	8,16	28,37

Os valores dos coeficientes de correlação entre NF e valores SPAD, para todas as épocas de coleta de dados posteriores à adubação em cobertura para os experimentos 1 e 2 são apresentados na Tabela 55.

Tabela 55. Coeficientes de correlação entre os teores de NF e os valores SPAD em nas diferentes épocas de coleta de dados

Experimentos	Épocas	Coeficiente de correlação
1	39 DAE	0,67 *
2	35 DAE	0,40 *
	57 DAE	0,27 *

* correlação significativa a 5% de probabilidade.

Para o experimento 1, o coeficiente de correlação aos 39 DAE tendeu a ser maior do que os coeficientes para o experimento 2 aos 35 e 57 DAE. Essa situação mostrou-se contrária às análises anteriormente realizadas ressaltando o possível efeito residual de N no solo. Após a adubação em cobertura, o uso do clorofilômetro portátil SPAD 502, para a verificação de uma relação funcional entre os valores SPAD e o NF, não se mostrou eficaz. Os altos valores de CV para a variável NF influenciado pela difícil realização de uma amostragem satisfatória, já que, nas épocas analisadas, o feijoeiro se encontrava com muitas folhas, pode ser a justificativa para a não verificação de correlação entre valores SPAD e NF.

Como já ressaltado, segundo Vieira (2006), a adubação nitrogenada em cobertura deve ser feita de 15 a 30 dias após a emergência, caso contrário tem pequeno efeito ou é inútil. A identificação tardia, ou seja, 30 dias após a emergência, teria aplicação apenas em um possível diagnóstico de uma queda na produção por deficiência de nitrogênio ou previsão da produção e não de correção.

4.2.5. Relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento

Os valores calculados da produtividade média (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, para as diferentes doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura são apresentados nas Tabelas 56 e 57 para os experimentos 1 e 2 respectivamente.

Tabela 56. Valores calculados da produtividade média (kg ha⁻¹) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, para as diferentes doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o experimento 1

Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)	Doses de N na semeadura (kg ha ⁻¹)				
	0	20	30	40	50
0	1895,57	2396,51	2337,99	2063,77	2440,45
20	1958,75	2049,06	2240,91	2506,98	2196,48
30	2165,84	2174,05	2439,27	1801,73	2165,67
40	2165,50	2384,15	1879,26	2640,95	2350,13
60	2408,76	2122,57	2778,65	2417,53	1731,02
80	2853,08	2026,56	2780,28	2318,63	2628,89

Para o experimento 1, o menor valor observado de produtividade foi de 1.731,02 kg ha⁻¹, para as doses 50 kg ha⁻¹ de N aplicados na semeadura e 60 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura. Este valor, segundo dados da Conab (2008), supera o rendimento médio do feijão, correspondente a essa safra, para o estado de Minas Gerais e do Brasil na safra 2007/08 que foram de 1.160 e 677 kg ha⁻¹ respectivamente. O maior valor observado, para esse mesmo experimento, foi 2.853,08 kg ha⁻¹, para as doses zero kg ha⁻¹ de N aplicados na semeadura e 80 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura.

Os valores de produtividade para o experimento 1 não apresentam coerência de acordo com os tratamentos. O efeito residual dos macronutrientes já discutido anteriormente juntamente com ocorrência da doença mofo-branco podem ter contribuído para esse efeito. O mofo-branco é a doença do feijoeiro mais destrutiva em áreas irrigadas no Brasil e é responsável por elevadas perdas nos últimos anos (Paula Júnior e Zambolim, 2006).

Tabela 57. Valores calculados da produtividade média (kg ha⁻¹) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, para as diferentes doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o experimento 2

Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)	Doses de N na semeadura (kg ha ⁻¹)				
	0	20	30	40	50
0	1195,94	1804,53	1304,06	2367,29	2204,84
20	1519,59	1367,18	2372,30	2330,41	2388,99
30	1425,28	2257,77	2238,78	2413,78	2624,64
40	2385,17	2219,41	2775,79	2757,71	3103,29
60	2170,41	3030,74	2644,76	3575,87	2971,14
80	2883,79	3094,85	2765,97	3408,97	3840,07

No experimento 2, os menores e maiores valores de produtividade, ocorreram, como era esperado, respectivamente, para as menores e maiores

doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura. Esses valores, 1.195,94 e 3.840,07 kg ha⁻¹, estão inseridos nos níveis mais baixo e mais alto de tecnologia, de acordo com os níveis propostos por Chagas et al. (1999), nas recomendações de fertilizantes para a cultura do feijão em Minas Gerais. Segundo dados da Conab (2008), para o estado de Minas Gerais e para o Brasil, o rendimento médio do feijão, correspondente a essa safra, foi de 2.302 e 930 kg ha⁻¹ respectivamente. Assim, o menor valor de produtividade observado foi menor que o rendimento médio para o estado e maior que para o país.

Na Tabela 58 são apresentados os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares (Equação 8) ajustados na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e a produtividade para os dois experimentos estudadas.

Para os dois experimentos, os modelos ajustados entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha⁻¹) apresentaram valores não significativos ao nível de 5% no teste F para a falta de ajustamento, indicando um bom ajuste dos dados. No teste F da regressão, apenas o modelo ajustado para o experimento 2 foi significativo ao nível de probabilidade em que foi realizado o teste. Na Tabela 59 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de regressão e o teste t do modelo ajustado para o experimento 2.

Tabela 58. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha⁻¹) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida para os dois experimentos

Experimento	Falta de Ajuste	Regressão
1	0,75 ^{ns}	1,54 ^{ns}
2	1,00 ^{ns}	43,10 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os efeitos dos fatores doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura, no teste t, apresentaram-se significativos para o modelo ajustado. A interação não foi significativa, e segundo Gomes (1982), essa situação

geralmente acontece em experimentos de adubação. Portanto, para o experimento 2, foi eliminada a variável interação ($X_1 X_2$) e um novo modelo foi ajustado (Equação 8). Nas Tabelas 60 e 61 são apresentados, respectivamente, os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão com desse modelo.

Tabela 59. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	1115,30	----
X_1	21,73	4,01 **
X_2	20,54	5,35 **
$X_1 X_2$	$-5,89 10^{-2}$	$-0,50^{\text{ns}}$

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 60. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Falta de Ajuste	Regressão
0,97 ^{ns}	64,53 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 61. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	1178,51	----
X_1	19,47	6,38 **
X_2	18,89	9,40 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O modelo ajustado sem uso da variável interação, satisfaz todos os critérios de seleção de modelos, falta de ajustamento não significativa, regressão significativa e apresentaram efeitos significativos dos fatores doses de N aplicadas na semeadura (X_1) e em cobertura (X_2). Assim, conclui-se que a

produtividade respondeu significativamente, para o experimento 2, aos tratamentos doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura. O incremento significativo da produtividade com a adubação nitrogenada também foi observado por Calvache et al. (1997). A Figura 60 ilustra a superfície de resposta do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores calculados da produtividade.

Foi analisada a existência de relações funcionais entre os componentes de rendimento número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG) e os tratamentos doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura por meio de análises de regressão. Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento dos modelos lineares ajustados nessa avaliação, para os experimentos 1 e 2, são apresentados na Tabela 62.

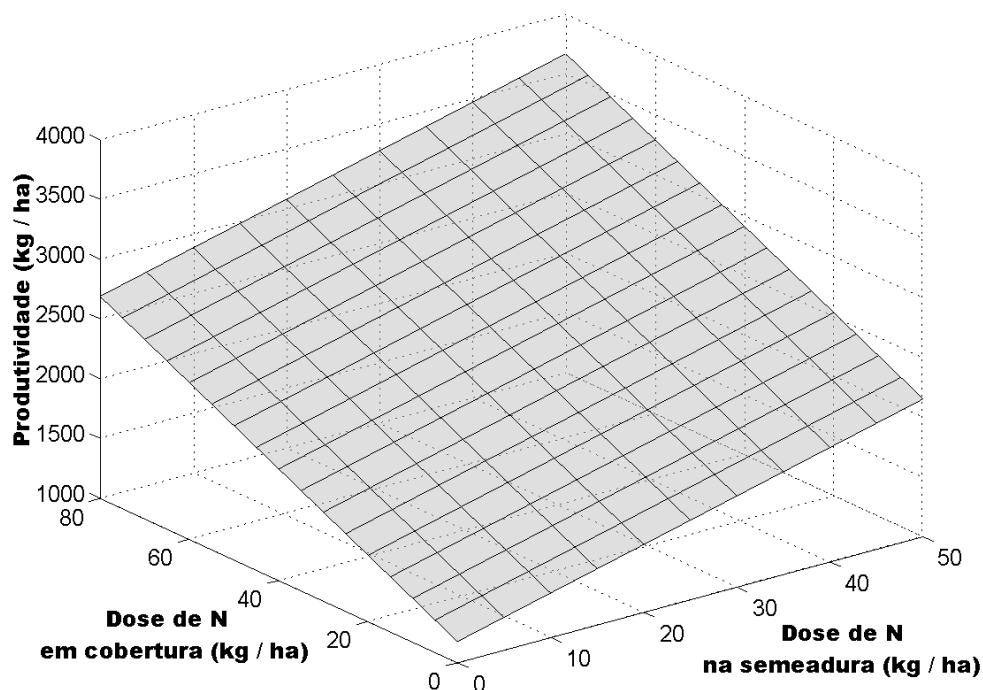


Figura 60. Superfície de resposta do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, para o experimento 2.

Os modelos ajustados entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores dos componentes de rendimento apresentaram valores não significativos ao nível de 5% no teste F para a falta de ajustamento, para o experimento 1. Assim como para os dados de produtividade, nenhum modelo

ajustado com uso dos componentes de rendimento, nesse experimento, foi significativo no teste F da regressão.

Tabela 62. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores dos componentes de rendimento (CR) número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG), para os experimentos 1 e 2

Componente de rendimento	Experimento 1		Experimento 2	
	Falta de Ajuste	Regressão	Falta de Ajuste	Regressão
NVP	0,70 ^{ns}	1,97 ^{ns}	0,61 ^{ns}	54,95 ^{**}
NGV	0,95 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,78 [*]	----
MCG	1,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,84 [*]

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para o experimento 2, os modelos ajustados com uso dos componentes de rendimento NVP e MCG apresentaram, ao nível de 5% de probabilidade, valores no teste F não significativos para a falta de ajustamento e significativos para regressão. As estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desses modelos são apresentados na Tabela 63.

Tabela 63. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão dos modelos lineares ajustados entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores dos componentes de rendimento número de vagens por planta (NVP) e massa de cem grãos (MCG), para o experimento 2

CR	Variáveis	Estimativas	t
NVP	Intercepto	4,09	----
	X ₁	5,43 10 ⁻²	3,87 ^{**}
	X ₂	4,68 10 ⁻²	4,71 ^{**}
	X ₁ X ₂	2,00 10 ⁻⁴	0,69 ^{ns}
MCG	Intercepto	25,37	----
	X ₁	-1,59 10 ⁻²	-1,02 ^{ns}
	X ₂	9,00 10 ⁻³	0,81 ^{ns}
	X ₁ X ₂	2,00 10 ⁻⁴	0,72 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Pela Tabela 63 pode-se observar que os efeitos dos fatores doses de N aplicadas na semente e em cobertura, no teste t, apresentaram-se significativos para o modelo ajustado com uso do componente de rendimento

NVP. Para esse modelo, apenas o efeito da interação não foi significativo. Para o componente de rendimento MCG, os efeitos dos fatores doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e a interação entre eles não foram significativos. Assim, para o componente de rendimento NVP, foi eliminada a variável interação ($X_1 X_2$) e um novo modelo foi ajustado (Equação 8). Os resultados da análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento e as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo são apresentados nas Tabelas 64 e 65, respectivamente.

O modelo ajustado sem uso da variável interação, satisfaz todos os critérios de seleção de modelos, concluindo que o NVP respondeu significativamente, para o experimento 2, aos tratamentos doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura. No trabalho de Calvache et al. (1997), além do incremento significativo da produtividade, o número de vagens por planta também teve a mesma resposta com a adubação nitrogenada. A superfície de resposta do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores de NVP, sem uso da variável interação, é apresentada na Figura 61.

Tabela 64. Resultados do teste F da análise de variância da regressão para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores do componente de rendimento NVP, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Falta de Ajuste	Regressão
0,60 ^{ns}	82,19 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 65. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores do componente de rendimento NVP, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	3,87	----
X_1	0,06	7,89 ^{**}
X_2	0,05	10,11 ^{**}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para o modelo ajustado com uso do componente de rendimento NGV (Tabela 62), o teste F para falta de ajustamento, para o experimento 2,

mostrou-se significativo. Assim, foi ajustado outro modelo representado na Equação 9. O modelo ajustado com uso do componente de rendimento NGV apresentou, na análise de variância da regressão, valores 1,59 e 7,80 no teste F para a falta de ajustamento e regressão, respectivamente. Esses valores foram não significativo para falta de ajustamento e significativo para a regressão ao nível em que foi realizado o teste. Na Tabela 66 são apresentadas as estimativas e o teste t dos coeficientes de regressão desse modelo.

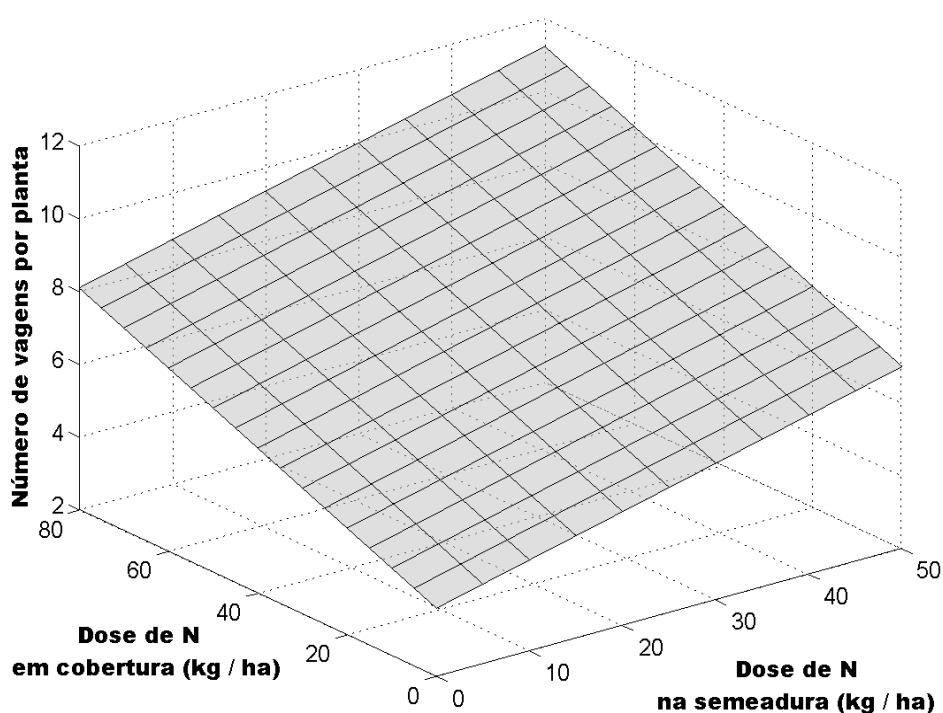


Figura 61. Superfície de resposta do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores de NVP para o experimento 2.

Para o componente de rendimento NGV, observa-se que o efeito do fator doses de N aplicadas na semeadura foi significativo, no teste t, apenas na forma simples. Para o fator doses de N aplicadas em cobertura, foram significativos os efeitos nas formas simples e quadráticas. Nesse mesmo modelo, o efeito da interação entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura não foi significativo ao nível de 5% de probabilidade. Essas variáveis foram eliminadas e foi ajustado um novo modelo (Equação 9).

Após a retirada das variáveis supracitadas, ao nível de 5% de probabilidade, o modelo ajustado com uso do componente de rendimento NGV

apresentou, na análise de variância da regressão, valor não significativo (1,68) e significativo (11,18) no teste F para a falta de ajustamento e regressão, respectivamente. Todas as variáveis usadas nesse modelo apresentaram, no teste t, valores significativos dos coeficientes de regressão (Tabela 67). Além do incremento significativo da produtividade e do número de vagens por planta, para o número de grãos por vagem, o incremento significativo com a adubação nitrogenada também foi observado no trabalho de Calvache et al. (1997). A Figura 62 ilustra a superfície de resposta do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e os valores de NGV.

