

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO NA NODULAÇÃO DA SOJA**  
**(*Glycine max* (L.) MERRIL)**

**EGBERTO EGON DE HERDANI**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP– Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia -  
Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

BOTUCATU-SP

Agosto – 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO NA NODULAÇÃO DA SOJA**  
*(Glycine max (L.) Merrill)*

**EGBERTO EGON DE HERDANI**

**Orientador: Prof. Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP– Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

BOTUCATU-SP

Agosto – 2002

...”O Presidente Grant” jamais criticava as fraquezas de outros homens, mas procurava aperfeiçoar-se. Auto- análise e auto disciplina eram forças irmãs que alicerçavam seu desenvolvimento. Sua fórmula de trabalho predileta era esta:

“aquilo que persistimos em fazer torna-se fácil de fazer; não que a natureza da coisa tenha mudado, mas nosso poder para fazê-la aumentou.”

“Todos os avanços da Ciência tiveram o seu ponto de partida na mente de uma pessoa,  
os nossos pensamentos são coisas reais que devemos por em prática.

Acredite nos teus sonhos!

Egon

Aos Meus pais,

Edgard e Diva (in memorium) a quem eu respeito  
e amo profundamente.

### **OFEREÇO**

A meus filhos amados,

Edgar e Egberto a quem eu devo bons exemplos.

### **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo corpo, pela saúde e pela família que tenho.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, FCA/UNESP, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, pela sugestões, orientação, amizade e incentivo, me concedendo esta oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual não me seria possível a realização deste projeto.

Ao Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa pela oportunidade e incentivo.

Ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, pelos ensinamentos e apoio.

Aos Professores. Dr. Ângelo Cataneo e Dra. Luzia Aparecida Trinca, pela imprescindível ajuda no estabelecimento do delineamento experimental e análise estatística.

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Boas pelas determinações de calagem e adubação.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Marli Teixeira de Almeida Minhoni pelos ensinamentos e orientação.

Ao Prof. Dr. Silvio José Bicudo pela colaboração e amizade.

À mina colega e amiga Eng. Agrônoma Dr.<sup>a</sup> Maria Aparecida Drudi Dorigatti Cruz, pela inestimável ajuda na execução deste trabalho.

À minha colega e amiga Eng. Agrônoma Cristina Miranda de Alencar, pela inestimável ajuda na execução desse trabalho.

Ao colega Meteorologista Antônio Ricardo S. Andrade, pela sua ajuda, generosidade e amizade.

Ao colega Eng. Agrônomo Glauco de Souza Rolim, pela ajuda na execução desse trabalho.

Ao colega Ieoshua Katz pelo seu companheirismo e amizade.

À todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pela dedicação e inestimável ajuda.

À Todos os colegas de Pós - Graduação, pela convivência e coleguismo.

Às minhas irmãs Evelyn e Elisabeth e cunhado Henrique, que muito me apoiaram.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma maneira me ajudaram na realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Caracterização da Área Experimental.....	15
3.2 Características Físicas e Químicas do Solo.....	15
3.2.1 Características Física do Solo .....	16
3.2.2 Características Químicas do Solo .....	16
3.3 Umidade na Capacidade de Campo (CC).....	17
3.4 Fatores Climáticos da Casa de Vegetação.....	17
3.5 Variedade .....	18
3.6 Instalação e Condução do Experimento.....	20
3.6.1 Preparo dos Vasos .....	21
3.6.2 Adubação.....	21
3.6.3 Semeadura .....	21
3.7 Tratamentos.....	22
3.7.1 Água.....	22
3.7.2 Inoculação.....	22
3.7.3 Desinfecção das Sementes.....	22
3.8 Parâmetros Avaliados.....	23
3.8.1 Medidas Morfológicas.....	23
3.8.2 Teor de Nitrogênio .....	24
3.8.3 Nodulação.....	24
3.9 Delineamento Experimental.....	25
3.10 Temperatura no Vaso (°C).....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Temperatura do Solo no Vaso.....	26
4.2 Altura das Plantas.....	27
4.3 Número de Folhas.....	28
4.4 Diâmetro de Caule.....	31
4.5 Massa Seca das Raízes.....	33
4.6 Massa Seca da Parte Aérea.....	35
4.7 Teor de Nitrogênio da Parte Aérea.....	36
4.8 Número de Nódulos .....	39
5 CONCLUSÕES.....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42



## LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
<b>1</b> Análise textural e densidade de partículas .....	<b>16</b>
<b>2</b> Análise química do solo.....	<b>16</b>
<b>3</b> Solução nutritiva de micronutrientes (Villas Boas, 2001) aplicada uma única vez nos tratamentos.....	<b>21</b>
<b>4</b> Tratamentos em que os vasos foram submetidos.....	<b>23</b>
<b>5</b> Temperatura do solo nos vasos entre 47 DAS E 55 DAS.....	<b>26</b>
<b>6 A</b> Altura das plantas de soja nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação .....	<b>27</b>
<b>6 B</b> Análise de variância com teste F.....	<b>27</b>
<b>7 A</b> Número de folhas nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação.....	<b>29</b>
<b>7 B</b> Análise de variância com teste F .....	<b>30</b>
<b>8 A</b> Diâmetro nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação .....	<b>32</b>
<b>8 B</b> Análise de variância com teste F.....	<b>32</b>
<b>9 A</b> Massa seca de raízes de soja nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação .....	<b>34</b>
<b>9 B</b> Análise de variância com teste F.....	<b>34</b>

<b>10 A</b> Massa seca da parte aérea da soja nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação .....	<b>36</b>
<b>10 B</b> Análise de variância com teste F.....	<b>36</b>
<b>11 A</b> Teor de nitrogênio da parte aérea da soja nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação .....	<b>38</b>
<b>11 B</b> Análise de variância com teste F.....	<b>39</b>
<b>12 A</b> Número de nódulos da soja nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação .....	<b>40</b>
<b>12 B</b> Análise de variância com teste F.....	<b>40</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página	
1	<b>Representação esquemática dos períodos de participação do nitrogênio do Solo e do fixado, na economia nitrogenada da soja.....</b>	13
2	<b>Acumulação de matéria seca pela soja, cultivar Santa Rosa, em função da idade da planta.....</b>	14
3	<b>Temperatura mínimas, médias e máximas do ar após a semeadura .....</b>	18
4	<b>Umidades mínimas, médias e máximas do ar após a semeadura .....</b>	19
5	<b>Relação entre altura da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.....</b>	29
6	<b>Relação entre o número de folhas da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.....</b>	30
7	<b>Relação entre o diâmetro da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.....</b>	33
8	<b>Relação entre a massa seca das raízes da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.....</b>	35
9	<b>Relação entre a massa seca da parte aérea da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.....</b>	37
10	<b>Relação entre teor de nitrogênio da parte aérea da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.....</b>	39

## INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO NA NODULAÇÃO DA SOJA

(*Glycine max* (L.) Merrill). Botucatu, 2002. 46 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: EGBERTO EGON DE HERDANI

Orientador: Professor Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ

### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos, de seis níveis de água no solo, na nodulação da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Foi instalado um experimento em casa de vegetação localizada junto à Área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) – Campus Botucatu – SP, UNESP, durante os meses de novembro a dezembro/2001, em solo Latossolo Vermelho Escuro, textura média. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com tratamentos em esquema fatorial 2 X 6 (dois níveis de inoculação – com e sem inoculação e seis níveis de irrigação – 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 % e 80 % da capacidade de campo), com seis repetições e uma variedade (IAC –18) um tipo de solo. As diferentes unidades experimentais, foram formadas por vasos plásticos impermeáveis contendo uma planta em cada vaso, onde foram avaliados, na floração, quando o processo de fixação de N<sub>2</sub> atinge o ponto máximo, número e massa seca dos nódulos. Na planta, foram avaliados, massa seca da parte aérea e das raízes e nitrogênio na

planta, pode-se concluir que as plantas responderam positivamente ao aumento do nível de água no solo em relação ao desenvolvimento da parte aérea e radicular . Quando inoculadas apresentaram maior teor de nitrogênio da parte aérea.

## SOIL UMIDITY INFLUENCE ON SOY NODULATION (*Glycine max* (L.)

Merril) Botucatu, 2002. 46 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista

Author : EGBERTO EGON DE HERDANI

Advisor: Prof. Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ

### SUMMARY

The aiming of the work was study the effects of six soil moisture levels on soy nodulation (*Glycine max* (L.) Merrill). A greenhouse experiment was installed at Department of Field Engineering of Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) in campus Botucatu-SP, UNESP, during november/2001 until december/2001, in na Oxisol medium texture. The experimental design was randomized blocks with 2 X 6 outlined treatments ( 2 inoculation levels- with and without inoculation and 6 irrigation levels: 30%, 40%, 50% 60%, 70% and 80% of field capacity), it was used 6 repetitions with IAC-18 variety. The different experimental units were formed by impermeable vases with one plant each. These vases were used for avaliation of, during flowering, N fixation (maximum rate) levels, number and dry mass of the nodules. It was analyzed as well, the dry matter and N levels of the aerial part of

the plant and the root system. It could be concluded that there were, in all treatments, a plant positive response with the increment of water available in soil and a better development in inoculated plants.