Tabela 66. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores do componente de rendimento número de grãos por vagens (NGV), para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	4,42	----
X ₁	0,02	3,44 **
X ₂	0,01	3,17 **
X ₁ ²	-2,00 10 ⁻⁴	-1,99 ^{ns}
X ₂ ²	-1,00 10 ⁻⁴	-2,05 *
X ₁ X ₂	-1,00 10 ⁻⁴	-1,23 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 67. Estimativas e teste t dos coeficientes de regressão do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores do componente de rendimento número de grãos por vagens (NGV), para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	t
Intercepto	4,55	----
X ₁	6,30 10 ⁻³	4,33 **
X ₂	9,50 10 ⁻³	2,93 **
X ₂ ²	-1,00 10 ⁻⁴	-2,05 *

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

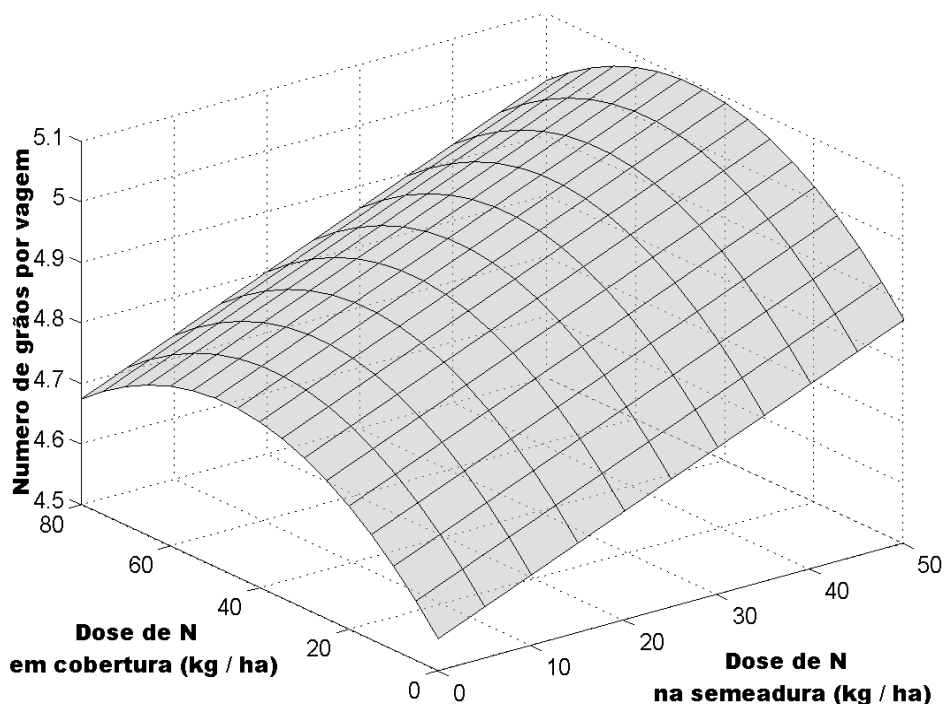


Figura 62. Superfície de resposta do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores de NGV para o experimento 2.

4.2.6. Relação entre índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento

Na Tabela 68 são apresentados os valores dos coeficientes de correlação entre os índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI, produtividade do feijoeiro (PR) e seus componentes de rendimento número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG) para o experimento 1 aos 46, 53 e 62 DAE.

Pode-se observar na Tabela 68, baixos valores dos coeficientes de correlação, para o experimento 1, em todas as épocas analisadas. Aos 46 DAE, a correlação apresentou valores significativos ao nível de 5%, somente para o componente de rendimento MCG e os índices NDVI e WDRVI com a constante a nos valores 0,10 e 0,20. Para o componente de rendimento NVP, somente o índice SAVI apresentou coeficientes de correlação significativos para todas as suas variações. Aos 46 DAE, houve uma tendência de aumento dos valores dos coeficientes de correlação com a diminuição dos valores da constante L, e aumento dos valores da constante a, para os índices SAVI e WDRVI, respectivamente. Assim, para essa época, foram descartados da

análise de correlação canônica, os índices SAVI com L de valores 1,00 e 0,50 e o WDRVI com a de valores 0,05 e 0,10.

Tabela 68. Coeficientes de correlação entre índices de vegetação, produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento, para o experimento 1

Épocas	Índices de vegetação	Componentes de rendimento			
		PR	NVP	NGV	MCG
46 DAE	NDVI	-0,2661 ^{ns}	-0,1789 ^{ns}	0,1310 ^{ns}	-0,3923 [*]
	GNDVI	0,0216 ^{ns}	0,1595 ^{ns}	0,1500 ^{ns}	-0,2948 ^{ns}
	SAVI _{1,00}	-0,2109 ^{ns}	-0,3850 [*]	0,2337 ^{ns}	-0,2294 ^{ns}
	SAVI _{0,50}	-0,2199 ^{ns}	-0,3834 [*]	0,2375 ^{ns}	-0,2472 ^{ns}
	SAVI _{0,25}	-0,2319 ^{ns}	-0,3780 [*]	0,2395 ^{ns}	-0,2712 ^{ns}
	WDRVI _{0,05}	-0,2695 ^{ns}	-0,1631 ^{ns}	0,0861 ^{ns}	-0,3587 ^{ns}
	WDRVI _{0,10}	-0,2694 ^{ns}	-0,1724 ^{ns}	0,1055 ^{ns}	-0,3736 [*]
	WDRVI _{0,20}	-0,2677 ^{ns}	-0,1761 ^{ns}	0,1188 ^{ns}	-0,3831 [*]
53 DAE	NDVI	-0,0696 ^{ns}	0,0678 ^{ns}	-0,1392 ^{ns}	0,1149 ^{ns}
	GNDVI	0,2284 ^{ns}	0,2870 ^{ns}	0,1396 ^{ns}	0,0499 ^{ns}
	SAVI _{1,00}	0,0109 ^{ns}	-0,1883 ^{ns}	0,1930 ^{ns}	0,0252 ^{ns}
	SAVI _{0,50}	0,0098 ^{ns}	-0,1843 ^{ns}	0,1851 ^{ns}	0,0312 ^{ns}
	SAVI _{0,25}	0,0044 ^{ns}	-0,1729 ^{ns}	0,1663 ^{ns}	0,0422 ^{ns}
	WDRVI _{0,05}	-0,0796 ^{ns}	0,1368 ^{ns}	-0,2039 ^{ns}	0,1735 ^{ns}
	WDRVI _{0,10}	-0,0771 ^{ns}	0,1061 ^{ns}	-0,1755 ^{ns}	0,1487 ^{ns}
	WDRVI _{0,20}	-0,0738 ^{ns}	0,0864 ^{ns}	-0,1572 ^{ns}	0,1319 ^{ns}
62 DAE	NDVI	0,3160 ^{ns}	0,2143 ^{ns}	0,1644 ^{ns}	0,2764 ^{ns}
	GNDVI	0,3654 [*]	0,2968 ^{ns}	0,2170 ^{ns}	0,2432 ^{ns}
	SAVI _{1,00}	0,3418 ^{ns}	0,3438 ^{ns}	0,1910 ^{ns}	0,2469 ^{ns}
	SAVI _{0,50}	0,3438 ^{ns}	0,3265 ^{ns}	0,1917 ^{ns}	0,2576 ^{ns}
	SAVI _{0,25}	0,3437 ^{ns}	0,3038 ^{ns}	0,1907 ^{ns}	0,2682 ^{ns}
	WDRVI _{0,05}	0,3722 [*]	0,2580 ^{ns}	0,2017 ^{ns}	0,2521 ^{ns}
	WDRVI _{0,10}	0,3560 ^{ns}	0,2438 ^{ns}	0,1903 ^{ns}	0,2614 ^{ns}
	WDRVI _{0,20}	0,3399 ^{ns}	0,2311 ^{ns}	0,1793 ^{ns}	0,2689 ^{ns}

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 53 DAE, não foi verificado nenhum valor significativo do coeficiente de correlação. Os valores dos coeficientes de correlação para o índice SAVI tenderam a aumentar com o aumento dos valores da constante L. Já para o WDRVI, esses valores diminuíram com o aumento da constante a.

Como os índices SAVI e WDRVI, nas suas diferentes variações, são altamente correlacionados entre si, foram considerados na análise de correlação canônica, apenas um índice SAVI e WDRVI de coeficiente L ou a, respectivamente, que apresentou maior correlação com os componentes de rendimento. Para a realização da análise de correlação canônica aos 53 DAE,

para esse experimento, foram descartados do grupo índices de vegetação os índices SAVI com L de valores 0,50 e 0,25 e o WDRVI com a de valores 0,10 e 0,20.

Para os dados obtidos aos 62 DAE, valores significativos de correlação foram observados apenas para a produtividade e os índices GNDVI e WDRVI ($\alpha=0,05$) com valores de 0,3654 e 0,3722, respectivamente. Em um experimento paralelo, na mesma área experimental, Tormen (2008) com uso dos mesmos índices de vegetação extraídos de imagens obtidas a aproximadamente três metros sobre o dossel da cultura, correlacionou estes índices com os valores de produtividade. O valor de correlação para o índice GNDVI foi de 0,52, com uso de imagens obtidas aos 64 DAE, para esse mesmo experimento e o índice WDRVI não apresentou correlação significativa. Assim como aos 53 DAE, os valores dos coeficientes de correlação do índice SAVI tenderam a aumentar com o aumento do valor da constante L. Para o índice WDRVI, os valores dos coeficientes de correlação tenderam a ser maiores com a diminuição dos valores da constante a. Foram descartados do grupo índices de vegetação os índices SAVI com L de valores 0,50 e 0,25 e os índices WDRVI com valores de 0,10 e 0,20 para a constante a na avaliação das correlações canônicas realizada aos 62 DAE.

Nas Tabelas 69, 70 e 71 são apresentadas as estimativas das correlações canônicas e os pares canônicos entre o grupo valores médios dos índices de vegetação (NDVI, GNDVI, SAVI, WDRVI) e o grupo produtividade do feijoeiro e seus componentes rendimento do feijoeiro (PR, NVP, NGV, MCG) para o experimento 1, aos 46, 53 e 62 DAE respectivamente.

Para o experimento 1, as primeiras correlações canônicas não foram significativas ao nível de significância em que foram realizados os testes. Assim, para esse experimento, aos 46, 53 e 62 DAE, conclui-se que os grupos considerados, valores dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento são independentes. Como já discutido anteriormente, a ocorrência da doença mofo-branco no feijoeiro, pode ter contribuído para que os grupos considerados, em todas as épocas, para o experimento 1, se mostrassem independentes.

Tabela 69. Correlações canônicas e pares canônicos entre valores médios dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento para o experimento 1, aos 46 DAE

Variáveis	Pares canônicos			
	1º	2º	3º	4º
NDVI	4,0660	-11,3840	12,9487	-18,1317
GNDVI	1,1020	-0,1071	0,7121	0,7808
SAVI _{0,25}	-0,8360	0,4849	0,6681	0,8078
WDRVI _{0,20}	-4,6217	10,2721	-14,0503	17,3944
PR	0,3875	-0,0926	0,4032	-1,2507
NVP	0,8178	-0,0712	-0,2065	0,7827
NGV	-0,3866	0,4373	0,9870	0,9388
MCG	-0,3557	1,2669	0,2519	0,8009
r	0,6092	0,4532	0,3357	0,0042
X ²	19,9292 ^{n.s.}	---	---	---

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 70. Correlações canônicas e pares canônicos entre valores médios dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento para o experimento 1, aos 53 DAE

Variáveis	Pares canônicos			
	1º	2º	3º	4º
NDVI	1,7473	-2,4750	-2,2960	2,4623
GNDVI	1,7550	0,1047	0,4023	0,1553
SAVI _{1,00}	-1,3888	-0,2682	0,8462	-0,0992
WDRVI _{0,05}	-2,7421	2,9574	1,9879	-1,6817
PR	0,7225	-0,5948	-0,4162	-0,9146
NVP	0,4697	0,9058	0,2186	0,4901
NGV	-0,1510	-0,3391	1,3226	0,5561
MCG	-0,7186	0,3345	1,3383	-0,1312
r	0,7029	0,4885	0,3139	0,0048
X ²	25,9174 ^{ns}	---	---	---

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores dos coeficientes de correlação dos índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e WDRVI com a produtividade do feijoeiro (PR) e seus componentes de rendimento número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG) para o experimento 2 aos 50, 56 e 69 DAE, são apresentados na Tabela 72.

PR, NVP e NGV apresentaram coeficientes de correlação significativos a 5% com todos os índices de vegetação para todas as épocas estudadas. Com exceção do coeficiente de correlação com o índice GNDVI aos 56 DAE (0,4149), o componente de rendimento MCG, para as épocas 50 e 56 DAE,

não apresentou correlação significativa com os demais índices de vegetação analisados ao nível de significância em que foi realizado o teste.

Tabela 71. Correlações canônicas e pares canônicos entre valores médios dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento para o experimento 1, aos 62 DAE

Variáveis	Pares canônicos			
	1º	2º	3º	4º
NDVI	-0,8530	-3,6666	-4,0733	-0,2538
GNDVI	3,0468	-2,7734	2,4579	-3,6018
SAVI _{1,00}	1,1172	-1,4914	0,4935	1,5326
WDRVI _{0,05}	-2,4131	8,0824	0,6224	2,4008
PR	-0,2756	1,2460	0,2485	0,4419
NVP	0,7396	-0,6300	0,5701	0,2454
NGV	0,9394	-0,1037	-0,5905	-0,9769
MCG	0,8576	-0,4508	-1,2176	-0,1236
r	0,6476	0,4238	0,3633	0,0554
X ²	21,7130 ^{ns}	---	---	---

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos 50 e 56 DAE, aos 69 DAE, para o experimento 2, os coeficientes de correlação foram menores para PR e os componentes de rendimento NVP, NGV e maiores para o componente de rendimento MCG, com todos os índices estudados. Aos 69 DAE, para esse experimento, a cultura encontrava-se em processo inicial de amarelecimento das folhas, na etapa de transição entre R8 e R9 da fase reprodutiva (Figura 58). Esse fato pode ter influenciado na elevação dos valores dos coeficientes de correlação para o componente de rendimento MCG, pois com o amarelecimento e senescência das folhas do feijoeiro, nessa época, foi ressaltado o aparecimento das vagens.

Ao contrário do presente trabalho, Tormen (2008), no experimento paralelo, com uso de imagens, concluiu que a correlação entre os índices de vegetação e a produtividade foi maior com o avanço dos dias após a emergência, tendo a última época de avaliação aos 68 DAE. O mesmo autor obteve maior correlação com a produtividade usando os índices GNDVI e WDRVI. As maiores correlações com a produtividade, no presente trabalho também foram obtidas com esses índices e o SAVI, aos 50 e 56 DAE. O índice GNDVI utiliza a banda do verde na sua formação. Silva Jr. et al. (2008), em um trabalho com uso de imagens digitais, concluíram que, na formação do índice

de vegetação da diferença normalizada, a banda verde mostrou-se mais eficiente na relação com a estimativa da produtividade de massa seca de pastagem do que a banda vermelha.