---

Keywords: Soy; Irrigation; Nodulation

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) é originária da China, onde já era conhecida por volta de 2000/1500 anos antes de Cristo. Séculos e séculos se passaram até a planta chegar ao ocidente, mais precisamente no Estados Unidos, e começar a mostrar a sua importância como alimento. No Brasil, as primeiras experiências de plantio se deram no Rio Grande do Sul. Daí a leguminosa expandiu-se para Santa Catarina, Paraná e São Paulo, para a seguir, abrir novas fronteiras (soja, s.d.).

O Brasil produziu 16,4 milhões de toneladas de soja em grão, 75,88 % processada em farelo e 18,79 % em óleo bruto no ano comercial 93/94 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1994).

A soja hoje é o nosso principal produto agrícola de exportação, sendo o Brasil o segundo produtor mundial, superado apenas pelos Estados Unidos.

Na safra 99/00, a produção de soja ultrapassou 32 milhões de toneladas, havendo todas as condições para este número crescer de forma substancial nos próximos anos. Sendo a previsão para a safra 2001/02 de mais de 41 milhões de toneladas (ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2002).



A soja é a cultura anual de maior expressão econômica no Brasil, sendo que seu cultivo no país se tornou viável, em grande parte devido à sua capacidade, em associação com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, fixar o nitrogênio atmosférico para a sua nutrição (Vargas et. al. 1982, citados por Arantes & Souza , 1993).

A soja, por ser uma planta rústica, mesmo sem o melhor manejo de cultura e do solo, estabeleceu-se na região dos cerrados na década de 70. Não só a rusticidade da cultura mas também as relações econômicas, favoráveis contribuíram para a expansão da área cultivada.

Hoje, as relações econômicas são bem mais críticas e a margem para impropriedades é muito restrita. Para o sucesso da cultura é fundamental que o melhor do conhecimento disponível seja praticado no manejo da cultura e do solo, para obtenção de produtividades elevadas (Sousa, et al, 1993, citado por Arantes & Souza, 1993).

A soja é usada na alimentação humana como fonte de proteína vegetal, substituindo a carne, pode-se ainda, produzir queijo, leite, bolo, sorvete, etc., principalmente óleo. É também utilizada como componente da ração animal (farelo de soja).

A soja é sensível tanto ao excesso como a escassez de umidade, em diferentes etapas de seu ciclo. Na maioria dos anos agrícolas as precipitações pluviais têm sido suficientes para garantir boas produções. Há no entanto, ocasiões em que se verificam veranicos que atingem a cultura em fases críticas do ciclo e podem provocar flutuações na produção de soja. O objetivo deste trabalho, foi avaliar os efeitos da umidade do solo sobre os rendimentos da massa seca e sobre a fixação de nitrogênio pela soja cultivar IAC - 18, inoculada com *Bandyrhizobium japonicum* (inoculante comercial), estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

As plantas requerem água para a sua manutenção e desenvolvimento. Em adequadas condições de disponibilidade de água no solo, para a maioria das espécies vegetais grande proporção da água absorvida pelas plantas é transportada para a atmosfera através da transpiração não desempenhando função efetiva no desenvolvimento das plantas (Taiz & Zeiger, 1991).

Usando correlação estatística entre os dados anuais de produção e precipitação, em Illinois, EUA, Runge & Odell (1960), para o período de 1909 a 1957, determinaram que a resposta da soja à falta de água é diferente para os vários estágios de desenvolvimento da cultura. Observando a curva de respostas obtidas, verificaram que a soja apresenta maiores exigências hídricas durante os estágios de máximo crescimento vegetativo, início de florescimento e enchimento de grãos. Observaram ainda que o rendimento está positivamente correlacionado com a precipitação que ocorre no período de aumento de peso de grãos.

As exigências bioclimáticas básicas que devem ser satisfeitas para que a cultura de soja possa desenvolver - se e prosperar de acordo com Pascale (1969), são:

Exigências térmicas, exigências hídricas e exigências fotoperiódicas.

Água desempenha papel fundamental no crescimento e desenvolvimento da planta. Em condições favoráveis de umidade, através do processo fotossintético, as plantas produzem carboidratos que parte vai para o consumo imediato e parte vai para o armazenamento.

A água disponível no solo é um dos fatores mais importantes na produtividade vegetal, pois a deficiência hídrica pode levar a uma diminuição considerável na produção, mesmo em cultivares de excelente potencial genético.

Em relação a características agrônômicas, dados de Nagata (s.d), citados por Miyasaka & Kiihl (1969), informa que cultivares de soja de hábito determinado tiveram suas estruturas diminuídas, quando as deficiências hídricas ocorreram durante o período de máximo desenvolvimento (vegetativo e reprodutivo).

Sionitt & Kramer (1977) estudando o efeito do estresse hídrico durante diferentes estágios do desenvolvimento da soja, verificaram que: a) plantas estressadas durante a indução floral e florescimento produziram menores flores, vagens e sementes do que plantas controle, devido ao encurtamento do período de florescimento e aborto de algumas flores; b) estresse durante o início da formação de vagens maiores reduções no número de vagens e sementes na colheita; c) aplicação de estresse durante o estágio de enchimento de vagens produziu as menores sementes, porém não reduziu o número de vagens ou o número total de sementes, também houve o encurtamento no período de maturação e as vagens amadureceram cerca de uma semana mais cedo do que as plantas controle.

Estudando o efeito do estresse hídrico sobre diversas variedades de soja, Blanchet et al (1980), verificaram ser o número de vagens por planta, a característica mais afetada pela planta, quando as deficiências hídricas foram impostas no período de florescimento. De acordo

com Carter & Hartwig (1967), Muller (1981), o déficit hídrico afeta também a fotossíntese em forma mais complexa. Devido a menor absorção de nitrogênio, nessas condições, aparecem clorose e o crescimento vegetativo é reduzido, podendo acarretar uma diminuição na altura de planta e paralelamente ocorrer insuficiência hídrica.

A baixa umidade do solo atua sobre a nodulação e fixação de nitrogênio, além de afetar a atividade fotossintética da planta hospedeira, podendo significar perda total ou uma redução no rendimento da cultura (Mahler & Wollum, 1981).

Também é sabido que deficiências hídricas no período vegetativo provocam redução da taxa de crescimento, da atividade fotossintética, da fixação de nitrogênio e do metabolismo da planta (Marcos Filho, 1986, Baioni et al., 1989).

Morote et al (1990) trabalhando com soja observou maior número de nódulos no experimento com irrigação para todos os tratamentos inoculados e sem inoculação.

Trabalhando com fixação de nitrogênio, em soja, com *Bradyrhizobium japonicum*, temperatura do solo, irrigação, cobertura morta e resistência a antibióticos, Morote et al (1991), concluíram que a falta de umidade adequada no solo foi mais limitante à fixação de nitrogênio e rendimento de grãos de soja do que altas temperaturas, sendo mais crítica a estirpe sensível.

Trabalhando, com soja em diferentes regimes de água, Petter & Righes (1992), verificaram que a produção de grãos foi reduzida em 64%, quando submetidas a um valor de potencial de água no solo de  $-4$  atm, verificaram ainda que tanto a parte aérea como os sistemas radiculares foram severamente afetadas pelo decréscimo do potencial de água no solo.

Através de associação com estirpes de *Bradyrhizoiium japonicum*, a soja é capaz de utilizar o nitrogênio atmosférico. Segundo Hardy et al. (1971) a fixação do nitrogênio atmosférico aparece normalmente entre 3 e 5 semanas após o plantio. O nitrogênio que supre as plantas até então é oriundo das sementes e do solo. A demanda de nitrogênio nesta fase é baixa.

Segundo Rosolem (1984) o nitrogênio presente na soja pode ser oriundo da atmosfera, através da fixação simbiótica, do solo e do adubo aplicado.

Avaliações efetuadas em experimentos conduzidos no CPAC (Vargas et al, 1982; Vargas & Suhel, 1982 citados por Arantes & Souza, 1993) indicaram que o aparecimento dos nódulos ocorre geralmente do quarto ao sexto dia após a germinação, e aos 12 dias já pode ser detectada a atividade da enzima nitrogenase, responsável pela transformação do nitrogênio do ar em amônia. O processo de fixação de N<sub>2</sub> atinge o seu ponto máximo no estágio de floração plena e declina a partir do enchimento dos grãos, participando no suprimento de N durante todo o ciclo da soja.

A nodulação adequada da soja, avaliada no início da floração, situa-se em torno de 100 mg e 15 nódulos por planta. A taxa de atividade de nitrogenase adequada, avaliada pelo método de acetileno, situa-se acima de 500 moles de etileno, formado planta hora (Vargas & Suhel, 1980, Vargas & Suhel, 1982 citados por Arantes & Souza, 1993). Uma vez estabelecida à nodulação em níveis adequados, a fixação simbiótica do N<sub>2</sub> fornece toda a quantidade de N necessária para completar o fornecimento natural do solo.

A distribuição e coloração dos nódulos podem dar uma indicação do sucesso da inoculação. A disponibilidade dos sítios de infecção nodular nas raízes de soja ocorre em poucas horas, e ainda nas regiões sub-apicais próximas às zonas de crescimento (Bhuvaneshw

et al, 1980; Vargas, 1990 citados por Arantes & Souza, 1993). Os nódulos presentes na região do colo da raiz principal são formados muito cedo, logo após a emergência das plantas, e provavelmente são provenientes das estirpes inoculadas. Ao contrário, nódulos presentes nas raízes secundárias, na parte inferior do sistema radicular, são indício de que a nodulação ocorreu tardiamente, e provavelmente com as estirpes que já se encontraram no solo (plantas apresentam - se bem desenvolvidas) ou má qualidade do inoculante (plantas com clorose).