Tabela 72. Coeficientes de correlação entre índices de vegetação, produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento, para o experimento 2

Épocas	Índices de vegetação	Componentes de rendimento			
		PR	NVP	NGV	MCG
50 DAE	NDVI	0,8443 **	0,8182 **	0,7035 **	0,2476 ^{ns}
	GNDVI	0,9016 **	0,8798 **	0,6878 **	0,3307 ^{ns}
	SAVI _{1,00}	0,9026 **	0,8708 **	0,7043 **	0,2923 ^{ns}
	SAVI _{0,50}	0,8944 **	0,8630 **	0,7076 **	0,2848 ^{ns}
	SAVI _{0,25}	0,8827 **	0,8523 **	0,7089 **	0,2753 ^{ns}
	WDRVI _{0,05}	0,9026 **	0,8656 **	0,6986 **	0,3025 ^{ns}
	WDRVI _{0,10}	0,8926 **	0,8549 **	0,7074 **	0,2971 ^{ns}
	WDRVI _{0,20}	0,8788 **	0,8430 **	0,7104 **	0,2866 ^{ns}
56 DAE	NDVI	0,8557 **	0,8201 **	0,6905 **	0,2895 ^{ns}
	GNDVI	0,9067 **	0,8794 **	0,6457 **	0,4149 *
	SAVI _{1,00}	0,8964 **	0,8578 **	0,6782 **	0,3184 ^{ns}
	SAVI _{0,50}	0,8915 **	0,8522 **	0,6840 **	0,3138 ^{ns}
	SAVI _{0,25}	0,8839 **	0,8447 **	0,6885 **	0,3079 ^{ns}
	WDRVI _{0,05}	0,8916 **	0,8457 **	0,6511 **	0,3511 ^{ns}
	WDRVI _{0,10}	0,8896 **	0,8427 **	0,6690 **	0,3434 ^{ns}
	WDRVI _{0,20}	0,8825 **	0,8373 **	0,6817 **	0,3303 ^{ns}
69 DAE	NDVI	0,8261 **	0,8109 **	0,5166 **	0,4533 *
	GNDVI	0,7912 **	0,7863 **	0,3866 *	0,5408 **
	SAVI _{1,00}	0,8327 **	0,8198 **	0,4615 *	0,4452 *
	SAVI _{0,50}	0,8354 **	0,8217 **	0,4753 **	0,4491 *
	SAVI _{0,25}	0,8359 **	0,8214 **	0,4893 **	0,4521 *
	WDRVI _{0,05}	0,8126 **	0,7914 **	0,3877 *	0,4908 **
	WDRVI _{0,10}	0,8212 **	0,7995 **	0,4177 *	0,4892 **
	WDRVI _{0,20}	0,8276 **	0,8068 **	0,4523 *	0,4827 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Como já exposto anteriormente no item 4.1.4. (Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores médios de índices de vegetação), o índice de vegetação WDRVI é uma modificação do índice NDVI colocando um coeficiente na região do infravermelho próximo para minimizar o efeito de saturação do índice em condições de biomassa moderada a alta (Gitelson, 2004). Pela Tabela 72, pode-se observar que os coeficientes de correlação entre o índice WDRVI e PR e seu componente de rendimento NVP são maiores quando comparados com o NDVI aos 50 e 56 DAE. Pode-se

observar ainda que, nessas épocas, à medida que se aumenta o valor de a , o valor do coeficiente de correlação tende a diminuir. Este índice, segundo Gitelson (2004), possui maior sensibilidade a mudanças no IAF e será valioso, para a agricultura de precisão, no acompanhamento da vegetação em condições de densidade de moderada a alta. Na época 50 DAE o feijoeiro encontrava-se na etapa R7 e aos 56 DAE, na R8. Essas épocas são coincidentes com a maior densidade e vigor de vegetação do feijoeiro, o que justifica os maiores valores de correlação encontrados com uso do índice WDRVI.

Aos 50 e 56 DAE, para o índice SAVI, os valores dos coeficientes de correlação apresentaram tendência de ser maiores com o aumento da constante L . Assim, para essas épocas, foram descartados do grupo índices de vegetação, os índices WDRVI com valores de 0,10 e 0,20 para a constante a e os índices SAVI com valores 0,50 e 0,25 para a constante L na avaliação das correlações canônicas realizada nessas épocas.

Ao contrário dos valores dos coeficientes de correlação na análise realizada para os dados aos 50 e 56 DAE, para o índice WDRVI, aos 69 DAE, esses valores tenderam a ser menores com a diminuição dos valores da constante a . Para o índice SAVI, os valores dos coeficientes de correlação tenderam a ser menores com a diminuição da constante L . Portanto, na avaliação das correlações canônicas para essa época, foram descartados os índices WDRVI com 0,05 e 0,10 para os valores da constante a e os índices SAVI com valores 1,00 e 0,50 para a constante L .

As estimativas das correlações canônicas e os pares canônicos entre o grupo valores médios dos índices de vegetação (NDVI, GNDVI, WDRVI e SAVI) e o grupo PR e seus componentes de rendimento (PR, NVP, NGV, MCG) para o experimento 2, aos 50 DAE, são apresentadas na Tabela 73.

Conclui-se, pela Tabela 73, que os grupos considerados, valores médios dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento são correlacionados. A primeira correlação canônica foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Analogamente, o primeiro par canônico foi estatisticamente relevante. Com base nesses resultados, verifica-se que os valores dos grupos considerados são fortemente correlacionados, pois a correlação do primeiro par canônico é superior a 0,95. A análise das variáveis

do primeiro par canônico apresenta, do lado da produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento, predomínio da produtividade, e do lado dos valores dos índices de vegetação, os índices GNDVI e NDVI foram os que apresentaram maiores contribuições. Ainda, pode-se afirmar que, a contribuição dos índices SAVI e WDRVI, do lado dos índices de vegetação, são desprezíveis.

Tabela 73. Correlações canônicas e pares canônicos entre valores médios dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento para o experimento 2, aos 50 DAE

Variáveis	Pares canônicos			
	1º	2º	3º	4º
NDVI	-2,3096	5,2281	1,7380	1,8701
GNDVI	3,2886	-7,9986	3,4624	0,9567
SAVI _{1,00}	-0,0176	2,6043	-2,3011	-8,8444
WDRVI _{0,05}	-0,0690	0,6171	-2,8019	6,1408
PR	0,7828	-0,3478	-4,3008	0,5594
NVP	0,2374	0,0911	3,5019	-1,4992
NGV	-0,1057	0,9534	1,0520	0,7784
MCG	0,1237	-0,6335	0,3449	0,8531
r	0,9531	0,6437	0,2585	0,0928
X ²	73,5691 *	15,0174 ^{ns}	---	---

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 74, são apresentadas as estimativas das correlações canônicas e os pares canônicos entre o grupo valores médios dos índices de vegetação (NDVI, GNDVI, WDRVI) e o grupo produtividade do feijoeiro (PR) e seus componentes de rendimento (NVP, NGV, MCG) para o experimento 2, aos 56 DAE.

Pela análise das correlações canônicas entre os grupos considerados, aos 56 DAE, para o experimento 2, conclui-se que esses grupos não são independentes. As duas primeiras correlações canônicas foram significativas ao nível de probabilidade em que foi realizado o teste. Assim, os dois primeiros pares canônicos são estatisticamente relevantes com a correlação do primeiro par canônico próximo a 0,95. Portanto, os valores dos índices de vegetação e a produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento são fortemente correlacionados.

Tabela 74. Correlações canônicas e pares canônicos entre valores médios dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento para o experimento 2, aos 56 DAE

Variáveis	Pares canônicos			
	1º	2º	3º	4º
NDVI	-1,7801	2,9245	-0,0938	4,6776
GNDVI	2,5359	-4,8713	-3,0447	-0,0225
SAVI _{1,00}	0,8532	2,9643	-3,1292	-9,0553
WDRVI _{0,05}	-0,7105	-0,6266	6,3580	4,6374
PR	0,8460	-0,3583	4,3400	-0,1253
NVP	0,1511	0,3431	-3,6884	-0,9716
NGV	-0,1596	0,8157	-0,9172	1,0506
MCG	0,2195	-0,7366	-0,2390	0,7841
r	0,9429	0,6981	0,3494	0,1969
X ²	74,4078 *	20,5294 *	4,1592 ^{ns}	---

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Assim como para os dados coletados aos 50 DAE, aos 56 DAE, para o experimento 2, o exame das variáveis do primeiro par canônico, que apresentou maior correlação, apresenta do lado da produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento, predomínio da produtividade e do lado dos valores dos índices de vegetação predomínio do índice GNDVI. Pela análise do segundo par canônico, verifica-se que o número de grãos por vagem (NGV), apresenta predomínio no lado da produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento e se correlaciona negativamente com o índice GNDVI e positivamente com os índices NDVI e SAVI do lado dos índices de vegetação.

Para o experimento 2, as estimativas das correlações canônicas e os pares canônicos entre o grupo valores médios dos índices de vegetação (NDVI, GNDVI, WDRVI) e o grupo produtividade do feijoeiro (PR) e seus componentes de rendimento (NVP, NGV, MCG), aos 69 DAE, são apresentadas na Tabela 75.

Pode-se concluir que os grupos considerados não são independentes (Tabela 75). As duas primeiras correlações canônicas foram significativas ao nível de 5% de probabilidade. Assim, por analogia, os dois primeiros pares canônicos foram estatisticamente relevantes. A correlação do primeiro par canônico é superior a 0,85. Portanto, os valores dos índices de vegetação e os componentes de rendimento do feijoeiro, são fortemente correlacionados.

Assim como as análises feitas aos 50 e 56 DAE, a análise das variáveis do primeiro par canônico apresenta, do lado dos componentes de rendimento, predomínio da produtividade, e do lado dos valores dos índices de vegetação, o índice NDVI foi o que apresentou maior contribuição. Analisando o segundo par canônico, verifica-se que a produtividade, ao lado do número de grãos por vagem (NGV), apresentaram maiores contribuições no grupo produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento. No lado dos índices de vegetação, os índices GNDVI seguido pelo NDVI, foram os que apresentaram maiores contribuições. Pode-se observar ainda que os índices SAVI e WDRVI, apresentaram pouca contribuição. Tormen (2008), no experimento paralelo, com uso de imagens, aos 68 DAE, obteve maiores correlações com a produtividade usando os índices GNDVI e WDRVI.

Tabela 75. Correlações canônicas e pares canônicos entre valores médios dos índices de vegetação e produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento para o experimento 2, aos 69 DAE

Variáveis	Pares canônicos			
	1º	2º	3º	4º
NDVI	-1,4841	-3,4614	5,9078	-3,8643
GNDVI	-0,0209	3,5721	3,9457	1,3001
SAVI _{0,25}	1,2932	-0,4665	-4,2647	7,6991
WDRVI _{0,20}	1,1853	0,2469	-5,3478	-5,1664
PR	1,5381	1,2003	-3,2241	-2,3440
NVP	-0,3400	-0,9268	2,3199	2,8865
NGV	-0,4559	-1,1703	-0,9808	-0,3107
MCG	0,1326	0,4612	-0,8511	-0,5550
r	0,8718	0,6440	0,4648	0,1901
X ²	54,9566 *	19,9915 *	6,8651 ^{ns}	---

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

As análises de correlação canônica indicam superioridade de correlação para os dados obtidos aos 50 e 56 DAE, para o experimento 2. Como já discutido no item 4.2.3. (Avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e índices de vegetação), aos 69 DAE, a cultura estava em processo inicial de amarelecimento das folhas no final da etapa R8 de desenvolvimento. A alteração do desenvolvimento das plantas causado pelas diferentes doses de N aplicadas nas parcelas provocou a desuniformidade na cor do dossel da cultura. Esse pode ter sido o principal

motivo pelo qual a avaliação da relação entre os grupos considerados, por meio de análises de correlação canônica, nessa época, foi inferior às demais épocas analisadas para o experimento 2.

Os índices SAVI e WDRVI, aos 50 e 56 DAE, apresentaram, do lado do grupo índices de vegetação, baixa contribuição nas análises das variáveis canônicas. O índice GNDVI apresentou nessas mesmas épocas, maiores contribuições para os dois primeiros pares canônicos, ressaltando a sua importância também na correlação com o grupo produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento, em especial a produtividade. O índice GNDVI utiliza a banda do verde na sua formação. Silva Jr. et al. (2008), em um trabalho com uso de imagens digitais, concluíram que, na formação do índice de vegetação da diferença normalizada, a banda verde mostrou-se mais eficiente na relação com a estimativa da produtividade de massa seca de pastagem do que a banda vermelha.

5. CONCLUSÕES

Os estudos conduzidos antes da adubação em cobertura permitiram concluir que:

- O clorofilômetro portátil SPAD 502 e a análise do teor de nitrogênio foliar podem ser utilizados para avaliação dos níveis de adubação nitrogenada desde que o solo seja de baixa fertilidade natural.
- O estágio de desenvolvimento mais adequado para discriminação de doses de nitrogênio aplicadas na semeadura com uso do clorofilômetro portátil SPAD 502 foram aos 25 e 27 DAE, para solos de alta e baixa fertilidade natural, respectivamente.
- O estágio de desenvolvimento mais adequado para discriminação de doses de nitrogênio aplicadas na semeadura com uso da análise do teor de nitrogênio foliar foram aos 19 e 20 DAE, para solos de alta e baixa fertilidade natural, respectivamente.
- A resposta espectral do feijoeiro seguiu os padrões típicos da vegetação verde e foi alterada conforme as variações na quantidade de biomassa do dossel, causadas pelas diferentes doses de nitrogênio.
- O incremento da quantidade de biomassa no feijoeiro diminuiu a reflectância na porção visível e aumentou a reflectância na porção do infravermelho próximo do espectro.
- A resposta espectral da reflectância do dossel do feijoeiro foi influenciada pelas doses de nitrogênio aplicadas na semeadura aos 21 e 26 DAE, indicando ser um bom discriminante de doses de nitrogênio em solos de baixa fertilidade natural.

- Para o solo de alta fertilidade, não foi verificada relação funcional entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e os valores médios dos índices de vegetação estudados.
- O estágio de desenvolvimento mais adequado para discriminação de doses de nitrogênio aplicadas na semeadura com uso dos valores médios dos índices de vegetação foi aos 21 DAE, para solo com baixa fertilidade natural.
- Os índices SAVI e WDRVI mostraram-se mais eficientes na identificação da relação funcional entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e os valores médios dos índices de vegetação, quando comparados com o índice NDVI.
- Para o solo de baixa fertilidade natural, com uso do SPAD 502 foi possível obter altos valores de correlação entre valores SPAD e o teor de nitrogênio foliar (NF), aos 12 e 20 DAE, respectivamente.
- Os índices de vegetação estudados não apresentaram correlação significativa com os valores de NF.

Os estudos conduzidos após a adubação em cobertura permitiram concluir que:

- Com o uso do SPAD 502 foi possível discriminar doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura aos 35 DAE em solo de baixa fertilidade natural.
- É possível estabelecer relações funcionais entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e os valores médios dos índices de vegetação estudados, desde que o solo seja de baixa fertilidade natural.
- O índice de vegetação GNDVI foi o que apresentou melhor ajuste na discriminação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura, aos 56 DAE, em solo de baixa fertilidade natural.
- O uso do SPAD 502 não foi eficiente para a verificação de uma relação funcional entre os valores SPAD e o NF.
- As doses de adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura incrementaram significativamente a produtividade, o número de vagens por

planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) somente para o solo de baixa fertilidade natural.

- Os grupos valores médios dos índices de vegetação e o grupo produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento foram independentes para o solo de alta fertilidade.
- No solo de baixa fertilidade natural, os grupos valores médios dos índices de vegetação e o grupo produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento mostram-se dependentes.
- O índice GNDVI, aos 50 e 56 DAE, no solo de baixa fertilidade natural, apresentou maiores contribuições nos primeiros pares canônicos, ressaltando a sua importância na correlação com o grupo produtividade do feijoeiro e seus componentes de rendimento, em especial a produtividade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCOLI, A.A.; SORATTO, R.P.; MARUYAMA, W.I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.377-384, 2008.

AIDAR, H; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M. **Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais: Estabelecimento da cultura**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. (Circular Técnica, 56).

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análise de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G; ALVAREZ V., V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG, 1999. cap. 5, p.26-32.

ALVAREZ, V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G; ALVAREZ V., V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG, 1999. cap. 8, p. 43-66.

AMBROSANO, E.J., WUTKE, E.B., AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SORDI, G. de. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, p.338-343, 1996.

ANDRADE, C.A. de B.; PATRONI, S.M.S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C.A. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1077-1086, 2004.

ARAÚJO, G.A.A.; FERREIRA, A.C.B. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**, 2. ed. Viçosa: Atual, Ed. UFV, 2006. cap. 5, p. 87-114.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, G.C. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.715-722, 2001.

BAESSO, M.M.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M.; VIEIRA, L.B.; ALVES, E.A. Determinação do “status” nutricional de nitrogênio no feijoeiro utilizando imagens digitais coloridas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.520-528, 2007.

BALASTREIRE, L.A. Histórico, definições e conceitos básicos. In: BALASTREIRE, L.A. (ed.). **Agricultura de precisão**. Piracicaba: BALASTREIRE, L.A., 1998. p.1-8.

BARBOSA FILHO, M.P.; COBUCCI, T.; MENDES, P.N. Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto. **Circular Técnica**, Santo Antônio de Goiás, Embrapa, n. 70, 8p., 2005.