Com respeito à temperatura do solo, Ferrari et al (1967) constataram que em temperaturas de 35 a 40 °C, a nodulação, o teor de nitrogênio e nitrogênio total da soja diminuíram, enquanto Galleti et al. (1971) demonstraram que temperaturas diurnas de 33 °C prejudicam a nodulação e a eficiência da fixação de N pela soja.

Segundo Munévar & Wollum, 1981, a temperatura é um dos mais importantes fatores que influenciam o crescimento e a sobrevivência de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* no solo e suas associações simbióticas com as leguminosas, sendo adversamente afetadas por altas temperaturas.

Por outro lado, um sistema radicular contendo muitos nódulos pequenos e com interior esbranquiçado é um indício de deficiência nutricional ou acidez do solo ou ainda que os nódulos foram formados por estirpe ineficiente. Plantas deficientes em magnésio, como as cultivadas em solos corrigidos com calcário calcítico, apresentam clorose e respondem à adubação nitrogenada, porque a simbiose é mais sensível à deficiência de magnésio do que o desenvolvimento de planta em si.

Plantas deficientes em molibdênio também apresentam clorose e não respondem bem à adubação nitrogenada, já que o nitrato redutase, enzima responsável pela incorporação do nitrato pelas plantas, também requer molibdênio para sua formação.

Nódulos róseos é devida a Leg-hemoglobina, substância responsável pelo transporte de oxigênio para as células fixadoras de  $N_2$ .

Nos nódulos o declínio da fixação de  $N_2$  inicia-se a partir da formação de vagens, indicando o início de senescência dos nódulos.

Esse declínio na atividade da nitrogenase inicia-se antes que o processo de senescência dos nódulos verdes, seja aparentemente (Vargas & Suhel, 1982 citados por Arantes & Souza, 1993) e parece estar associado a um suprimento inadequado de produtos da fotossíntese ao nódulo (Lawn & Bun, 1974). Ao entrar em senescência, a leg-hemoglobina vermelha dos nódulos efetivos se altera para leg-hemoglobina verde e, numa fase mais avançada, os nódulos entram em decomposição.

Segundo Rosolem (1984) as sementes de soja contém aproximadamente 40 % de proteína, ou seja, cerca de 6 % de nitrogênio. Essa necessidade em quantidades relativamente grandes, nos níveis de produtividade que tem obtido em nossas condições (em torno de 2.000 kg ha<sup>-1</sup>), podem ser supridas pela simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium*. Entretanto em maiores níveis de produção (acima de 3 t ha<sup>-1</sup>), considerado que grande parte do nitrogênio é absorvido depois do florescimento, numa época que atividade da simbiose está em declínio, segundo alguns autores, a soja deve absorver nitrogênio de outra fonte que não o sistema simbiótico. Entretanto, Franco et al. (1978) demonstraram que existe atividade dos nódulos até que os órgãos da soja estejam praticamente maduros, e a maior atividade ocorreu no período de formação das vagens.

Desta maneira, o fenômeno poderia ser esquematizado conforme a Figura 1, onde aparecem os períodos em que cada fonte de nitrogênio é mais importante para a soja.

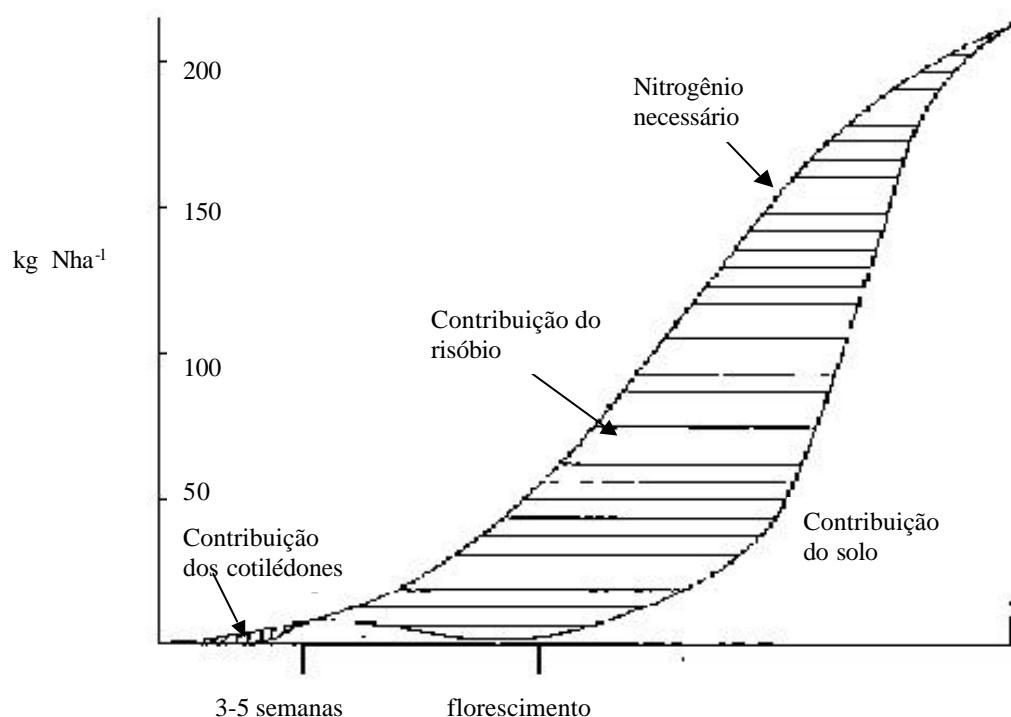


Figura 1 - Representação esquemática dos períodos de participação do nitrogênio do solo e do fixado, na economia nitrogenada da soja.

Segundo Bataglia & Mascarenhas (1977), que estudaram a acumulação de macro e micro nutrientes pela soja (CV Santa Rosa) durante três anos em um solo classificado como Latossolo Roxo de Textura média, no Estado de São Paulo. O acúmulo de matéria seca é relativamente lento até aproximadamente 30 dias (Figura 2) da semeadura, sofrendo uma aceleração considerável em seguida, até aproximadamente 90 dias, quando a fase vegetativa atinge o máximo. A matéria seca total da planta continua aumentando até aproximadamente 120 dias (grãos maduros), apesar da queda principalmente de folhas que se verifica nessa ocasião.



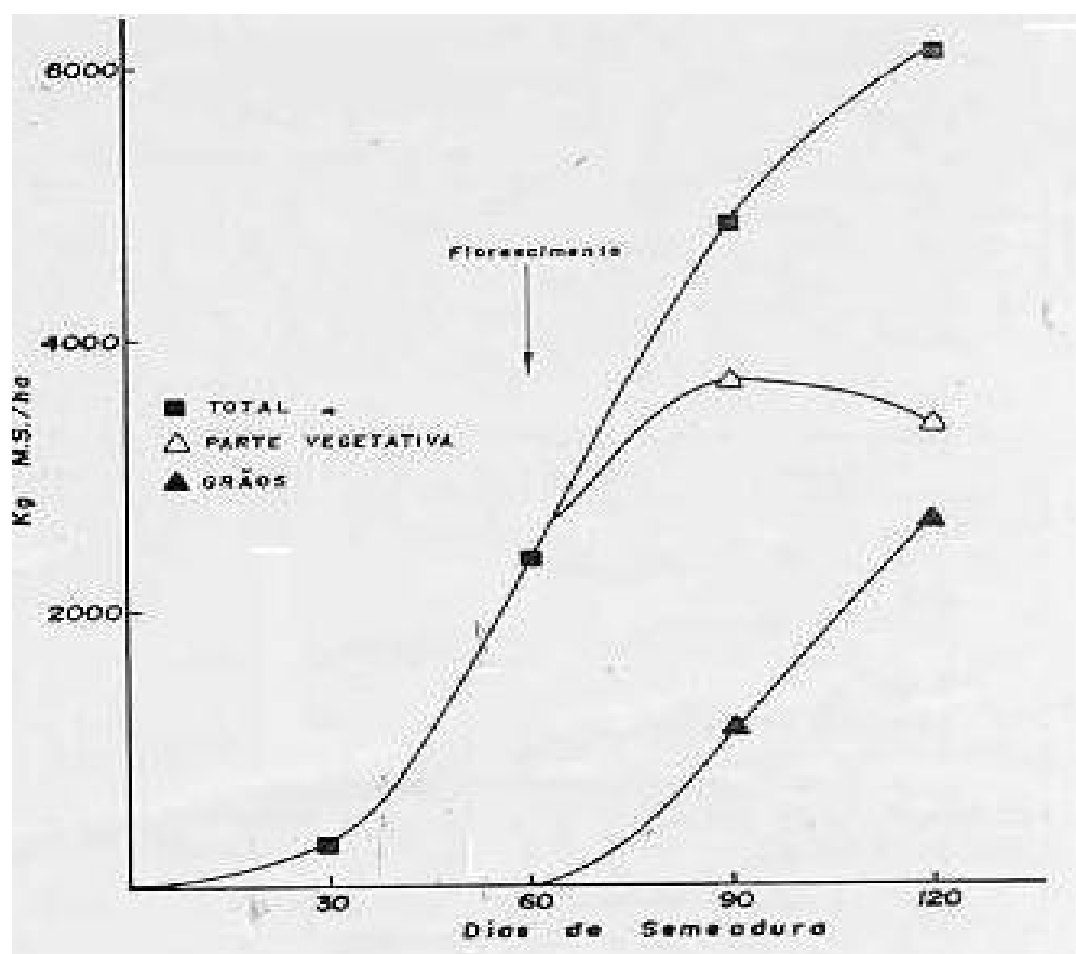


Figura 2 - Acumulação de Matéria seca pela soja cv. Santa Rosa, em função da idade da planta.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado com dados de experimento de estufa realizado na Fazenda Experimental Lageado - UNESP, em Botucatu - SP, a uma latitude de 22° 49' S, longitude (Greenwich) 48° 25' W e altitude média de 770 m, durante os meses de novembro e dezembro de 2001.