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

BLACKMER, T.M., SCHEPERS, J.S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, 1995, v. 8, n. 1, p. 55-60.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**, 2. ed. Viçosa: Atual, Ed. UFV, 2006. cap. 1, p. 13-18.

BRUEGGE, C.; CHRIEN, N.; HANER, D. A Spectralon BRF data base for MISR calibration applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 76, p. 354-366, 2001.

CALVACHE, A.M., REICHARDT, K., MALAVOLTA, E. *et al.* Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Sci. agric.**, 1997, v. 54, n. 3, p.232-240.

CARDOSO, S.S.; ZANINI, J.R. Parcelamento de nitrogênio aplicado por fertirrigação via pivô central em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.441-449, 2003.

CARVALHO, H.W.L.; LEAL, M.L.S. Cultivares de milho e feijão em monocultivo e em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1467-1473, set. 1991.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.27, p.445-450, 2003.

CHAGAS, J.M.; CARNEIRO, J.E.S.; SALGADO, L.T.; FIGUEIREDO, T.T. Uso do clorofilômetro portátil na avaliação da produção de feijão influenciado por doses de nitrogênio e molibdênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8.; 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1109-1111.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A. de A.; ANDRADE, M.J.B. LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G; ALVAREZ V., V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG, 1999. cap. 18, p. 306-307.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos: sexto levantamento, março 2008 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>, acesso em 25 de março de 2008.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos: quarto levantamento, janeiro 2009 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>, acesso em 12 de fevereiro de 2009.

CRUCIANI, D.E.; MAIA, P.C.S.; PAZ, V.P.S.; FRIZZONE, J.A. Fertirrigação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por sistema de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 63-67, 1998.

DENEGA, S.; JADOSKI, S.O.; MALLMANN, N. Avaliação da produtividade no consórcio de milho e feijão. **Guairacá**, Guarapuava, n. 20, p. 17-31. 2004.

DIAS, V.P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: Uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. New York: John Wiley, 1981. 709p.

EPIPHANIO, J.C.N.; GLERIANI, J.M.; FORMAGGIO, A.R.; RUDORFF, B.F.T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, jun. 1996.

EPIPHANIO, J. C. N. ; HUETE, A. R. . Influence of Sun and sensor geometry on the relationship between vegetation indices and fapar in alfalfa. **Remote Sensing of Environment**, v. 51, p. 351-360, 1995.

FENG, W.; YAO, X.; ZHU, Y.; TIAN, Y.C.; CAO, W.X. Monitoring leaf nitrogen status with hyperspectral reflectance in wheat. **European Journal of Agronomy**. v. 28, p. 394-404, 2008.

FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; CARDOSO, A.A.; FONTES, P.C.R.; VIEIRA, C. Características agronômicas do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.65-72, 2003.

FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; CARDOSO, A.A.; FONTES, P.C.R.; VIEIRA, C. Diagnose do estado nutricional molíbdico do feijoeiro em razão do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 397-401, out./dez. 2003.

FERREIRA, L.G.; FERREIRA, N.C.; FERREIRA, M.E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado da arte. **Acta Sci. Biol. Sci.** Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FIDELIS, R.R.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, I.C.; GALVÃO, J.C.C.; PELUZIO, J.M.; LIMA, S.O. Fontes de Germoplasma de Milho para Estresse de Baixo Nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 147-153, set. 2007.

FONSECA, E.L. da; ROSA, L.M.G.; FONTANA, D.C. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 365-371, mar. 2002.

FONSECA, E. L. da. Uso de dados de sensoriamento remoto para o monitoramento do estresse das culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2. 2004, Aracaju. **Anais...** Aracaju: 2004. p8.

FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N.; VALERIANO, M. M.; OLIVEIRA, J. B. Comportamento espectral (450-2450 nm) de 14 classes de solos tropicais brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 467 - 474, 1996.

FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n.1, p. 171-175, 1996.

GALVÃO, L.S. Espectro eletromagnético amostrado com sensores hiperespectrais. In: MENESES, P.R.; NETTO, J.S.M. (Org.) **Sensoriamento remoto – reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. cap. 8, p.251-262.

GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, dezembro 2002.

GITELSON, A.A.; KAUFMAN, Y.J.; MERZLYAK, M.N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.58, p.289-298, 1996.

GITELSON, A.A.; VIÑA, A.; ARKEBAUER, T.J.; RUNDQUIST, D.C.; KEYDAN, G.; LEAVITT, B. Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n.5, 4p., 2003.

GITELSON, A.A. Wide Dynamic Range Vegetation Index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. **Journal Plant Physiology**, n. 161, p. 165-173, set. 2004.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1982, 430p.

GOPALAPILLAI, S.; TIAN, L.; BEAL, J. Detection of nitrogen stress in corn using digital aerial imaging. **ASAE Meeting**, n. 983030, 1998.

HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; GARCIA BLANCO, H. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v.26, p.381-391, 1967.

HAIR JR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5 ed. Tradução: SANT'ANNA, A.S.; CHAVES NETO, A. Editora Bookman. São Paulo, 2005. 593 p.

HARTMANN, M.; HEDIGER, W.; PETER, S. Reducing nitrogen losses from agricultural systems – an integrated economic assessment. In: 47th annual conference of the GEWISOLA (German Association of Agricultural Economists) and the 17th annual conference of the ÖGA (Austrian Association of Agricultural Economists). 2007, Freising/Weihenstephan, Germany, September. **Anais...** 2007. 12 p.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, ago. 1988.

HOFFER, R.M. Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. In: SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. (ed.). 1978. **Remote Sensing: The Quantitative Approach**. New York, McGraw Hill. p.227-265.

IFA STATISTICS. Production, exports, imports, for nitrogen, phosphates, potash and sulphur products from 1999 to 2006 (calendar year) by region. Disponível em: www.fertilizer.org. Acesso em: 11 de janeiro de 2008.

JACKSON, R.D.; CLARKE, T.R.; MORAN, M.S. Bidirectional calibration results for 11 spectralon and 16 BaSo₄ reference reflectance panels. **Remote Sensing of Environment**, v. 40, n. 3, p. 231-239, jun. 1992.

JINHENG, Z.; KE, C. New vegetation index for estimating nitrogen concentration using fresh leaf spectral reflectance. **Transactions of the CSAE**. v. 24, n.3, mar/2008.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 1998. 816 p.

LABSPHERE. Reflectance characteristics of Spectralon panels. Reflectance Calibration Laboratory. Labsphere Inc., Sutton, NH, USA, 9 p., 1998.

LI, F.; GNYP, M.L.; JIA, L.; MIAO, Y.; YU, Z.; KOPPE, W.; BARETH, B.; CHEN, X.; ZHANG, F. Estimating N status of winter wheat using a handheld spectrometer in the North China Plain. **Field Crops Research**. n.106, p. 77–85, 2008.

LOUREIRO, F.E.L.; NASCIMENTO, M. Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável. **Série estudos e documentos**. CETEM / MCT, 2003. n.53, 75 p.

MADEIRA NETTO, J. S. Comportamento espectral dos solos. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (Ed.). **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. cap. 4. p. 125-154.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M.F. de. O nitrogênio na agricultura brasileira. **Série estudos e documentos**. CETEM / MCT, 2006. n.70, 72 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações**. POTAFÓS, Piracicaba, 1997. 319p.

MARTINELLI, L.A. Os caminhos do nitrogênio – Do fertilizante ao poluente. **Informações agronômicas**. Conferência N2007, n. 118, 10p, Jun. 2007.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G. de; SOUZA, R.B. de. Diagnose Foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G; ALVAREZ V., V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG, 1999. cap. 17, p. 144-168.

MENESES, P. R. Fundamentos da Radiometria Óptica Espectral. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (Ed.). **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. cap. 1. p. 15-39.

MILTON, E.J. Principles of field spectroscopy. **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v. 8, n. 12, p. 1807-1827, dez. 1987.

MISTELE, B.; SCHMIDHALTER, U. Estimating the nitrogen nutrition index using spectral canopy reflectance measurements. **European Journal of Agronomy**. v.29, n. 4, p. 184-190, nov/2008.

MISTELE, B.; SCHMIDHALTER, U. Spectral measurements of the total aerial N and biomass dry weight in maize using a quadrilateral-view optic. **Field Crops Research**. n. 106, p. 94–103, 2008.

MORAES, E.C.; NOGUEIRA, J.L.M.; ESPOSITO, E.S.C.; BASTOS, E.J.B.; FREIRE, M.L.F. Comparação entre placas de referência de sulfato de bário (pintada e prensada). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8.; 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 927-931.

MOREENTHALER, G.W.; KHATIB, N.; KIM, B. Incorporating a constrained optimization algorithm into remote sensing/precision agriculture methodology. **Acta Astronautica**, v. 53, n. 4-10, p. 429-437, Ago/Nov. 2003.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Atualizada e Ampliada. Viçosa. Editora UFV, 2005. 320 p.

MORGANO, M.A. ; QUEIROZ, S.C.N.; FERREIRA, M.M.C. Aplicação da Análise Exploratória na Diferenciação de Vegetais. **Braz. J. Food Technol.**, 2(1,2) p. 73-79, 1999.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992. 308p.

OLIVEIRA, R.M.B.; OLIVEIRA, F.A.; GUEDES, K. Fertilização nitrogenada e irrigação na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em casa de vegetação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 6p., 2004.

PAULA JÚNIOR, T.J. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**, 2. ed. Viçosa: Atual, Ed. UFV, 2006. cap. 13, p. 359-414.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (Ed.). **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. cap. 5. p. 157-195.

PRADO, H. do. A pedologia simplificada. Potafos. **Arquivo do agrônomo**, n. 1, 2 ed. dez/1995. 6 p.

PRASAD, A.K.; CHAI, L.; SINGH, R.P.; KAFATOS, M. Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. 2005. 8p.

QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P.; MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. (Ed.) **Agricultura de Precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p.1-41.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, set/out. 2004.

REGAZZI, A.J.; SILVA, C.H.O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v.22, n.3, p. 33-45, 2004.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G; ALVAREZ V., V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja doutor do seu feijoeiro. Potafos. **Arquivo do agrônomo**, n. 7, Encarte de informações agronômicas – n. 68 - dez/94. 4 p.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.; HARLAN, J.C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371 p.

RUTTAN, V.W. Constraints on sustainable growth in agricultural into 21st century. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v. 20, p. 225-234, 1991.

SANTOS, A.O.; PALLONE FILHO, W.J.; UNGARO, M.R.G; LINO, A.C.L.; RADIN, B. Prospecção de zonas potenciais para manejo diferenciado em agricultura de precisão utilizando-se padrões de solo-planta-clima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.463-468, 2003.

SANTOS, J.B. dos; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**, 2. ed. Viçosa: Atual, Ed. UFV, 2006. cap. 3, p. 41-65.

SCHEPERS, J.S.; BLACKMER, T.M.; WILHELM, W.W.; RESENDE, M. Transmittance and reflectance measurements of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. **Journal Plant Physiology**, Stuttgart, n.148, p.523-529, 1996.

SEELAN, S.K.; LAGUETTE, S.; CASADY, G.M.; SEIELSTAD, G.A. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 88, n. 1 p.157–169, nov. 2003.

SENA JÚNIOR, D.G. de. **Utilização de técnicas de visão artificial para ajuste da adubação nitrogenada em trigo**. 2005. 149p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SENA JÚNIOR, D.G.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M.; SANTOS, N.T.; KHOURY JÚNIOR, J.K. Discriminação entre estágios nutricionais na cultura do trigo com técnicas de visão artificial. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.187-195, jan./mar. 2008.

SILVA, D.A.; MORAES, E.C.; MÁXIMO, O.A.; VIEIRA, P.R. Metodologia de aferição espectral para espectrorradiômetro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8.; 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 957-964.

SILVA, E.C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) da uréia, do milho e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado.** 2005. 111p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA JÚNIOR, M.C.; PINTO, F.A.C.; FONSECA, D.M.; QUEIROZ, D.M.; MACIEL, B.F. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf. utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.3, p.411-419, 2008.

SILVA, O.F. da; FARIA, L.C. de; MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J. **Sistemas e custos de produção de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes épocas e regiões de cultivo.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004, 40 p. (Documentos, 168).

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.

SIMS, D.A.; GAMON, J.A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment.** v. 81, p. 331–354. 2002.

SOUZA, F.F.; RAMALHO, A.R.; NUNES, A.M.L. Cultivo do feijão comum em Rondônia. **Sistemas de Produção**, v. 8 Versão Eletrônica Dez./2005.

STEFFEN, C.A.; MORAES, E.C.; GAMA, F.F. Tutorial de radiometria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7.; 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: 1993. p. 10-14.

The Fourth International Nitrogen Conference in Brasil: N-2007. Agriculture, Development, and Nitrogen. *A problem of too little or too much.*

TORMEN, G.P. **Caracterização do teor de nitrogênio foliar e produtividade do feijoeiro com técnicas de visão artificial.** 2008. 89p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VARELLA, C.A.A.; KHOURY JUNIOR, J.K.; PINTO, F.A.C.; FRANÇA, G.E. Estimativa da deficiência de nitrogênio na cultura do milho utilizando características de imagens digitais para uso em sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6.; 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2391-2398.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**, 2. ed. Viçosa: Atual, Ed. UFV, 2006. cap. 6, p. 115-142.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**, 2. ed. Viçosa: Atual, Ed. UFV, 2006. cap. 17, p. 493-528.

VIEIRA, S.M.; RONZELLI JÚNIOR, P.; DAROS, E.; KOEHLER, H.S.; PREVEDELLO, B.M.S. Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, v.1, n. 1-2, p. 63-66, 2000.

ZHAO, D.H.; LI, J.L.; QI, J.G. Identification of red and NIR spectral regions and vegetative indices for discrimination of cotton nitrogen stress and growth stage. **Computers and Electronics in Agriculture**, n. 48, p. 155–169, 2005.

WRIGHT JR., D.L.; RASMUSSEN JR., V.P.; RAMSEY, R.D. Comparing the use of remote sensing with traditional techniques to detect nitrogen stress in wheat. **Geocarto Internacional**, v. 20, n.1, p. 63-68, 2005.

WU, J.; WANG, D.; C.J. ROSEN, C.J.; BAUER, M.E. Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.101, n.1, p.96-103, 2007.