#### 3.2 Características físicas e químicas do solo

A terra utilizada corresponde ao solo do grupo Latossolo Vermelho Escuro distrófico textura média (LED), segundo a classificação feita por Carvalho et al (1983), coletado da Fazenda Experimental Lageado, na gleba denominada "Patrulha", pertencente a FCA-UNESP, Campus Botucatu, coletado na camada de 0-20 cm de profundidade.

### 3.2.1 Características físicas do solo

Através da análise mecânica do solo realizada no Departamento de Recursos Naturais Área de Ciência do Solo da FCA-UNESP, Campus Botucatu, verificou-se que o mesmo pertence à classe textural “Média” (Quadro 1).

Quadro 1- Análise textural, densidade de partículas (dp) e densidade global (dg)

Argila $\text{g kg}^{-1}$	Silte $\text{g kg}^{-1}$	Areia $\text{g kg}^{-1}$	dp ( $\text{g cm}^{-3}$ )	dg ( $\text{g cm}^{-3}$ )
30	3	67	2,76	1,3

### 3.2.2 Características químicas do solo

As características químicas do solo, foram obtidas no Departamento de Recursos Naturais área de Ciência do Solo da FCA-UNESP, Campus Botucatu. Os resultados estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Características químicas do solo

<b>PH</b> CaCl <sub>2</sub>	<b>MO</b> $\text{g dm}^{-3}$	<b>P<sub>resina</sub></b> $\text{mg dm}^{-3}$	<b>H<sup>+</sup> + Al<sup>+</sup></b>	<b>K</b>	<b>Ca<sup>+</sup></b>	<b>Mg<sup>+</sup></b>	<b>SB</b>	<b>CTC</b>	<b>V</b>
					$\text{Mmol dm}^{-3}$				%
3,8	28	1	104	0,3	6	1	7	111	6

### 3.3 Umidade na capacidade de campo (CC)

A umidade do solo na Capacidade de Campo foi determinada em amostras deformadas, no laboratório de Relação Água – Solo – Planta - Atmosfera do Departamento de Engenharia Rural da FCA - UNESP, Campus Botucatu.

O ponto de 0,1 atm, correspondente a umidade na capacidade de Campo foi obtido em câmara de pressão (Richards, 1947) e a umidade foi determinada pelo método Gravimétrico Padrão, encontrando-se o valor de 11,11 % de umidade com base em peso seco, para 100 % de Capacidade de Campo.

### 3.4 Fatores climáticos da casa de vegetação

Com o objetivo de acompanhar as condições microclimáticas da casa de vegetação utilizada no experimento, foi instalado termohigrógrafo com ciclo semanal, no interior da mesma. Através dos dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos, são apresentados os valores mínimos, médios e máximos diários. As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, as temperaturas e umidades mínimas, médias e máximas da casa de vegetação. A temperatura e umidades médias foram obtidas através da média aritmética entre a máxima e mínima.

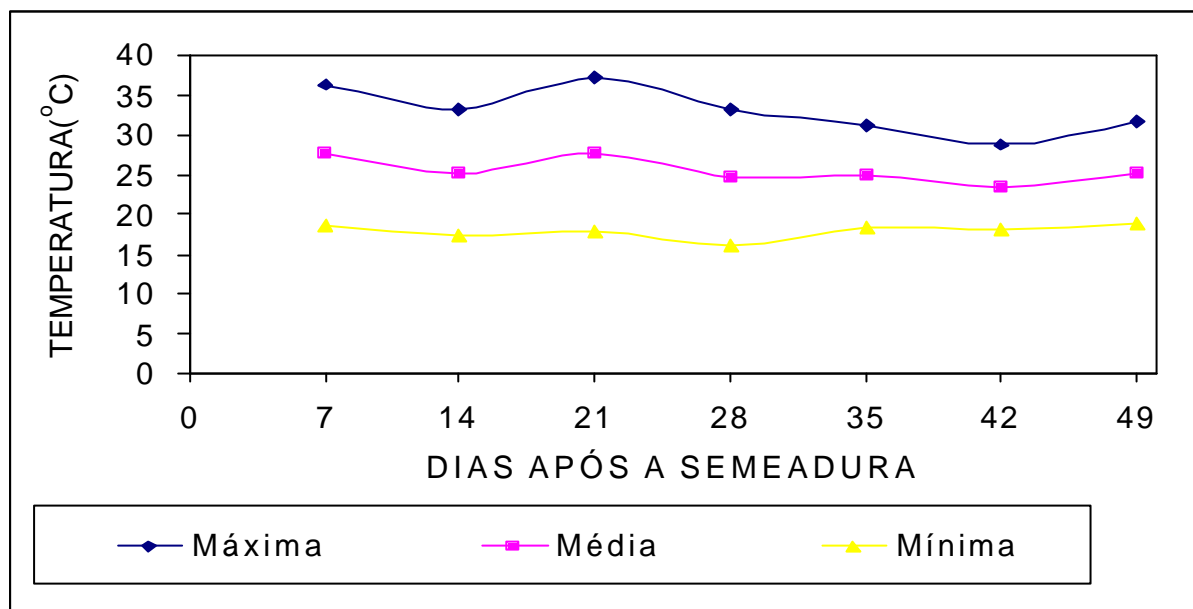


Figura 3 - Temperaturas mínimas, médias e máximas do ar após a semeadura.

### 3.5 Variedade

Foi utilizada a variedade IAC - 18 de soja (*Glycine max*, (L) Merrill) cujas características e recomendações, segundo o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) seguem abaixo:

Adaptação: É indicada para solos de média fertilidade em áreas do Brasil Central (SP, MG, GO, MT e MS).

Época de semeadura: Outubro a dezembro.

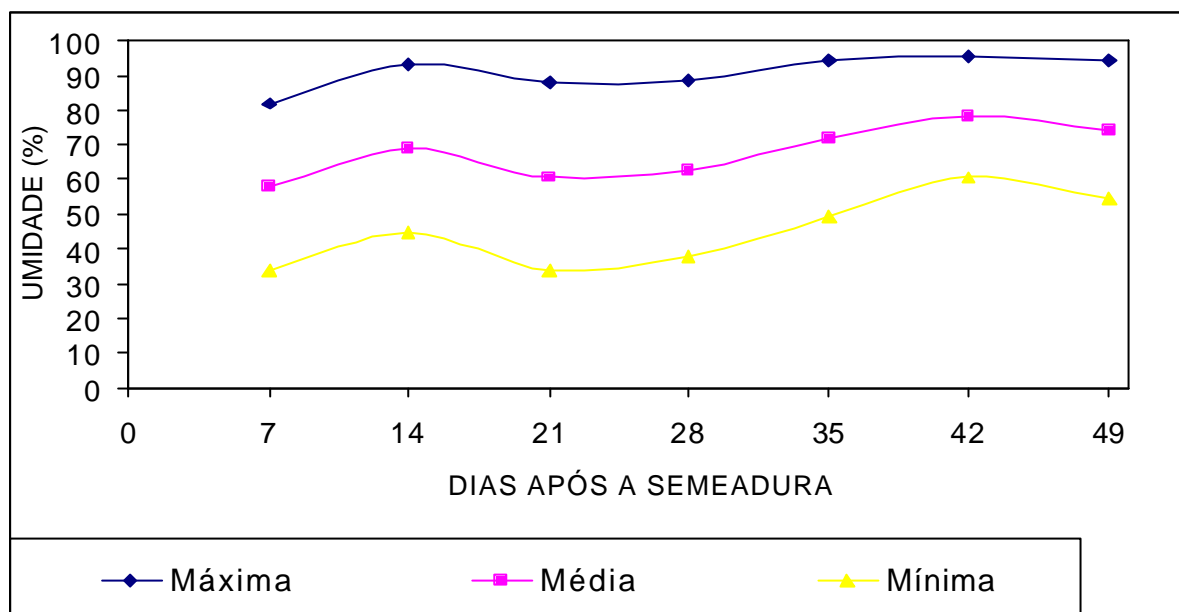


Figura 4 - Umidades mínimas, médias e máximas do ar após a semeadura.

Hábito de crescimento: Determinado.

Florescimento: 45 - 50 dias.

Ciclo: 120 - 130 dias.

Altura das plantas: 70 - 90 cm.

Rendimento provável: 2400 – 3200 kg ha<sup>-1</sup>.

Resistência a doenças: Pústula bacteriana, fogo selvagem, crestamento bacteriano, cancro da haste, mosaico comum, nematóide de galha.

As sementes foram cedidas pelo IAC, Assis-SP.

### 3.6 Instalação e condução do experimento

#### 3.6.1 Preparo dos vasos

O experimento foi iniciado em agosto de 2001, com o preparo dos vasos. Cada unidade experimental constou de um vaso plástico impermeável, de 25 cm de altura por 25 cm de diâmetro superior por 20 cm de diâmetro inferior. Os vasos usados nos tratamentos eram furados na base onde foram colocados tela juntamente com papel poroso para efetuarem possível drenagem. Cada vaso recebeu 8000 g de terra fina seca ao ar (TFSA), passada em peneira de 2 mm corrigindo-se após determinação da umidade do solo e através de amostras secas em estufa a 105°C, para terra fina seca em estufa (TFSE).

#### 3.6.2 Adubação

De acordo com os resultados da análise química do solo, seguindo as recomendações de Villas Boas (2001)<sup>1</sup>, foi realizada a adubação dos vasos.

Inicialmente foi feita a calagem, à base de 6 ton ha<sup>-1</sup>, utilizando-se 20 g por vaso de calcário com as seguintes especificações: CaO = 31 %, MgO = 18 % e PRNT = 95, para elevar a saturação por base à 60 % e o teor de magnésio a um mínimo de 5 mmol dm<sup>-3</sup>.

Para homogeneizar adequadamente o calcário com o solo de cada unidade experimental, a calagem foi feita vaso por vaso, utilizando-se de sacos plásticos, com capacidade de 20.(Villas Boas, 2001)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciências do Solo, FCA-UNESP- Botucatu

Após o preenchimento de todos os vasos, colocou-se 2000 cm<sup>3</sup> de água em cada um através de uma proveta. Os vasos ficaram em incubação por um período de aproximadamente 30 dias.

Junto com a semeadura foi feita adubação com fósforo e potássio, sendo utilizado para cada vaso 1,9 g de cloreto de potássio e 13,8 g de superfosfato simples. Utilizou-se de um saco de 20 litros, para homogeneizar o adubo ao solo de cada vaso. Após a adubação foi feita a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, à base de 250 g do inoculante por 50 kg de semente e 300 cm<sup>3</sup> de água. Foi utilizado inoculante comercial.

Dez dias após a germinação foram aplicados 100 ml de solução nutritiva completa de micronutrientes por vaso, na concentração de 0,1 % da solução estoque (Quadro 3).

Quadro 3 – Solução nutritiva de micronutrientes (Vilas Boas, 2001)<sup>1</sup> aplicada uma única vez nos tratamentos.

COMPOSTOS	g L <sup>-1</sup> (estoque)
Ácido Bórico	2,86
Cloreto de Manganês	1,81
Cloreto de Zinco	0,10
Cloreto de Cobre	0,04
Ácido Molibdênio	0,02

<sup>1</sup> Comunicação pessoal. Botucatu – Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciências do solo, FCA-UNESP-Botucatu



### 3.6.3 Semeadura

A variedade IAC-18 foi semeada no dia 03/11/2001 em 72 vasos à profundidade de 3 cm da superfície do solo. Foram semeadas 2 sementes por vaso. Trinta dias após a semeadura foi feito o desbaste, deixando uma planta por vaso.

## 3.7 Tratamentos

### 3.7.1 Água

Após a semeadura fez-se o umidecimento do solo de cada vaso conforme o Quadro 4

Nos dias subsequentes ao 1º umidecimento os vasos eram pesados, um a um, diariamente das 8:00 h às 10:00 h da manhã e a água perdida por evapotranspiração era repostada até atingir cada um dos seis níveis de umidade pré- estabelecida, até o florescimento.

### 3.7.2 Inoculação

Para cada um dos seis níveis de água foram feitos seis vasos com inoculação e seis vasos sem inoculação das sementes.

As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (inoculante comercial), estirpes 587 e SEMIA 5019, 5 minutos antes da semeadura. A dosagem foi a base de 250 g de inoculante/50 kg de semente/300 ml de água. Colocou-se 1,25 g do inoculante, 1,5 ml de água e 250 g de semente em um pequeno reservatório plástico e misturou-se até atingir uma cobertura homogênea das sementes.

### 3.7.3 Desinfecção das sementes

Antes das sementes serem inoculadas, as mesmas foram desinfectadas com hipoclorito de sódio de uso doméstico, diluído à 20 %, através de imersão durante 15 minutos. A seguir, deixou-se em água corrente durante 30 minutos. Imergiu-se em água corrente durante 3 horas e a seguir, lavou-se rapidamente em água corrente conforme recomendações de Minhoni (2001)<sup>2</sup>.

Quadro 4- Tratamentos em que os vasos foram submetidos

Nº de Vasos	Tratamento de Água	1º Umidecimento dos Vasos (g)	Massa Total dos Vasos a Ser Mantida [8,036 g(solo+300 g (tara))+ X g
12	30 % da CC	267,8	8.603,8
12	40 % da CC	357,10	8.693,1
12	50 % da CC	446,40	8.782,4
12	60 % da CC	535,10	8.871,7
12	70 % da CC	625,00	8.961
12	80 % da CC	714,20	8.050,2

### 3.8 Parâmetros avaliados

Os parâmetros foram avaliados aos 59 dias após a semeadura, época da coleta das plantas.

<sup>2</sup> MINHONI, M.T.A. -Departamento de Produção Vegetal - Defesa Fitossanitária, FCA - UNESP, 2001

### 3.8.1 Medidas morfológicas

Antes das plantas serem cortadas e retiradas suas raízes dos vasos, foram avaliados:

a) Altura das plantas

Foram medidas tendo por base o nível do solo.

b) N° de folhas

Foram contadas folhas pequenas, médias e grandes independente do seu tamanho.

c) Diâmetro do caule

Os diâmetros foram medidos com paquímetro e para facilitar a medição e melhorar a precisão, ela foi feita a uma altura de 5cm do solo.

Após o corte e retirada da parte aérea das plantas, cortadas a 1 cm acima do nível do solo, as raízes foram retiradas dos vasos através de uma lavagem cuidadosa, para não haver perda de raízes. Foram medidos as seguintes parâmetros:

d) Massa seca das raízes

e) Massa seca de parte aérea

A parte aérea e as raízes das plantas foram submetidas á secagem em estufa à temperatura constante de 65 ° C durante 24 horas, posteriormente foram pesadas em balança eletrônica de precisão.

### 3.8.2 Teor de nitrogênio

Foi avaliado no laboratório de nutrição mineral de plantas do Departamento de Recursos Naturais de FCA-UNESP-Campus de Botucatu e a metodologia aplicada foi o método semi-micro-Kjeldahl.

### 3.8.3 Nodulação

Após as raízes terem sido lavadas e secas com papel absorvente foi feita a contagem dos nódulos (pequenos, médios e grandes) nos vários níveis de umidade.

## 3.9 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com tratamentos em esquema 2 x 6 (dois níveis de inoculação- com e sem inoculação e seis níveis de água- 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 % e 80 % da capacidade de campo), com seis repetições, uma variedade (IAC-18) e um tipo de solo. Em todas as análise estatísticas, o nível de probabilidade adotada foi de 5 %.

### 3.10 Temperatura no vaso (°C)

Através de amostragem foram feitas medições de temperatura do solo (vaso), através de geotermômetros, na última semana antes da coleta das plantas. Nas mesmas datas foram feitas as medições das temperaturas do ambiente da estufa através de termohigrógrafo.

Os geotermômetros foram colocados à profundidade de 5 cm do solo e colocados por sorteio, um dentro de cada tratamento, em cinco datas diferentes.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 Temperatura do solo no vaso.

Quadro 5- Temperatura do solo nos vasos entre o 47 e 55 DAS.

TRATAMENTO	TEMPERATURA NA ESTUFA °C				
	DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS)				
	31 °C 47 DAS	21 °C 49 DAS	22 °C 51 DAS	30 °C 53 DAS	27 °C 55 DAS
	Temperatura do solo no vaso (°C)				
30 %	40,5	25	33,3	38,3	32,8
40%	39,4	25	32,8	36,7	31,1
50 %	39,4	25	32,8	36,1	31,1
60 %	39,4	25	32,8	36,1	30,5
70 %	40,5	25,5	33,3	36,7	31,1
80 %	39,4	25	32,8	36,5	30,5
Médias	39,8	25,1	33	36,6	31,2

#### 4.2 Altura de plantas

No Quadro 6-A são apresentados as alturas de plantas mensuradas nos tratamentos, com e sem inoculação, nos seis níveis de umidade do solo.

No quadro 6-B é apresentado à análise de variância com respectivo teste F.

Na Figura 5 é apresentada a relação entre os seis níveis de água do solo e altura de plantas, com e sem inoculação.

Quadro 6A- Altura das plantas nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação.

	NÍVEIS DE ÁGUA (% CC)					
	30	40	50	60	70	80
<b>ALTURA DE PLANTA (mm) COM INOCULAÇÃO</b>	250	390	450	380	420	370
	260	250	325	350	370	430
	250	320	385	470	460	350
	280	330	200	370	280	480
	300	320	400	370	510	520
	270	300	340	195	350	520
<b>ALTURA DE PLANTA (mm) SEM INOCULAÇÃO</b>	260	320	286	400	320	490
	230	315	420	410	490	420
	270	320	280	370	430	490
	230	380	310	340	480	420
	300	280	400	350	360	490
	245	260	310	245	490	360

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV)= 23,59 %

MÉDIA TOTAL= 355,36

Quadro 6B- Análise de variância com teste F

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Com e sem inoculação	26,89	1	26,89	0,01NS
Níveis de água	262413,00	5	52482,56	13,16*
Interações	4013,61	5	802,72	0,20NS
Resíduo	239323,00	60	3988,72	
Total	505777,00	71		

NS- não significativo      \*- significativo a 5 %

Analisando o Quadro 6B e a Figura-5 observa-se que houve uma resposta positiva da altura de plantas em relação ao aumento de nível de água no solo tanto em plantas inoculadas como em não inoculadas. Esses dados são coerentes com Nagata (sd) citados por Miyasaka & Kiihl (1969), onde relatam que cultivares de soja de hábito determinado tiveram suas estruturas diminuídas, quando as deficiências hídricas ocorreram durante o período de máximo desenvolvimento vegetativo.