7. APÊNDICES

Apêndice A

Resultados das análises na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores SPAD

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD, para o experimento 1

11 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,6685	0,6685	1,49	0,2563
Falta de ajustamento	3	1,8231	0,6077	1,36	0,3229
Tratamentos	(4)	(2,4916)			
Blocos	2	29,1546			
Resíduo	8	3,5778	0,4472		
Total	14	35,2239			

19 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,4549	0,4549	0,38	0,5534
Falta de ajustamento	3	10,9152	3,6384	3,06	0,0915
Tratamentos	(4)	(11,3700)			
Blocos	2	73,6205			
Resíduo	8	9,5108	1,1889		
Total	14	94,5014			

25 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	28,7723	28,7723	25,41	0,0010
Falta de ajustamento	3	0,2841	0,0947	0,08	0,9671
Tratamentos	(4)	(29,0564)			
Blocos	2	19,3993			
Resíduo	8	9,0571	1,1321		
Total	14	57,5128			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD, para o experimento 2

5 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	7,7818	7,7818	12,70	0,0074
Falta de ajustamento	3	3,8711	1,2904	2,11	0,1779
Tratamentos	(4)	(11,6530)			
Blocos	2	5,1464			
Resíduo	8	4,9035	0,6129		
Total	14	21,7029			

12 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	140,5204			
Falta de ajustamento	3	12,4959	4,1653	32,04	<0,0001
Tratamentos	(4)	(153,0163)			
Blocos	2	1,5571			
Resíduo	8	1,0399	0,1300		
Total	14	155,6133			

20 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	349,1720			
Falta de ajustamento	3	14,6538	4,8846	4,86	0,0328
Tratamentos	(4)	(363,8258)			
Blocos	2	24,5058			
Resíduo	8	8,0431	1,0054		
Total	14	396,3747			

27 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	239,0064	239,0064	93,81	<0,0001
Falta de ajustamento	3	2,5316	0,8439	0,33	0,8033
Tratamentos	(4)	(241,5380)			
Blocos	2	1,2473			
Resíduo	8	20,3828	2,5479		
Total	14	263,1682			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de segundo grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores SPAD, para o experimento 2

12 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	152,1782	76,0891	585,30	<0,0001
Falta de ajustamento	2	0,8382	0,4191	3,22	0,0940
Tratamentos	(4)	(153,0163)			
Blocos	2	1,5571			
Resíduo	8	1,0399	0,1300		
Total	14	155,6133			

20 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	362,5726	181,2863	180,31	<0,0001
Falta de ajustamento	2	1,2532	0,0,6266	0,62	0,5603
Tratamentos	(4)	(363,8258)			
Blocos	2	24,5058			
Resíduo	8	8,0431	1,0054		
Total	14	396,3747			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e valores SPAD médios, para o experimento 2

12 DAE				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	33,3208	-----	----	----
X	0,3380	0,0263	12,83	<0,0001
X ²	-0,0033	0,0005	-6,38	<0,0001

20 DAE				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	29,1081	-----	----	----
X	0,4520	0,0826	5,47	0,0001
X ²	-0,0035	0,0016	-2,18	0,0498

Apêndice B

Resultados das análises na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e teores de nitrogênio foliar

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores de NF, para o experimento 1

19 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,66690	0,6690	18,98	0,0009
Falta de ajustamento	3	0,0086	0,0029	0,16	0,9221
Tratamentos	(4)	(0,6777)			
Blocos	2	0,6997			
Resíduo	8	0,1475	0,0184		
Total	14	1,5249			

25 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0134	0,0134	0,53	0,4891
Falta de ajustamento	3	0,0063	0,0021	0,08	0,9676
Tratamentos	(4)	(0,0198)			
Blocos	2	0,4642			
Resíduo	8	0,2043	0,0255		
Total	14	0,6883			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores de NF, para o experimento 2

5 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	1,0250	1,0250	18,88	0,0025
Falta de ajustamento	3	0,02647	0,0088	0,16	0,9186
Tratamentos	(4)	(1,0514)			
Blocos	2	0,1843			
Resíduo	8	0,4342	0,0543		
Total	14	1,6700			

12 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	9,7348			
Falta de ajustamento	3	0,6290	0,2097	6,54	0,0151
Tratamentos	(4)	(10,3638)			
Blocos	2	0,3368			
Resíduo	8	0,2563	0,0320		
Total	14	10,9569			

20 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	3,4440	3,4440	27,02	0,0008
Falta de ajustamento	3	0,0486	0,0162	0,13	0,9414
Tratamentos	(4)	(3,4927)			
Blocos	2	0,4703			
Resíduo	8	1,0198	0,1275		
Total	14	4,9828			

27 DAE					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,3204	0,3204	2,98	0,1227
Falta de ajustamento	3	0,1424	0,0475	0,44	0,7298
Tratamentos	(4)	(0,4629)			
Blocos	2	0,8399			
Resíduo	8	0,8607	0,1076		
Total	14	2,1635			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de segundo grau ajustado entre doses de N aplicadas na semente e valores de NF aos 12 DAE para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	10,2503	5,1252	160,16	<0,0001
Falta de ajustamento	2	0,1135	0,0567	1,77	0,2308
Tratamentos	(4)	(11,0635)			
Blocos	2	0,33368			
Resíduo	8	0,2563	0,0320		
Total	14	10,9569			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 12 DAE entre doses de N aplicadas na semente e valores de NF, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	3,3422	-----	----	----
X	0,0805	0,0119	6,74	<0,0001
X ²	-0,0007	0,0002	-2,96	0,0119

Apêndice C

Resultados das análises para a avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e valores médios de índices de vegetação

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios do índice de vegetação, aos 12 DAE, para o experimento 1

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0104	0,0104	4,82	0,0594
Falta de ajustamento	3	0,0024	0,0008	0,37	0,7800
Tratamentos	(4)	(0,0128)			
Blocos	2	0,0045			
Resíduo	8	0,0173	0,0022		
Total	14	0,0345			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0041	0,0041	4,28	0,0724
Falta de ajustamento	3	0,0014	0,0005	0,48	0,7047
Tratamentos	(4)	(0,0054)			
Blocos	2	0,0063			
Resíduo	8	0,0076	0,0009		
Total	14	0,0194			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	1	0,0017	0,0017	3,40	0,1024
	Falta de ajustamento	3	0,0008	0,0003	0,52	0,6808
	Tratamentos	(4)	(0,0025)			
	Blocos	2	0,0018			
	Resíduo	8	0,0041	0,0005		
	Total	14	0,0084			
0,50	Regressão	1	0,0027	0,0027	3,64	0,0930
	Falta de ajustamento	3	0,0011	0,0004	0,49	0,6985
	Tratamentos	(4)	(0,0038)			
	Blocos	2	0,0023			
	Resíduo	8	0,0059	0,0007		
	Total	14	0,0120			
0,25	Regressão	1	0,0042	0,0042	3,92	0,0830
	Falta de ajustamento	3	0,0015	0,0005	0,46	0,7209
	Tratamentos	(4)	(0,0056)			
	Blocos	2	0,0029			
	Resíduo	8	0,0085	0,0033		
	Total	14	0,0170			

		WDRVI				
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	1	0,0014	0,0014	4,96	0,0566
	Falta de ajustamento	3	0,0003	0,0001	0,36	0,7841
	Tratamentos	(4)	(0,0018)			
	Blocos	2	0,0007			
	Resíduo	8	0,0023	0,0004		
	Total	14	0,0048			
0,10	Regressão	1	0,0041	0,0041	4,93	0,0571
	Falta de ajustamento	3	0,0009	0,0003	0,36	0,7846
	Tratamentos	(4)	(0,0050)			
	Blocos	2	0,0019			
	Resíduo	8	0,0066	0,0008		
	Total	14	0,0135			
0,20	Regressão	1	0,0088	0,0088	4,91	0,0575
	Falta de ajustamento	3	0,0019	0,0006	0,36	0,7841
	Tratamentos	(4)	(0,0107)			
	Blocos	2	0,0041			
	Resíduo	8	0,0143	0,0019		
	Total	14	0,0290			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semente e valores médios do índice de vegetação, aos 22 DAE, para o experimento 1

		NDVI				
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F	
Regressão	1	0,0080	0,0080	2,74	0,1365	
Falta de ajustamento	3	0,0181	0,0060	2,06	0,1838	
Tratamentos	(4)	(0,0261)				
Blocos	2	0,0667				
Resíduo	8	0,0234	0,0029			
Total	14	0,1163				

		GNDVI				
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F	
Regressão	1	0,0013	0,0013	1,07	0,3307	
Falta de ajustamento	3	0,0095	0,0032	2,68	0,1175	
Tratamentos	(4)	(0,0108)				
Blocos	2	0,0063				
Resíduo	8	0,0095	0,0012			
Total	14	0,0912				

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	1	0,0028	0,0028	2,62	0,1443
	Falta de ajustamento	3	0,0105	0,0035	3,22	0,0828
	Tratamentos	(4)	(0,0133)			
	Blocos	2	0,0219			
	Resíduo	8	0,0087	0,0011		
	Total	14	0,0439			
0,50	Regressão	1	0,0038	0,0038	2,74	0,1367
	Falta de ajustamento	3	0,0127	0,0042	3,05	0,0920
	Tratamentos	(4)	(0,0165)			
	Blocos	2	0,0294			
	Resíduo	8	0,0111	0,0014		
	Total	14	0,0570			
0,25	Regressão	1	0,0049	0,0049	2,82	0,1317
	Falta de ajustamento	3	0,0148	0,0049	2,81	0,1076
	Tratamentos	(4)	(0,0198)			
	Blocos	2	0,0389			
	Resíduo	8	0,0140	0,0018		
	Total	14	0,0728			

WDRVI						
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	1	0,0544	0,0544	4,41	0,0688
	Falta de ajustamento	3	0,0657	0,0219	1,78	0,2294
	Tratamentos	(4)	(0,1201)			
	Blocos	2	0,2387			
	Resíduo	8	0,0986	0,0123		
	Total	14	0,4574			
0,10	Regressão	1	0,0706	0,0706	4,22	0,0740
	Falta de ajustamento	3	0,0962	0,0321	1,92	0,2055
	Tratamentos	(4)	(0,1668)			
	Blocos	2	0,3517			
	Resíduo	8	0,1338	0,0167		
	Total	14	0,6523			
0,20	Regressão	1	0,0573	0,0573	3,79	0,0873
	Falta de ajustamento	3	0,0915	0,0305	2,02	0,1898
	Tratamentos	(4)	(0,1489)			
	Blocos	2	0,3357			
	Resíduo	8	0,1208	0,0151		
	Total	14	0,6053			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semente e valores médios do índice de vegetação, aos 26 DAE, para o experimento 1

NDVI						
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F	
Regressão	1	0,0016	0,0016	0,40	0,5438	
Falta de ajustamento	3	0,0196	0,0065	1,69	0,2465	
Tratamentos	(4)	(0,0212)				
Blocos	2	0,0060				
Resíduo	8	0,0310	0,0039			
Total	14	0,0583				

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0001	0,0001	0,06	0,8160
Falta de ajustamento	3	0,0094	0,0031	1,94	0,2014
Tratamentos	(4)	(0,0095)			
Blocos	2	0,0018			
Resíduo	8	0,0130	0,0016		
Total	14	0,0243			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	1	0,0017	0,0017	0,55	0,4807
	Falta de ajustamento	3	0,0192	0,0064	2,09	0,1794
	Tratamentos	(4)	(0,0209)			
	Blocos	2	0,0027			
	Resíduo	8	0,0244	0,0031		
	Total	14	0,0480			
0,50	Regressão	1	0,0019	0,0019	0,54	0,4830
	Falta de ajustamento	3	0,0214	0,0071	2,05	0,1854
	Tratamentos	(4)	(0,0233)			
	Blocos	2	0,0014			
	Resíduo	8	0,0278	0,0035		
	Total	14	0,0525			
0,25	Regressão	1	0,0020	0,0020	0,52	0,4916
	Falta de ajustamento	3	0,0225	0,0075	1,98	0,1951
	Tratamentos	(4)	(0,0245)			
	Blocos	2	0,0003			
	Resíduo	8	0,0303	0,0038		
	Total	14	0,0550			

WDRVI						
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	1	0,0696	0,0696	1,40	0,2708
	Falta de ajustamento	3	0,2176	0,0725	1,46	0,2970
	Tratamentos	(4)	(0,2871)			
	Blocos	2	0,0549			
	Resíduo	8	0,3978	0,0497		
	Total	14	0,7398			
0,10	Regressão	1	0,0533	0,0533	1,09	0,3263
	Falta de ajustamento	3	0,2309	0,0770	1,58	0,2690
	Tratamentos	(4)	(0,2842)			
	Blocos	2	0,0606			
	Resíduo	8	0,3901	0,0488		
	Total	14	0,7350			
0,20	Regressão	1	0,0256	0,0256	0,79	0,3992
	Falta de ajustamento	3	0,1601	0,0534	1,65	0,2531
	Tratamentos	(4)	(0,1857)			
	Blocos	2	0,0445			
	Resíduo	8	0,2583	0,0323		
	Total	14	0,4885			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e valores médios do índice de vegetação, aos 6 DAE, para o experimento 2

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0008	0,0008	3,62	0,0937
Falta de ajustamento	3	0,0016	0,0005	2,30	0,1544
Tratamentos	(4)	(0,0024)			
Blocos	2	0,0437			
Resíduo	8	0,0018	0,0002		
Total	14	0,0479			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0006	0,0006	3,43	0,1011
Falta de ajustamento	3	0,0011	0,0004	2,10	0,1780
Tratamentos	(4)	(0,0017)			
Blocos	2	0,0507			
Resíduo	8	0,0014	0,0002		
Total	14	0,0539			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	1	0,0002	0,0002	3,12	0,1155
	Falta de ajustamento	3	0,0005	0,0001	1,89	0,2100
	Tratamentos	(4)	(0,0007)			
	Blocos	2	0,0136			
	Resíduo	8	0,0006	0,0001		
	Total	14	0,0149			
0,50	Regressão	1	0,0004	0,0004	3,26	0,1088
	Falta de ajustamento	3	0,0006	0,0002	1,98	0,1959
	Tratamentos	(4)	(0,0010)			
	Blocos	2	0,0187			
	Resíduo	8	0,0008	0,0001		
	Total	14	0,0205			
0,25	Regressão	1	0,0005	0,0005	3,35	0,1046
	Falta de ajustamento	3	0,0009	0,0003	2,08	0,1818
	Tratamentos	(4)	(0,0013)			
	Blocos	2	0,0252			
	Resíduo	8	0,0011	0,0001		
	Total	14	0,0276			

		WDRVI				
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	1	<0,0001	<0,0001	3,49	0,0987
	Falta de ajustamento	3	<0,0001	<0,0001	1,97	0,1968
	Tratamentos	(4)	(0,0001)			
	Blocos	2	0,0014			
	Resíduo	8	0,0001	<0,0001		
	Total	14	0,0015			
0,10	Regressão	1	0,0001	0,0001	3,56	0,0959
	Falta de ajustamento	3	0,0002	0,0001	2,02	0,1895
	Tratamentos	(4)	(0,0003)			
	Blocos	2	0,0046			
	Resíduo	8	0,0002	<0,0001		
	Total	14	0,0051			
0,20	Regressão	1	0,0003	0,0003	3,53	0,0970
	Falta de ajustamento	3	0,0004	0,0001	2,05	0,1856
	Tratamentos	(4)	(0,0007)			
	Blocos	2	0,0131			
	Resíduo	8	0,0006	0,0001		
	Total	14	0,0144			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e valores médios do índice de vegetação, aos 21 DAE, para o experimento 2

		NDVI				
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F	
Regressão	1	0,0520	0,0520	48,88	0,0001	
Falta de ajustamento	3	0,0120	0,0040	3,75	0,0598	
Tratamentos	(4)	(0,0640)				
Blocos	2	0,0514				
Resíduo	8	0,0085	0,0011			
Total	14	0,1239				

		GNDVI				
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F	
Regressão	1	0,0316				
Falta de ajustamento	3	0,0051	0,0017	4,85	0,0330	
Tratamentos	(4)	(0,0367)				
Blocos	2	0,0410				
Resíduo	8	0,0028	0,0003			
Total	14	0,0805				

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	1	0,0168	0,0168	53,88	<0,0001
	Falta de ajustamento	3	0,0032	0,0011	3,40	0,0741
	Tratamentos	(4)	(0,0200)			
	Blocos	2	0,0154			
	Resíduo	8	0,0025	0,0003		
	Total	14	0,0379			
0,50	Regressão	1	0,0229	0,0229	52,88	<0,0001
	Falta de ajustamento	3	0,0045	0,0015	3,48	0,0703
	Tratamentos	(4)	(0,0274)			
	Blocos	2	0,0214			
	Resíduo	8	0,0035	0,0004		
	Total	14	0,0523			
0,25	Regressão	1	0,0306	0,0306	51,72	<0,0001
	Falta de ajustamento	3	0,0063	0,0021	3,57	0,0667
	Tratamentos	(4)	(0,0369)			
	Blocos	2	0,0291			
	Resíduo	8	0,0047	0,0006		
	Total	14	0,0707			
WDRVI						
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	1	0,0051	0,0051	27,18	0,0008
	Falta de ajustamento	3	0,0010	0,0003	1,70	0,2442
	Tratamentos	(4)	(0,0061)			
	Blocos	2	0,0062			
	Resíduo	8	0,0015	0,0002		
	Total	14	0,0138			
0,10	Regressão	1	0,0150	0,0150	29,15	0,0006
	Falta de ajustamento	3	0,0029	0,0010	1,87	0,2132
	Tratamentos	(4)	(0,0179)			
	Blocos	2	0,0177			
	Resíduo	8	0,0041	0,0005		
	Total	14	0,0398			
0,20	Regressão	1	0,0346	0,0346	32,66	0,0004
	Falta de ajustamento	3	0,0069	0,0023	2,18	0,1679
	Tratamentos	(4)	(0,0415)			
	Blocos	2	0,0391			
	Resíduo	8	0,0085	0,0011		
	Total	14	0,0890			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de segundo grau ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e valores médios do índice de vegetação GNDVI aos 21 DAE para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	0,0362	0,0181	52,13	<0,0001
Falta de ajustamento	2	0,0005	0,0002	0,67	0,5398
Tratamentos	(4)	(0,0367)			
Blocos	2	0,0410			
Resíduo	8	0,0028	0,0003		
Total	14	0,0805			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 21 DAE entre doses de N aplicadas na semente e valores médios do índice de vegetação GNDVI, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,1806	-----	----	----
X	0,0058	0,0030	1,95	0,0743
X ²	-0,0001	0,0001	-1,11	0,2867