Também podemos observar que com relação à inoculação não houve respostas significativas à altura de plantas inoculadas ou não inoculadas.

Uma das hipóteses seria as altas temperaturas apresentadas pelo solo, como mostrado no Quadro 5, as quais prejudicaram a nodulação e conseqüentemente a absorção de nitrogênio, afetando o crescimento. Isto está de acordo com Ferrari et al. (1967) observaram que a temperatura de 35 a 40 °C, provocam redução na nodulação e o teor de nitrogênio total da soja.

Carter & Hartwing (1967) afirmam ainda que temperaturas altas podem acarretar floração precoce e diminuição na altura das plantas, podendo ser agravado com a insuficiência hídrica.

#### 4.3 - Número de folhas

No Quadro 7A são apresentados os resultados do número de folhas de plantas com e sem inoculação, nos seis níveis de água do solo.

No quadro 7B é apresentado a análise de variância com respectivo teste F.

Na Figura 6 é apresentada a relação entre os seis níveis de água do solo e o número de folhas das plantas, com e sem inoculação.

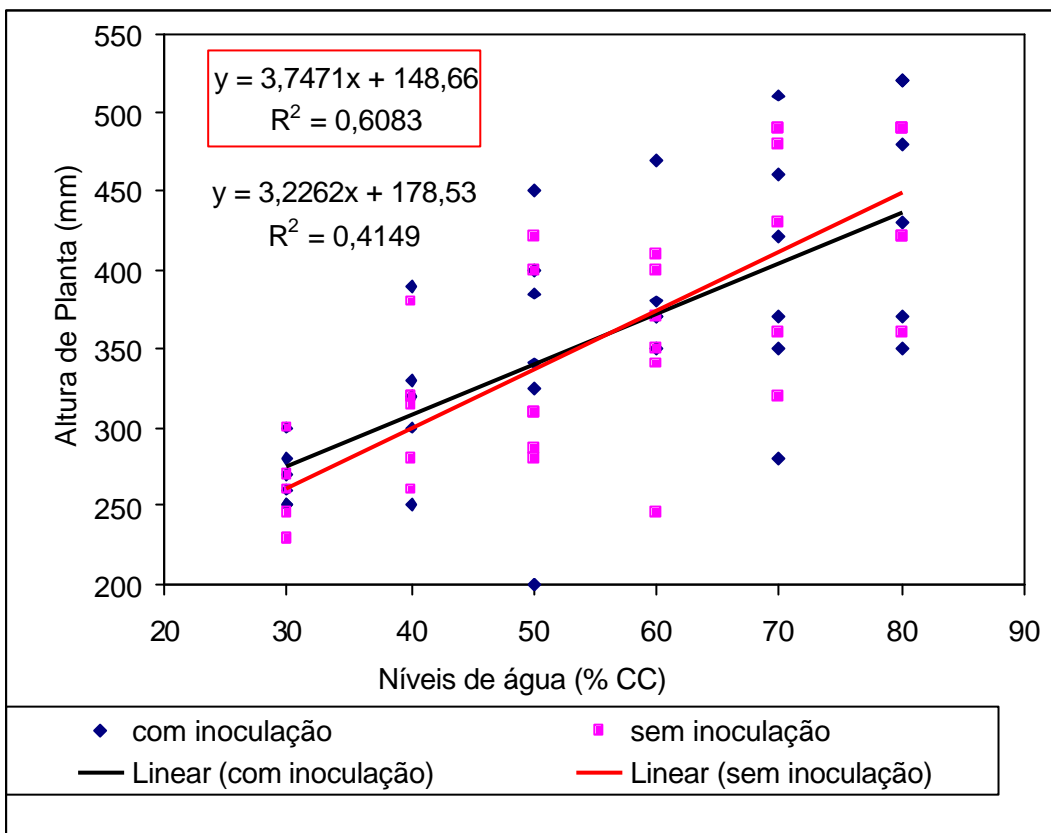


Figura 5- Relação entre a altura da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.

Quadro 7A- Número de folhas nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem Inoculação.

	NÍVEIS DE ÁGUA (% CC)					
	30	40	50	60	70	80
<b>Nº DE FOLHAS COM INOCULAÇÃO</b>	15	21	24	22	22	29
	23	14	21	24	27	30
	14	15	18	33	33	54
	18	17	30	24	24	42
	21	18	30	27	39	45
	15	19	21	28	23	35
<b>Nº DE FOLHAS SEM INOCULAÇÃO</b>	17	18	21	24	42	33
	12	21	21	25	32	33
	19	17	18	24	33	26
	13	17	18	19	30	38
	16	21	30	21	33	32
	17	17	21	30	45	33

MÉDIA= 25,03

CV = 34,37 %



Quadro 7B- Análise de variância com teste F

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Com e sem inoculação	10,89	1	10,89	0,44NS
Níveis de água	3478,61	5	695,72	28,24*
Interações	360,11	5	72,02	2,92NS
Resíduo	1478,33	60	24,64	
Total	5327,94	71		

NS- não significativo      \*- significativo a nível de 5 %

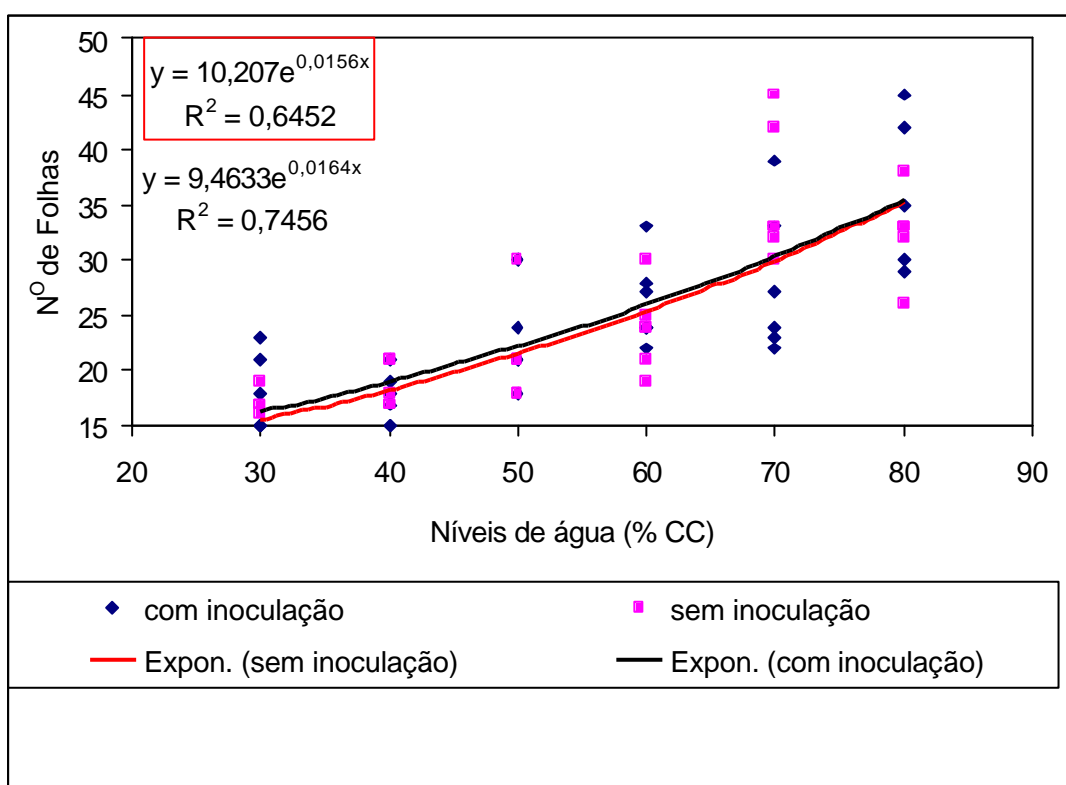


Figura 6- Relação entre o número de folhas da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.

Analisando o Quadro 7B e a Figura 6 podemos observar que houve uma resposta positiva do número de folhas em relação ao aumento de nível de água do solo, tanto em plantas inoculadas como em não inoculadas.

Esses dados podem ser corroborados por Nagata (s.d), citados por Miyasaka & Kiihl (1969) e Muller (1981) que afirmam que o déficit hídrico afeta a fotossíntese, diminuindo a absorção de nitrogênio e o crescimento vegetativo. Ainda no Quadro 7B observa-se que houve, ainda que discreta, uma resposta positiva a interação de níveis de água no solo a plantas inoculadas e não inoculadas.

#### 4.4- Diâmetro de caule

No Quadro 8A são apresentados os resultados dos diâmetros dos caules de plantas, com e sem inoculação, nos seis níveis de água do solo.

No Quadro 8B é apresentada a análise de variância com o respectivo teste F.

Na Figura 7 é apresentada a relação entre o diâmetro de caule da soja e os seis níveis de água com e sem inoculação.