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de primeiro grau ajustado entre doses de N aplicadas na semente e valores médios do índice de vegetação, aos 26 DAE, para o experimento 2

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0530			
Falta de ajustamento	3	0,0121	0,0040	4,34	0,0429
Tratamentos	(4)	(0,0651)			
Blocos	2	0,0605			
Resíduo	8	0,0074	0,0009		
Total	14	0,1330			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0313			
Falta de ajustamento	3	0,0042	0,0014	5,13	0,0286
Tratamentos	(4)	(0,0355)			
Blocos	2	0,0350			
Resíduo	8	0,0022	0,0003		
Total	14	0,0727			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	1	0,0193	0,0193	56,64	<0,0001
	Falta de ajustamento	3	0,0038	0,0012	3,75	0,0600
	Tratamentos	(4)	(0,0231)			
	Blocos	2	0,0201			
	Resíduo	8	0,0027	0,0003		
	Total	14	0,0459			
0,50	Regressão	1	0,0256	0,0256	56,88	<0,0001
	Falta de ajustamento	3	0,0052	0,0017	3,88	0,0557
	Tratamentos	(4)	(0,0308)			
	Blocos	2	0,0273			
	Resíduo	8	0,0036	0,0004		
	Total	14	0,0617			
0,25	Regressão	1	0,0332	0,0332	57,01	<0,0001
	Falta de ajustamento	3	0,0070	0,0023	4,03	0,0511
	Tratamentos	(4)	(0,0402)			
	Blocos	2	0,0361			
	Resíduo	8	0,0047	0,0006		
	Total	14	0,0810			

		WDRVI				
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	1	0,0077	0,0077	29,62	0,0006
	Falta de ajustamento	3	0,0016	0,0005	2,05	0,1851
	Tratamentos	(4)	(0,0093)			
	Blocos	2	0,0100			
	Resíduo	8	0,0021	0,0003		
	Total	14	0,0213			
0,10	Regressão	1	0,0214	0,0214	32,46	0,0005
	Falta de ajustamento	3	0,0045	0,0015	2,26	0,1583
	Tratamentos	(4)	(0,0259)			
	Blocos	2	0,0272			
	Resíduo	8	0,0053	0,0007		
	Total	14	0,0584			
0,20	Regressão	1	0,0454	0,0454	37,36	0,0003
	Falta de ajustamento	3	0,0096	0,0032	2,64	0,1213
	Tratamentos	(4)	(0,0550)			
	Blocos	2	0,0563			
	Resíduo	8	0,0097	0,0012		
	Total	14	0,1210			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear de segundo grau ajustado entre doses de N aplicadas na sementeira e valores médios do índice de vegetação, aos 26 DAE, para o experimento 2

		NDVI				
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F	
Regressão	2	0,0616	0,0308	34,18	0,0001	
Falta de ajustamento	2	0,0036	0,0018	1,92	0,2088	
Tratamentos	(4)	(0,0651)				
Blocos	2	0,0605				
Resíduo	8	0,0074	0,0009			
Total	14	0,1330				

		GNDVI				
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F	
Regressão	2	0,0339	0,0169	56,46	0,0001	
Falta de ajustamento	2	0,0016	0,0008	2,98	0,1076	
Tratamentos	(4)	(0,0355)				
Blocos	2	0,0350				
Resíduo	8	0,0022	0,0003			
Total	14	0,0727				

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 26 DAE entre doses de N aplicadas na sementeira e valores médios do índice de vegetação, para o experimento 2

		NDVI			
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t	
Intercepto	0,2334	-----	----	----	
X	0,0078	0,0038	2,05	0,0628	
X ²	-0,0001	0,0001	-1,20	0,2539	

GNDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,3106	-----	----	----
X	0,0050	0,0028	1,80	0,0969
X ²	-0,0001	0,0001	-0,90	0,3880

Apêndice D

Resultados das análises na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD aos 39 DAE para o experimento 1

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	146,8747	48,9582	9,63	<0,0001
Falta de ajustamento	26	96,4720	3,7105	0,73	0,8089
Tratamentos	(29)	(243,3467)			
Blocos	2	183,8647			
Resíduo	58	294,7287	5,0815		
Total	89	721,9400			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 39 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD, para o experimento 1

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	47,6306	-----	----	----
X ₁	0,0440	0,0246	1,79	0,0787
X ₂	0,0148	0,0174	0,85	0,3988
X ₁ X ₂	0,0004	0,0005	0,83	0,4099

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD aos 35 DAE para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	646,3636	215,4545	51,67	<0,0001
Falta de ajustamento	26	95,8503	3,6865	0,88	0,6261
Tratamentos	(29)	(742,2139)			
Blocos	2	38,2416			
Resíduo	58	241,8651	4,1701		
Total	89	1022,3206			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 35 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	31,9050	-----	----	----
X ₁	0,1780	0,022231	8,01	<0,0001
X ₂	0,0754	0,015759	4,78	<0,0001
X ₁ X ₂	-0,0011	0,000479	-2,23	0,0296

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores SPAD, aos 57 DAE, para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	551,3347	183,7782	21,64	<0,0001
Falta de ajustamento	26	309,0013	11,8847	1,40	0,1440
Tratamentos	(29)	(860,3360)			
Blocos	2	38,4647			
Resíduo	58	492,5553	8,4923		
Total	89	1491,3560			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores SPAD, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	33,1961	-----	----	----
X ₁	-0,0042	0,0324	-0,13	0,8970
X ₂	0,0714	0,0225	3,17	0,0024
X ₁ X ₂	0,0008	0,0007	1,10	0,2759

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas cobertura e valores SPAD médios, aos 57 DAE, para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	524,5098	524,5098	61,76	<0,0001
Falta de ajustamento	28	335,8262	11,9938	1,41	0,1332
Tratamentos	(29)	(860,3360)			
Blocos	2	38,4647			
Resíduo	58	492,5553	8,4923		
Total	89	1391,3560			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas em cobertura e valores SPAD médios, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	33,0794	-----	----	----
X ₂	0,0925	0,0118	7,86	<0,0001

Apêndice E

Resultados das análises na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e teor de nitrogênio foliar

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, aos 39 DAE, para o experimento 1

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	3,0794	1,0265	3,20	0,0298
Falta de ajustamento	26	10,4343	0,4013	1,25	0,2349
Tratamentos	(29)	(13,5137)			
Blocos	2	25,7326			
Resíduo	58	18,5790	0,3203		
Total	89	57,8253			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 39 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, para o experimento 1

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	5,3954	-----	----	----
X ₁	0,0002	0,0054	0,04	0,9682
X ₂	-0,0047	0,0044	-1,09	0,2802
X ₁ X ₂	0,0002	0,0001	1,68	0,0983

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF aos 35 DAE para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	8,0686	2,6895	7,85	0,0002
Falta de ajustamento	26	6,7847	0,2609	0,76	0,7744
Tratamentos	(29)	(14,8532)			
Blocos	2	1,8941			
Resíduo	58	19,8718	0,3426		
Total	89	36,6192			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 35 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	3,7127	-----	----	----
X ₁	0,0006	0,0066	0,0984	0,9219
X ₂	0,0046	0,0045	1,0238	0,3102
X ₁ X ₂	0,0002	0,0001	1,3388	0,1859

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, aos 57 DAE, para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	1,9118	0,6372	5,35	0,0025
Falta de ajustamento	26	3,1712	0,1220	1,03	0,4537
Tratamentos	(29)	(5,0830)			
Blocos	2	5,6844			
Resíduo	58	6,9014	0,1190		
Total	89	17,6689			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	2,0501	-----	----	----
X ₁	0,0081	0,0038	2,15	0,0357
X ₂	0,0086	0,0027	3,23	0,0020
X ₁ X ₂	-0,0001	0,0001	-1,71	0,0926

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, sem uso da variável interação, aos 57 DAE, para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	1,5631	0,7816	6,57	0,0027
Falta de ajustamento	27	3,5199	0,1304	1,10	0,3756
Tratamentos	(29)	(5,0830)			
Blocos	2	5,6844			
Resíduo	58	6,9014	0,1190		
Total	89	17,6689			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e NF, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	2,1989	-----	----	----
X ₁	0,0027	0,0021	1,30	0,1987
X ₂	0,0047	0,0014	3,38	0,0013

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas em cobertura e NF, aos 57 DAE, para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	1,3633	1,3633	11,46	0,0013
Falta de ajustamento	28	3,7197	0,1328	1,12	0,3533
Tratamentos	(29)	(5,0830)			
Blocos	2	5,6844			
Resíduo	58	6,9014			
Total	89	17,6689			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 57 DAE entre doses de N aplicadas em cobertura e NF, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	2,2756	-----	----	----
X ₂	0,0047	0,0014	3,38	0,0013

Apêndice F

Resultados das análises na avaliação da relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura e índices de vegetação

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 46 DAE, para o experimento 1

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,00009	0,00003	1,05	0,37742
Falta de ajustamento	26	0,00104	0,00004	1,40	0,14370
Tratamentos	(29)	(0,00113)			
Blocos	2	0,01705			
Resíduo	58	0,00166	0,00003		
Total	89	0,01985			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,00586			
Falta de ajustamento	26	0,00570	0,00022	2,25	0,00532
Tratamentos	(29)	(0,01157)			
Blocos	2	0,01305			
Resíduo	58	0,00566	0,00010		
Total	89	0,03027			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	3	0,0014	0,0005	0,23	0,8751
	Falta de ajustamento	26	0,0594	0,0023	1,14	0,3348
	Tratamentos	(29)	(0,0608)			
	Blocos	2	0,1059			
	Resíduo	58	0,1167	0,0020		
	Total	89	0,2834			
0,50	Regressão	3	0,0009	0,0003	0,23	0,8751
	Falta de ajustamento	26	0,0390	0,0015	1,15	0,3176
	Tratamentos	(29)	(0,0399)			
	Blocos	2	0,0653			
	Resíduo	58	0,0753	0,0013		
	Total	89	0,1804			
0,25	Regressão	3	0,0005	0,0002	0,25	0,8610
	Falta de ajustamento	26	0,0208	0,0008	1,19	0,2821
	Tratamentos	(29)	(0,0214)			
	Blocos	2	0,0344			
	Resíduo	58	0,0389	0,0007		
	Total	89	0,0947			

		WDRVI				
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	3	0,00887	0,00296	1,28	0,28977
	Falta de ajustamento	26	0,08948	0,00344	1,49	0,10442
	Tratamentos	(29)	(0,09835)			
	Blocos	2	1,82335			
	Resíduo	58	0,13441	0,00232		
	Total	89	2,05611			
0,10	Regressão	3	0,00433	0,00144	1,20	0,31786
	Falta de ajustamento	26	0,04553	0,00175	1,46	0,11630
	Tratamentos	(29)	(0,04986)			
	Blocos	2	0,85859			
	Resíduo	58	0,06971	0,00120		
	Total	89	0,0584			
0,20	Regressão	3	0,00161	0,00054	1,14	0,34057
	Falta de ajustamento	26	0,01754	0,00067	1,43	0,12937
	Tratamentos	(29)	(0,01915)			
	Blocos	2	0,30910			
	Resíduo	58	0,02734	0,00047		
	Total	89	0,35559			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação GNDVI, aos 46 DAE, para o experimento 1

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	5	0,00735			
Falta de ajustamento	24	0,00422	0,00018	1,80	0,03523
Tratamentos	(29)	(0,01157)			
Blocos	2	0,01305			
Resíduo	58	0,00566	0,00010		
Total	89	0,03027			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 53 DAE, para o experimento 1

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,00007	0,00002	0,34	0,79647
Falta de ajustamento	26	0,00226	0,00009	1,27	0,22236
Tratamentos	(29)	(0,00233)			
Blocos	2	0,02310			
Resíduo	58	0,00397	0,00007		
Total	89	0,02940			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,00586	0,00195	11,24	< 0,00001
Falta de ajustamento	26	0,00440	0,00017	0,97	0,51912
Tratamentos	(29)	(0,01026)			
Blocos	2	0,01864			
Resíduo	58	0,01008	0,00017		
Total	89	0,03898			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	3	0,01900	0,00633	3,63	0,0180
	Falta de ajustamento	26	0,03897	0,00150	0,86	0,6583
	Tratamentos	(29)	(0,05797)			
	Blocos	2	0,00808			
	Resíduo	58	0,10128	0,0017		
	Total	89	0,16733			
0,50	Regressão	3	0,01276	0,00425	3,67	0,0172
	Falta de ajustamento	26	0,02551	0,00098	0,85	0,6729
	Tratamentos	(29)	(0,03827)			
	Blocos	2	0,00943			
	Resíduo	58	0,06721	0,00116		
	Total	89	0,11491			
0,25	Regressão	3	0,00682	0,00227	3,64	0,0178
	Falta de ajustamento	26	0,01354	0,00052	0,83	0,6893
	Tratamentos	(29)	(0,02036)			
	Blocos	2	0,01215			
	Resíduo	58	0,03624	0,00062		
	Total	89	0,06875			

WDRVI						
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	3	0,00771	0,00257	0,42	0,73933
	Falta de ajustamento	26	0,17998	0,00692	1,13	0,34123
	Tratamentos	(29)	(0,18770)			
	Blocos	2	2,12136			
	Resíduo	58	0,35580	0,00613		
	Total	89	2,66486			
0,10	Regressão	3	0,00328	0,00109	0,37	0,77492
	Falta de ajustamento	26	0,09243	0,00356	1,19	0,28574
	Tratamentos	(29)	(0,09571)			
	Blocos	2	1,06059			
	Resíduo	58	0,17343	0,00299		
	Total	89	1,32973			
0,20	Regressão	3	0,00120	0,00040	0,35	0,78928
	Falta de ajustamento	26	0,03642	0,00140	1,23	0,25254
	Tratamentos	(29)	(0,03762)			
	Blocos	2	0,39916			
	Resíduo	58	0,06605	0,00114		
	Total	89	0,50283			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 53 DAE entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, para o experimento 1

GNDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,78989	-----	----	----
X ₁	0,00028	0,000143589	1,98	0,0524
X ₂	0,00025	0,000101934	2,43	0,0182
X ₁ X ₂	< 0,00001	-1,34352E-06	-0,01	0,9921

SAVI					
L	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
1,00	Intercepto	0,70433	-----	----	----
	X ₁	-0,00048	0,000452003	-1,07	0,2891
	X ₂	-0,00011	0,000325985	-0,34	0,7351
	X ₁ X ₂	0,00002	1,03875E-05	1,94	0,0572
0,50	Intercepto	0,77130	-----	----	----
	X ₁	-0,00040	0,000369182	-1,09	0,2802
	X ₂	-0,00009	0,000264672	-0,33	0,7426
	X ₁ X ₂	0,00002	7,99720E-06	1,95	0,0560
0,25	Intercepto	0,83506	-----	----	----
	X ₁	-0,00030	0,000271342	-1,09	0,2802
	X ₂	-0,00006	0,000193285	-0,33	0,7426
	X ₁ X ₂	0,00001	5,88957E-06	1,93	0,0585

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas em cobertura e valores médios do índice de vegetação GNDVI, aos 53 DAE, para o experimento 1

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	1	0,0038	0,0038	21,82	<0,0001
Falta de ajustamento	28	0,0065	0,0002	1,34	0,1696
Tratamentos	(29)	(0,0103)			
Blocos	2	0,0186			
Resíduo	58	0,0101	0,0002		
Total	89	0,0390			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 53 DAE entre doses de N aplicadas em cobertura e valores médios do índice de vegetação GNDVI, para o experimento 1

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,7978	-----	----	----
X ₂	0,0002	5,3286E-05	4,63	<0,0001

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 62 DAE, para o experimento 1