Analisando o Quadro 8B e a Figura 7 podemos observar que houve uma resposta positiva do diâmetro do caule em relação ao aumento de nível de água do solo, tanto em plantas inoculadas ou não. Esses dados podem ser corroborados por Nagata (s.d), citado por Miyasaka & Kiihl (1969), Marcos Filho (1986) e Baioni et al. (1989).

Quando observamos a Figura 5 e a Figura 7 constatamos que nos níveis de água próximos a 55 % da CC as plantas se comportam de maneira semelhante com relação ao diâmetro do caule e altura da planta, porém em níveis inferiores e superiores a esse ponto

ocorre uma inversão no comportamento das plantas com relação à altura de planta e diâmetro do caule.

Quadro 8A- Diâmetro de caule nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação

	NÍVEIS DE ÁGUA (% CC)					
	30	40	50	60	70	80
<b>DIÂMETRO (cm) COM INOCULAÇÃO</b>	2,5	3,5	4,0	4,0	3,8	4,2
	3,1	3,0	3,0	3,8	4,0	4,7
	2,5	2,6	3,2	4,1	5,0	5,0
	2,8	3,1	3,2	3,4	3,6	4,5
	3,4	3,0	4,6	3,6	5,0	5,5
	3,1	3,0	3,0	3,5	3,2	5,1
<b>DIÂMETRO (cm) SEM INOCULAÇÃO</b>	2,9	3,5	3,7	4,0	3,8	4,4
	2,5	3,1	4,0	4,0	4,4	4,6
	3,1	3,1	3,2	3,6	4,2	4,4
	2,4	3,8	3,5	3,3	4,6	4,0
	2,7	3,8	4,0	3,6	3,4	4,0
	2,6	2,9	3,2	4,0	5,0	4,0

MÉDIA = 3,67 cm

CV = 19,59 %

Quadro 8B- Análise de variância com teste F

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Com e sem inoculação	0,02	1	0,02	0,12NS
Níveis de água	23,87	5	4,77	24,62*
Interações	1,59	5	0,32	1,64NS
Resíduo	11,63	60	0,19	
Total	37,12	71		

NS- Não significativo      \*- Significativo a nível de 5 %.

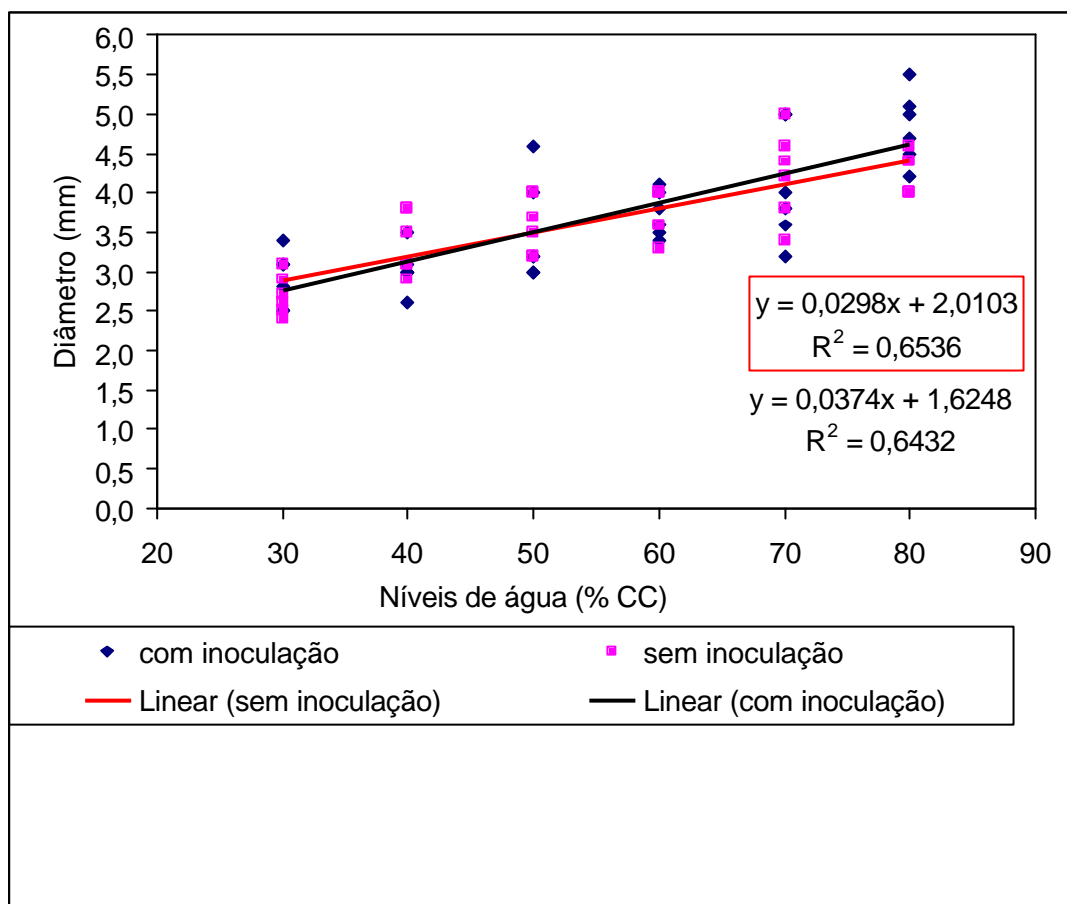


Figura 7 - Relação entre o diâmetro de caule da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.

#### 4.5- Massa seca das raízes

No Quadro 9A são apresentados os resultados da massa seca das raízes de plantas, com e sem inoculação, nos seis níveis de água do solo.

No Quadro 9B são apresentados a análise de variância com o respectivo teste F.

Na Figura 8 é apresentada a relação entre a massa seca das raízes e os seis níveis de água, com e sem inoculação.

Analisando o Quadro 9B e a Figura 8 observa-se que houve uma resposta positiva da massa seca das raízes em relação ao aumento de nível de água do solo, tanto em plantas inoculadas ou não. Esses dados podem ser corroborados por Nagata (s.d), citado por Miyasaka & Kiihl (1969), Marcos Filho (1986) e Baioni et al. (1989).

Quadro 9A- Massa seca de raízes nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação.

	NÍVEIS DE ÁGUA (% CC)					
	30	40	50	60	70	80
<b>MASSA SECA RAIZ COM INOCULAÇÃO</b> (g planta <sup>-1</sup> )	0,78	2,18	2,42	2,22	2,13	2,57
	0,89	0,76	1,72	1,47	2,06	3,17
	0,89	1,59	2,20	3,00	3,60	4,19
	1,27	0,90	2,46	2,87	2,26	3,56
	1,21	0,93	2,77	1,93	4,49	4,71
	0,82	1,34	1,93	2,14	1,73	4,86
<b>MASSA SECA RAIZ SEM INOCULAÇÃO</b> (g planta <sup>-1</sup> )	1,08	1,62	2,03	1,90	1,51	3,83
	0,68	1,86	3,46	2,30	2,67	4,32
	0,56	1,54	1,58	2,33	3,57	3,38
	0,90	3,43	2,65	1,56	4,40	3,50
	1,65	1,50	3,13	2,06	2,17	4,29
	1,01	0,88	2,30	3,67	5,65	2,83

MÉDIA = 2,33

CV = 50,31

Quadro 9B- Análise de variância com teste F

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Com e sem inoculação	0,84	1	0,840	1,37NS
Níveis de água	59,91	5	11,98	19,51*
Interações	1,42	5	0,28	0,46NS
Resíduo	36,85	60	0,61	
Total	99,01	71		

NS- Não significativo

\*- Significativo a nível de 5 %.

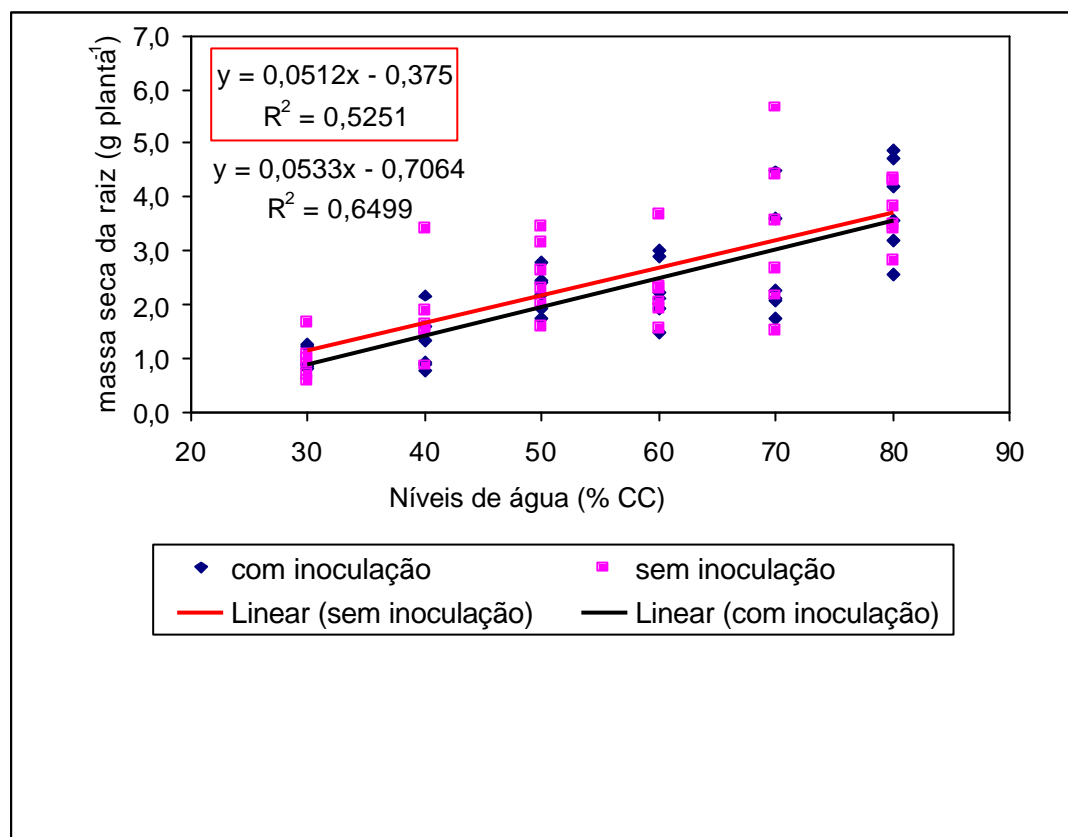


Figura 8- Relação entre massa seca das raízes da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.