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,01713	0,00571	3,79	0,01496
Falta de ajustamento	26	0,04848	0,00186	1,24	0,24472
Tratamentos	(29)	(0,06561)			
Blocos	2	0,00506			
Resíduo	58	0,08749	0,00151		
Total	89	0,15816			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,06592	0,02197	7,44	0,00027
Falta de ajustamento	26	0,09854	0,00379	1,28	0,21527
Tratamentos	(29)	(0,16446)			
Blocos	2	0,12190			
Resíduo	58	0,17123	0,00295		
Total	89	0,45759			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	3	0,07541	0,02514	3,85	0,0140
	Falta de ajustamento	26	0,16195	0,00623	0,95	0,5396
	Tratamentos	(29)	(0,23736)			
	Blocos	2	0,34597			
	Resíduo	58	0,37898	0,00653		
	Total	89	0,96231			
0,50	Regressão	3	0,06733	0,02244	3,96	0,0123
	Falta de ajustamento	26	0,14252	0,00548	0,97	0,5226
	Tratamentos	(29)	(0,20985)			
	Blocos	2	0,27169			
	Resíduo	58	0,32874	0,00567		
	Total	89	0,81029			
0,25	Regressão	3	0,05388	0,01796	4,08	0,0107
	Falta de ajustamento	26	0,11462	0,00441	1,00	0,4825
	Tratamentos	(29)	(0,16851)			
	Blocos	2	0,17370			
	Resíduo	58	0,25558	0,00441		
	Total	89	0,59779			

WDRVI						
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	3	0,45742	0,15247	5,99	0,00125
	Falta de ajustamento	26	0,95305	0,03666	1,44	0,12488
	Tratamentos	(29)	(1,41047)			
	Blocos	2	0,16659			
	Resíduo	58	1,47670	0,02546		
	Total	89	2,66486			
0,10	Regressão	3	0,36717	0,12239	5,18	0,00307
	Falta de ajustamento	26	0,84084	0,03233	1,37	0,15938
	Tratamentos	(29)	(1,20801)			
	Blocos	2	0,12562			
	Resíduo	58	1,37047	0,02363		
	Total	89	2,70410			
0,20	Regressão	3	0,19761	0,06587	4,53	0,00639
	Falta de ajustamento	26	0,49407	0,01900	1,31	0,19509
	Tratamentos	(29)	(0,69168)			
	Blocos	2	0,06361			
	Resíduo	58	0,84250	0,01453		
	Total	89	1,59779			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 62 DAE entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores médios do índice de vegetação para o experimento 1

NDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,88820	-----	----	----
X ₁	-0,00029	0,000423088	-0,69	0,4929
X ₂	0,00012	0,000302258	0,39	0,6980
X ₁ X ₂	0,00001	9,15860E-06	1,37	0,1760

GNDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,65539	-----	----	----
X ₁	-0,00009	0,000603393	-0,15	0,8813
X ₂	0,00047	0,000418489	1,12	0,2673
X ₁ X ₂	0,00002	1,281070E-05	1,29	0,2022

SAVI					
L	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
1,00	Intercepto	0,54257	-----	----	----
	X ₁	-0,00063	0,000879894	-0,72	0,4744
	X ₂	0,00035	0,000619185	0,57	0,5709
	X ₁ X ₂	0,00002	1,89073E-05	1,26	0,2127
0,50	Intercepto	0,62214	-----	----	----
	X ₁	-0,00063	0,000823008	-0,77	0,4444
	X ₂	0,00031	0,000570643	0,54	0,5913
	X ₁ X ₂	0,00002	1,77185E-05	1,30	0,1987
0,25	Intercepto	0,70591	-----	----	----
	X ₁	-0,0006	0,00072609	-0,83	0,4099
	X ₂	0,00026	0,00051691	0,40	0,6906
	X ₁ X ₂	0,00002	1,56287E-05	1,35	0,1823

WDRVI					
a	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
0,05	Intercepto	-0,07421	-----	----	----
	X ₁	-0,00069	0,05726853	-0,40	0,6906
	X ₂	0,00101	0,00171877	0,81	0,4212
	X ₁ X ₂	0,00005	3,73674E-05	1,37	0,1760
0,10	Intercepto	0,26281	-----	----	----
	X ₁	-0,00085	0,05507542	-0,50	0,6190
	X ₂	0,00080	0,00168479	0,67	0,5055
	X ₁ X ₂	0,00005	3,61512E-05	1,37	0,1760
0,20	Intercepto	0,54607	-----	----	----
	X ₁	-0,00078	0,00131563	-0,59	0,5575
	X ₂	0,00051	0,00093903	0,53	0,5981
	X ₁ X ₂	0,00004	2,83232E-05	1,38	0,1729

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 81 DAE, para o experimento 1

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,60438	0,20146	3,88	0,01348
Falta de ajustamento	26	1,77929	0,06843	1,32	0,18872
Tratamentos	(29)	(2,38367)			
Blocos	2	0,44299			
Resíduo	58	3,01187	0,05193		
Total	89	5,83853			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,32011	0,10670	2,47	0,07087
Falta de ajustamento	26	1,34054	0,05156	1,19	0,28574
Tratamentos	(29)	(1,66065)			
Blocos	2	0,49593			
Resíduo	58	2,50976	0,04327		
Total	89	4,66634			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	3	0,11093	0,03698	3,82	0,0145
	Falta de ajustamento	26	0,29285	0,01126	1,16	0,3101
	Tratamentos	(29)	(0,40378)			
	Blocos	2	0,07174			
	Resíduo	58	0,56185	0,00969		
	Total	89	1,03737			
0,50	Regressão	3	0,16497	0,05499	3,92	0,0129
	Falta de ajustamento	26	0,43672	0,01680	1,20	0,2796
	Tratamentos	(29)	(0,60170)			
	Blocos	2	0,10465			
	Resíduo	58	0,81381	0,01403		
	Total	89	1,52015			
0,25	Regressão	3	0,24439	0,08146	4,03	0,0113
	Falta de ajustamento	26	0,65261	0,02510	1,24	0,2426
	Tratamentos	(29)	(0,89700)			
	Blocos	2	0,15278			
	Resíduo	58	1,17141	0,02020		
	Total	89	2,22119			

WDRVI						
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	3	0,25243	0,08414	6,44	0,00077
	Falta de ajustamento	26	0,54164	0,02083	1,59	0,07228
	Tratamentos	(29)	(0,79407)			
	Blocos	2	0,13878			
	Resíduo	58	0,75756	0,01306		
	Total	89	1,69041			
0,10	Regressão	3	0,52860	0,17620	6,30	0,00090
	Falta de ajustamento	26	1,15308	0,04435	1,58	0,07503
	Tratamentos	(29)	(1,68168)			
	Blocos	2	0,314391			
	Resíduo	58	1,62344	0,02799		
	Total	89	3,61951			
0,20	Regressão	3	0,82272	0,27424	5,85	0,00146
	Falta de ajustamento	26	1,88355	0,07244	1,54	0,08701
	Tratamentos	(29)	(2,70627)			
	Blocos	2	0,51904			
	Resíduo	58	2,72009	0,04690		
	Total	89	5,94540			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 81 DAE entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, para o experimento 1

NDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,20650	-----	----	----
X ₁	0,00061	0,002450737	0,25	0,8035
X ₂	0,00263	0,001760414	1,49	0,1416
X ₁ X ₂	0,00001	5,31691E-05	1,37	0,1760

SAVI					
L	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
1,00	Intercepto	0,05365	-----	----	----
	X ₁	0,00089	0,001069643	0,83	0,4099
	X ₂	0,00133	0,000759857	1,75	0,0854
	X ₁ X ₂	-0,000003	2,25426E-05	-0,14	0,8892
0,50	Intercepto	0,07154	-----	----	----
	X ₁	0,00101	0,001287832	0,74	0,4623
	X ₂	0,00162	0,000915309	1,67	0,1003
	X ₁ X ₂	-0,000003	2,77921E-05	-0,11	0,9128
0,25	Intercepto	0,09738	-----	----	----
	X ₁	0,00109	0,001547938	0,70	0,4867
	X ₂	0,00195	0,001094433	1,78	0,0831
	X ₁ X ₂	-0,000002	3,33405E-05	0,07	0,9444

WDRVI					
a	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
0,05	Intercepto	-0,86133	-----	----	----
	X ₁	0,00053	0,00123168	0,43	0,6688
	X ₂	0,00130	0,00088385	1,47	0,1470
	X ₁ X ₂	0,00002	2,68575E-05	0,70	0,4867
0,10	Intercepto	-0,73849	-----	----	----
	X ₁	0,00088	0,00180658	0,49	0,6260
	X ₂	0,00213	0,00128748	1,65	0,1943
	X ₁ X ₂	0,00002	3,90794E-05	0,52	0,6050
0,20	Intercepto	-0,53316	-----	----	----
	X ₁	0,00115	0,00237297	0,48	0,6330
	X ₂	0,00294	0,00167219	1,75	0,0854
	X ₁ X ₂	0,00002	5,16343E-05	0,35	0,7276

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 50 DAE, para o experimento 2

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	1,49064	0,49688	42,12	<0,00001
Falta de ajustamento	26	0,36196	0,01392	1,18	0,29451
Tratamentos	(29)	(1,85260)			
Blocos	2	0,58312			
Resíduo	58	0,68418	0,01180		
Total	89	3,11990			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,92397	0,30799	48,58	<0,00001
Falta de ajustamento	26	0,18216	0,00701	1,11	0,36121
Tratamentos	(29)	(1,10613)			
Blocos	2	0,39746			
Resíduo	58	0,36773	0,00634		
Total	89	1,87132			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	3	0,88257	0,29419	48,40	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,24093	0,00927	1,52	0,0921
	Tratamentos	(29)	(1,12350)			
	Blocos	2	0,63447			
	Resíduo	58	0,35254	0,00608		
	Total	89	2,11051			
0,50	Regressão	3	1,04112	0,34704	48,25	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,27124	0,01043	1,45	0,1204
	Tratamentos	(29)	(1,31236)			
	Blocos	2	0,67944			
	Resíduo	58	0,41717	0,02600		
	Total	89	2,40897			
0,25	Regressão	3	1,19715	0,39905	47,25	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,29997	0,01154	1,37	0,1616
	Tratamentos	(29)	(1,49713)			
	Blocos	2	0,68952			
	Resíduo	58	0,48988	0,00845		
	Total	89	2,67653			

WDRVI						
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	3	4,17997	1,39332	40,62	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	1,27665	0,04910	1,63	0,06219
	Tratamentos	(29)	(5,45662)			
	Blocos	2	2,01874			
	Resíduo	58	1,98941	0,03430		
	Total	89	9,46477			
0,10	Regressão	3	5,69816	1,89939	44,48	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	1,66723	0,06412	1,50	0,10070
	Tratamentos	(29)	(7,36539)			
	Blocos	2	2,61649			
	Resíduo	58	2,47685	0,04270		
	Total	89	12,45873			
0,20	Regressão	3	5,53650	1,84550	46,37	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	1,52608	0,05870	1,47	0,11221
	Tratamentos	(29)	(7,06259)			
	Blocos	2	2,39740			
	Resíduo	58	2,30838	0,03980		
	Total	89	11,76837			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 50 DAE entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, para o experimento 2

NDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,40346	-----	----	----
X ₁	0,00883	0,038877451	7,46	<0,0001
X ₂	0,00605	0,001183114	7,22	<0,0001
X ₁ X ₂	-0,00001	2,54985E-05	-3,92	0,0002

GNDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,27177	-----	----	----
X ₁	0,00584	0,000866865	6,74	<0,0001
X ₂	0,00457	0,000614606	7,44	<0,0001
X ₁ X ₂	-0,00006	1,86814E-05	-3,16	0,0025

SAVI					
L	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
1,00	Intercepto	0,22265	-----	----	----
	X ₁	0,00563	0,000848294	6,64	<0,0001
	X ₂	0,00419	0,000602122	6,96	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00005	1,83515E-05	-2,74	0,0082
0,50	Intercepto	0,26189	-----	----	----
	X ₁	0,00639	0,000921982	6,93	<0,0001
	X ₂	0,00467	0,000654159	7,14	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00006116	1,99622E-05	-3,06	0,0033
0,25	Intercepto	0,30474	-----	----	----
	X ₁	0,00718	0,001000283	7,18	<0,0001
	X ₂	0,00515	0,000710412	7,25	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00007292	2,15608E-05	-3,38	0,0013

WDRVI					
a	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
0,05	Intercepto	-0,82051	-----	----	----
	X ₁	0,01157	0,00201494	5,74	<0,0001
	X ₂	0,00839	0,00143112	5,86	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00008	4,35015E-05	-1,95	0,0560
0,10	Intercepto	-0,64196	-----	----	----
	X ₁	0,01460	0,00225124	6,49	<0,0001
	X ₂	0,01040	0,00159362	6,53	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00013	4,86338E-05	-2,60	0,0118
0,20	Intercepto	-0,36831	-----	----	----
	X ₁	0,01540	0,00217396	7,08	<0,0001
	X ₂	0,01080	0,00153925	7,02	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00015	4,68589E-05	-3,21	0,0022

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores médios do índice de vegetação WDRVI ($\alpha=0,05$), sem uso da variável interação, aos 50 DAE, para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	4,0489	2,0245	59,02	<0,0001
Falta de ajustamento	27	1,4077	0,0521	1,52	0,0915
Tratamentos	(29)	(5,4566)			
Blocos	2	2,0187			
Resíduo	58	1,9894	0,0343		
Total	89	9,4648			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado aos 50 DAE entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores médios do índice de vegetação WDRVI ($\alpha=0,05$), sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	-0,7293	-----	----	----
X ₁	0,0083	0,0011	7,33	<0,0001
X ₂	0,0060	0,0007	8,03	<0,0001

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 56 DAE, para o experimento 2

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,88004	0,29335	39,52	<0,00001
Falta de ajustamento	26	0,20144	0,00775	1,04	0,43660
Tratamentos	(29)	(1,08148)			
Blocos	2	0,35521			
Resíduo	58	0,43056	0,00742		
Total	89	1,86725			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,59147	0,19716	42,92	<0,00001
Falta de ajustamento	26	0,11706	0,00450	0,98	0,50699
Tratamentos	(29)	(0,70853)			
Blocos	2	0,30453			
Resíduo	58	0,26642	0,00459		
Total	89	1,27948			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	3	0,78650	0,26217	45,57	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,17917	0,00689	1,20	0,2790
	Tratamentos	(29)	(0,96568)			
	Blocos	2	0,53424			
	Resíduo	58	0,33367	0,00575		
	Total	89	1,83358			
0,50	Regressão	3	0,86135	0,28712	46,05	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,19141	0,00736	1,18	0,2938
	Tratamentos	(29)	(1,05276)			
	Blocos	2	0,53466			
	Resíduo	58	0,36161	0,00623		
	Total	89	1,94903			
0,25	Regressão	3	0,90623	0,30208	45,44	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,19873	0,00764	1,15	0,3222
	Tratamentos	(29)	(1,10496)			
	Blocos	2	0,50437			
	Resíduo	58	0,38556	0,00665		
	Total	89	1,99489			

		WDRVI				
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	3	2,98348	0,99449	35,51	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	0,84120	0,03235	1,16	0,31263
	Tratamentos	(29)	(3,82468)			
	Blocos	2	1,97340			
	Resíduo	58	1,62416	0,02800		
	Total	89	7,42224			
0,10	Regressão	3	4,04144	1,34715	39,37	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	1,05538	0,04059	1,19	0,28574
	Tratamentos	(29)	(5,09682)			
	Blocos	2	2,32820			
	Resíduo	58	1,98478	0,03422		
	Total	89	9,40980			
0,20	Regressão	3	3,78717	1,26239	41,71	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	0,92646	0,03563	1,18	0,29451
	Tratamentos	(29)	(4,71363)			
	Blocos	2	1,90167			
	Resíduo	58	1,75528	0,03026		
	Total	89	8,37058			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 56 DAE entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, para o experimento 2

NDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,50607	-----	----	----
X ₁	0,00681	0,030829648	7,26	<0,0001
X ₂	0,00503	0,000937705	7,56	<0,0001
X ₁ X ₂	-0,00009	2,02207E-05	-4,27	<0,0001

GNDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,34517	-----	----	----
X ₁	0,00441	0,000739307	4,52	<0,0001
X ₂	0,00394	0,000522859	5,71	<0,0001
X ₁ X ₂	-0,00005	1,59127E-05	-2,44	0,0178

SAVI					
L	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
1,00	Intercepto	0,25120	-----	----	----
	X ₁	0,00589	0,000826114	7,13	<0,0001
	X ₂	0,00443	0,000584369	7,58	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00006622	1,77775E-05	-3,72	0,0005
0,50	Intercepto	0,30344	-----	----	----
	X ₁	0,0063	0,000860475	5,14	<0,0001
	X ₂	0,00472	0,000610243	5,43	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00007293	1,85506E-05	-2,76	0,0077
0,25	Intercepto	0,36249	-----	----	----
	X ₁	0,00660	0,000887300	7,44	<0,0001
	X ₂	0,00492	0,000629889	7,81	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00007867	1,91297E-05	-4,11	0,0001

WDRVI					
a	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
0,05	Intercepto	-0,76931	-----	----	----
	X ₁	0,01098	0,00182160	5,45	<0,0001
	X ₂	0,00858	0,00129244	6,01	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00012	3,93223E-05	-2,79	0,0071
0,10	Intercepto	-0,55508	-----	----	----
	X ₁	0,01324	0,00201298	6,58	<0,0001
	X ₂	0,01021	0,00142906	7,14	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00015	4,33689E-05	-3,51	0,0009
0,20	Intercepto	-0,24875	-----	----	----
	X ₁	0,01327	0,00189379	7,01	<0,0001
	X ₂	0,01007	0,00134300	7,50	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00016	4,08218E-05	-3,88	0,0003

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 69 DAE, para o experimento 2

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,55846	0,18615	13,33	<0,00001
Falta de ajustamento	26	0,25180	0,00968	0,69	0,84950
Tratamentos	(29)	(0,81026)			
Blocos	2	0,29428			
Resíduo	58	0,81025	0,01397		
Total	89	1,91479			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	0,28699	0,09566	11,15	<0,00001
Falta de ajustamento	26	0,16338	0,00628	0,76	0,77621
Tratamentos	(29)	(0,45038)			
Blocos	2	0,26083			
Resíduo	58	0,48028	0,00828		
Total	89	1,19149			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	3	0,30317	0,10106	13,68	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,11860	0,00456	0,62	0,9106
	Tratamentos	(29)	(0,42177)			
	Blocos	2	0,20468			
	Resíduo	58	0,42834	0,00739		
	Total	89	1,05479			
0,50	Regressão	3	0,36788	0,12263	13,85	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,14403	0,00554	0,63	0,9047
	Tratamentos	(29)	(0,51191)			
	Blocos	2	0,23593			
	Resíduo	58	0,51356	0,00885		
	Total	89	1,26140			
0,25	Regressão	3	0,43323	0,14441	13,87	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	0,17320	0,00666	0,64	0,8935
	Tratamentos	(29)	(0,60642)			
	Blocos	2	0,26224			
	Resíduo	58	0,60369	0,01041		
	Total	89	1,47236			

		WDRVI				
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	3	0,96584	0,32195	10,83	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	0,57187	0,02199	0,74	0,79834
	Tratamentos	(29)	(1,53771)			
	Blocos	2	1,01133			
	Resíduo	58	1,72409	0,02973		
	Total	89	4,27313			
0,10	Regressão	3	1,56324	0,52108	11,53	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	0,86187	0,03315	0,73	0,80908
	Tratamentos	(29)	(2,42511)			
	Blocos	2	1,41684			
	Resíduo	58	2,62021	0,04518		
	Total	89	6,46216			
0,20	Regressão	3	1,75380	0,58460	12,28	<0,00001
	Falta de ajustamento	26	0,89426	0,03439	0,72	0,81957
	Tratamentos	(29)	(2,64806)			
	Blocos	2	1,32782			
	Resíduo	58	2,76063	0,04760		
	Total	89	6,73651			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 69 DAE entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, para o experimento 2

NDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,50399	-----	----	----
X ₁	0,00433	0,001285607	3,37	0,0013
X ₂	0,00399	0,000911497	4,38	<0,0001
X ₁ X ₂	-0,00005	-2,77252E-05	1,97	0,0536

GNDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,33455	-----	----	----
X ₁	0,00201	0,000990715	2,03	0,0469
X ₂	0,00265	0,000703922	3,76	0,0004
X ₁ X ₂	-0,00002	2,14593E-05	-1,08	0,2846

SAVI					
L	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
1,00	Intercepto	0,29132	-----	----	----
	X ₁	0,00291	0,000935301	3,11	0,0029
	X ₂	0,00292	0,000662754	4,41	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00003687	2,01738E-05	-1,83	0,0724
0,50	Intercepto	0,33904	-----	----	----
	X ₁	0,00327	0,001026773	3,18	0,0024
	X ₂	0,00322	0,000726786	4,43	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00004119	2,21074E-05	-1,86	0,0680
0,25	Intercepto	0,39017	-----	----	----
	X ₁	0,00362	0,001112657	3,25	0,0019
	X ₂	0,00350	0,000788552	4,44	<0,0001
	X ₁ X ₂	-0,00004555	2,40234E-05	-1,90	0,0624

WDRVI					
a	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
0,05	Intercepto	-0,70372	-----	----	----
	X ₁	0,00400	0,00187711	2,13	0,0374
	X ₂	0,00478	0,00132743	3,60	0,0007
	X ₁ X ₂	-0,00004	4,04806E-05	-1,06	0,2935
0,10	Intercepto	-0,49419	-----	----	----
	X ₁	0,00563	0,00232126	2,43	0,0182
	X ₂	0,00623	0,00164150	3,80	0,0003
	X ₁ X ₂	-0,00006	4,98563E-05	-1,27	0,2092
0,20	Intercepto	-0,20887	-----	----	----
	X ₁	0,00658	0,00237604	2,77	0,0075
	X ₂	0,00676	0,00168324	4,02	0,0002
	X ₁ X ₂	-0,00008	5,13693E-05	-1,50	0,1390

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, aos 69 DAE, sem uso da variável interação, para o experimento 2

NDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	0,5045	0,2523	18,06	<0,0001
Falta de ajustamento	27	0,3058	0,0113	0,81	0,7206
Tratamentos	(29)	(0,8103)			
Blocos	2	0,2943			
Resíduo	58	0,8102	0,0140		
Total	89	1,9148			

GNDVI					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	0,2772	0,1386	16,74	<0,0001
Falta de ajustamento	27	0,1732	0,0064	0,77	0,7636
Tratamentos	(29)	(0,4504)			
Blocos	2	0,2608			
Resíduo	58	0,4803	0,0083		
Total	89	1,1915			

SAVI						
L	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1,00	Regressão	2	0,2778	0,1389	18,81	<0,0001
	Falta de ajustamento	27	0,1432	0,0053	0,72	0,8253
	Tratamentos	(29)	(0,4218)			
	Blocos	2	0,2047			
	Resíduo	58	0,4283	0,0074		
	Total	89	1,0548			
0,50	Regressão	2	0,3371	0,1686	19,03	<0,0001
	Falta de ajustamento	27	0,1748	0,0065	0,73	0,8120
	Tratamentos	(29)	(0,5119)			
	Blocos	2	0,2359			
	Resíduo	58	0,5136	0,0089		
	Total	89	1,2614			
0,25	Regressão	2	0,3956	0,1978	19,00	<0,0001
	Falta de ajustamento	27	0,2108	0,0078	0,75	0,7913
	Tratamentos	(29)	(0,6064)			
	Blocos	2	0,2622			
	Resíduo	58	0,6037	0,0104		
	Total	89	1,4724			

		WDRVI				
a	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
0,05	Regressão	2	0,9325	0,4662	15,68	<0,0001
	Falta de ajustamento	27	0,6052	0,0224	0,75	0,7869
	Tratamentos	(29)	(1,5377)			
	Blocos	2	1,0113			
	Resíduo	58	1,7241	0,0297		
	Total	89	4,2731			
0,10	Regressão	2	1,4907	0,7453	16,50	<0,0001
	Falta de ajustamento	27	0,9344	0,0346	0,77	0,7733
	Tratamentos	(29)	(2,4251)			
	Blocos	2	1,4168			
	Resíduo	58	2,6202	0,0452		
	Total	89	6,4622			
0,20	Regressão	2	1,6461	0,8230	17,29	<0,0001
	Falta de ajustamento	27	1,0020	0,0371	0,78	0,7576
	Tratamentos	(29)	(2,6480)			
	Blocos	2	1,3278			
	Resíduo	58	2,7606	0,0476		
	Total	89	6,7365			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado aos 69 DAE entre doses de N aplicadas na sementeira e em cobertura e valores médios do índice de vegetação, sem uso da variável interação, para o experimento 2

NDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,5625	-----	----	----
X ₁	0,0022	0,0007	3,09	0,0031
X ₂	0,0025	0,0005	5,15	<0,0001

GNDVI				
Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	0,3595	-----	----	----
X ₁	0,0011	0,0005	2,01	0,0491
X ₂	0,0020	0,0004	5,43	<0,0001

SAVI					
L	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
1,00	Intercepto	0,3309	-----	----	----
	X ₁	0,0015	0,0005	2,85	0,0060
	X ₂	0,0019	0,0003	5,44	<0,0001
0,50	Intercepto	0,3833	-----	----	----
	X ₁	0,0017	0,0006	2,92	0,0050
	X ₂	0,0021	0,0004	5,43	<0,0001
0,25	Intercepto	0,4391	-----	----	----
	X ₁	0,0019	0,0006	2,99	0,0041
	X ₂	0,0022	0,0004	5,39	<0,0001

WDRVI					
a	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
0,05	Intercepto	-0,6577	-----	----	----
	X ₁	0,0024	0,0010	2,23	0,0296
	X ₂	0,0036	0,0007	5,14	<0,0001
0,10	Intercepto	-0,4263	-----	----	----
	X ₁	0,0032	0,0013	2,46	0,0169
	X ₂	0,0045	0,0009	5,20	<0,0001
0,20	Intercepto	-0,1261	-----	----	----
	X ₁	0,00362	0,0013	2,71	0,0088
	X ₂	0,0046	0,0009	5,22	<0,0001

Apêndice G

Resultados das análises na relação entre doses de nitrogênio aplicadas na semeadura e em cobertura, produtividade e componentes de rendimento do feijoeiro

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida para os dois experimentos

Experimento	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
1	Regressão	3	1408030,00	469343,00	1,54	0,2138
	Falta de ajustamento	26	5915587,00	227522,58	0,75	0,7900
	Tratamentos	(29)	(7323617,38)			
	Blocos	2	5035,11			
	Resíduo	58	17651082,58	304329,01		
	Total	89	25478211,52			
2	Regressão	3	32033867,00	10677956,00	43,10	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	6450794,37	248107,48	1,00	0,4813
	Tratamentos	(29)	(38484661,17)			
	Blocos	2	9450219,03			
	Resíduo	58	14368857,21	247738,92		
	Total	89	62303737,41			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	1115,2969	-----	----	----
X ₁	21,7325	5,4264	4,0050	0,0002
X ₂	20,5440	3,8387	5,3519	<0,0001
X ₁ X ₂	-0,0589	0,1177	-0,5006	0,6190

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, sem uso da variável interação, para o experimento 1

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	31970978,00	15985489,00	64,53	<0,0001
Falta de ajustamento	27	6513683,20	241247,53	0,97	0,5159
Tratamentos	(29)	(38484661,17)			
Blocos	2	9450219,03			
Resíduo	58	14368857,21			
Total	89	62303737,41			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores calculados da produtividade (kg ha^{-1}) corrigidos para a umidade de 12% na base úmida, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	1178,51	-----	----	----
X ₁	19,47	3,0506	6,38	<0,0001
X ₂	18,89	2,0105	9,40	<0,0001

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores dos componentes de rendimento (CR) número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG), para o experimento 1

CR	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
NVP	Regressão	3	29,5992	9,8664	1,97	0,1285
	Falta de ajustamento	26	90,9585	3,4984	0,70	0,8414
	Tratamentos	(29)	(120,5577)			
	Blocos	2	9,4920			
	Resíduo	58	290,5640	5,0097		
	Total	89	420,6138			
NGV	Regressão	3	1,2532	0,4177	1,11	0,3525
	Falta de ajustamento	26	9,2712	0,3566	0,95	0,5466
	Tratamentos	(29)	(10,5243)			
	Blocos	2	0,5589			
	Resíduo	58	21,8258	0,3763		
	Total	89	32,9090			
MCG	Regressão	3	17,1008	5,7003	0,26	0,8539
	Falta de ajustamento	26	706,4982	27,1730	1,23	0,2533
	Tratamentos	(29)	(723,5990)			
	Blocos	2	5,2238			
	Resíduo	58	1282,3116	22,1088		
	Total	89	2011,1344			

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores dos componentes de rendimento (CR) número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG), para o experimento 2

CR	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
NVP	Regressão	3	273,6669	91,2223	54,95	<0,0001
	Falta de ajustamento	26	26,2968	1,0114	0,61	0,9166
	Tratamentos	(29)	(299,9637)			
	Blocos	2	100,1624			
	Resíduo	58	96,2942	1,6602		
	Total	89	496,4203			
NGV	Regressão	3	1,7600			
	Falta de ajustamento	26	2,6472	0,1018	1,78	0,0344
	Tratamentos	(29)	(4,4072)			
	Blocos	2	0,5216			
	Resíduo	58	3,3095	0,0571		
	Total	89	8,2383			
MCG	Regressão	3	17,6623	5,8874	2,84	0,0457
	Falta de ajustamento	26	35,9774	1,3837	0,67	0,8700
	Tratamentos	(29)	(53,6397)			
	Blocos	2	111,0314			
	Resíduo	58	120,1889	2,0722		
	Total	89	284,8600			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t dos modelos lineares ajustados entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores dos componentes de rendimento (CR) número de vagens por planta (NVP) e massa de cem grãos (MCG), para o experimento 2

CR	Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
NVP	Intercepto	4,0892	-----	----	----
	X ₁	0,0543	0,0140	3,87	0,0003
	X ₂	0,0468	0,0099	4,71	<0,0001
	X ₁ X ₂	0,0002	0,0003	0,69	0,4929
MCG	Intercepto	25,3716	-----	----	----
	X ₁	-0,0159	0,0157	-1,02	0,3120
	X ₂	0,0090	0,0112	0,81	0,4212
	X ₁ X ₂	0,0002	0,0003	0,72	0,4744

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores do componente de rendimento NVP, sem uso da variável interação, para o experimento 1

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	2	272,89	136,44	82,19	<0,0001
Falta de ajustamento	27	27,08	1,00	0,60	0,9236
Tratamentos	(29)	(299,96)			
Blocos	2	100,16			
Resíduo	58	96,29	1,66		
Total	89	496,42			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores do componente de rendimento NVP, sem uso da variável interação, para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	3,86700	-----	----	----
X ₁	0,06226	0,0079	7,89	<0,0001
X ₂	0,05263	0,0052	10,11	<0,0001

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores do componente de rendimento número de grãos por vagem (NGV), para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	5	2,2277	0,4456	7,80	<0,0001
Falta de ajustamento	24	2,1794	0,0908	1,59	0,0762
Tratamentos	(29)	(4,4072)			
Blocos	2	0,5216			
Resíduo	58	3,3095	0,0571		
Total	89	8,2383			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na semente e em cobertura e valores do componente de rendimento (CR) número de grãos por vagens (NGV), para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	4,42379	-----	----	----
X ₁	0,01811	0,00527	3,44	0,0011
X ₂	0,01141	0,00360	3,17	0,0024
X ₁ ²	-0,00019	-0,00009	1,99	0,0513
X ₂ ²	-0,00008	-0,00004	2,05	0,0449
X ₁ X ₂	-0,00007	-0,00006	1,23	0,2237

Análise de variância da regressão com o teste para falta de ajustamento do modelo linear ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores do componente de rendimento número de grãos por vagem (NGV), para o experimento 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Pr > F
Regressão	3	1,9141	0,6380	11,18	<0,0001
Falta de ajustamento	26	2,4931	0,0959	1,68	0,0513
Tratamentos	(29)	(4,4072)			
Blocos	2	0,5216			
Resíduo	58	3,3095	0,0571		
Total	89	8,2383			

Estimativas dos coeficientes de regressão, erros padrões e o teste t do modelo ajustado entre doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura e valores do componente de rendimento (CR) número de grãos por vagens (NGV), para o experimento 2

Variáveis	Estimativas	Erros Padrões	t	Pr > t
Intercepto	4,5529	-----	----	----
X ₁	0,0063	0,0015	4,33	<0,0001
X ₂	0,0095	0,0032	2,93	0,0048
X ₂ ²	-0,0001	3,78E-05	-2,05	0,0449