#### 4.6 Massa seca da parte aérea

No Quadro 10A são apresentados os resultados da massa seca da parte aérea das plantas, com e sem inoculação, nos seis níveis de água do solo.

No Quadro 10B é apresentada a análise de variância com o respectivo teste F.

Na Figura 9 é apresentada a relação entre a massa seca da parte aérea e os seis níveis de água, com e sem inoculação.

Analisando o Quadro 10B e a Figura 9 podemos observar que houve uma resposta positiva da massa seca da parte aérea em relação ao aumento de nível de água do

solo, tanto em plantas inoculadas ou não. Esses dados podem ser corroborados por Nagata (s.d), citado por Miyasaka & Kiihl (1969), Marcos Filho (1986) e Baioni et al. (1989).

Quadro 10A- Massa seca da parte aérea nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação.

	NÍVEIS DE ÁGUA (% CC)					
	30	40	50	60	70	80
<b>MASSA SECA PARTE AÉREA COM INOCULAÇÃO (g planta<sup>-1</sup>)</b>	0,95	2,71	3,72	3,06	3,40	4,02
	1,62	1,00	2,26	2,65	3,69	4,04
	1,38	1,50	2,72	4,49	5,40	5,20
	0,87	1,87	2,13	2,79	2,12	5,65
	1,61	1,86	4,61	2,55	6,24	7,32
	1,12	1,84	1,90	2,29	2,56	7,96
<b>MASSA SECA PARTE AÉREA SEM INOCULAÇÃO (g planta<sup>-1</sup>)</b>	1,62	1,92	3,11	3,91	3,50	5,55
	0,82	2,59	3,70	3,89	5,17	5,05
	1,52	1,65	1,82	2,60	5,07	4,95
	0,79	2,68	2,16	2,19	4,91	4,93
	1,43	2,27	3,59	2,98	2,91	5,56
	1,02	1,28	2,36	4,94	5,60	3,23

MÉDIA = 3,12 g

CV = 52,52 %

Quadro 10B- Análise de variância com teste F

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Com e sem inoculação	0,06	1	0,06	0,07NS
Níveis de água	131,67	5	26,33	27,65*
Interações	3,98	5	0,79	0,83NS
Resíduo	57,14	60	0,95	
Total	192,85	71		

NS- Não significativo \* - Significativo a nível de 5 %.

#### 4.7- Teor de nitrogênio da parte aérea

No Quadro 11A são apresentados os resultados do teor de nitrogênio da parte aérea das plantas, com e sem inoculação, nos seis níveis de água do solo.

No Quadro 11B é apresentada a análise de variância com o respectivo teste F.

Na Figura 10 é apresentada a relação entre o teor de nitrogênio da parte aérea e os seis níveis de água, com e sem inoculação.

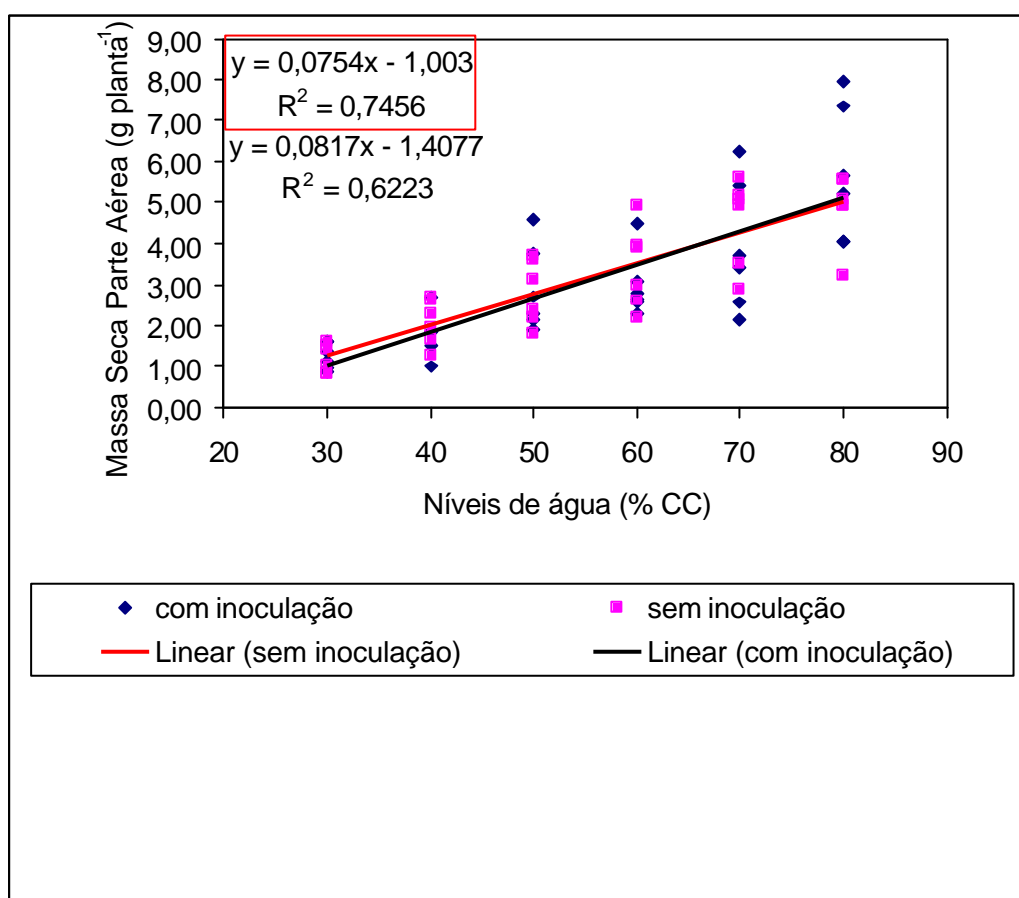


Figura 9- Relação entre massa seca da parte aérea da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.



Analisando o Quadro 11B podemos observar que houve uma resposta positiva do teor de nitrogênio da parte aérea em relação ao aumento de nível de água do solo, tanto em plantas inoculadas ou não. Esses dados podem ser corroboradas por Nagata (s.d), citado por Miyasaka & Kiihl (1969), Marcos Filho (1986) e Baioni et al. (1989) .

Observando a Figura 10, apesar do ajuste não ter sido bom, nota-se uma tendência de um nível de água ótimo em torno de 60 % da capacidade de campo, para; assimilação simbiótica do Nitrogênio. Esses dados podem ser corroborados por Mahler & Wollum (1981) que afirmam que baixa umidade do solo atua sobre a nodulação e fixação de nitrogênio, além de afetar a atividade fotossintética da planta hospedeira, o que pode significar perda total ou redução no rendimento da cultura.

Observando-se o Quadro 5 constatamos que as temperaturas nos vasos sempre foram maiores que as temperaturas do ambiente da estufa. Segundo Munévar & Wollum(1981), a temperatura é um dos mais importantes fatores que influenciam o crescimento e a sobrevivência de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* no solo e suas associações simbióticas com as leguminosas, sendo adversamente afetadas por altas temperaturas. Ferrari et al. (1967) constataram que em temperaturas de 35 a 40 °C, a nodulação, o teor de nitrogênio e o nitrogênio total da soja diminuíram.

Quadro 11A- Teor de nitrogênio da parte aérea nos diferentes níveis de água, em tratamentos com e sem inoculação.

	NÍVEIS DE ÁGUA (% CC)					
	30	40	50	60	70	80
<b>TEOR DE NITROGÊNIO COM INOCULAÇÃO</b> (g kg <sup>-1</sup> )	24	24	28	33	34	31
	23	28	34	33	33	26
	27	18	30	29	27	16
	20	24	35	29	37	22
	16	25	33	28	29	18
	26	24	28	27	31	26
<b>TEOR DE NITROGÊNIO SEM INOCULAÇÃO</b> (g kg <sup>-1</sup> )	17	17	27	25	28	18
	27	20	17	21	30	21
	19	27	24	23	20	26
	24	18	19	23	17	29
	21	23	19	21	28	19
	21	26	22	18	20	24

MÉDIA = 24,65

CV = 21,11 %

Quadro 11B- Análise de variância com teste F

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Com e sem inoculação	435,13	1	435,13	28,19*
Níveis de água	323,74	5	64,75	4,19*
Interações	265,29	5	53,06	3,44*
Resíduo	926,17	60	15,44	
Total	1950,32	71		

\*- Significativo a nível de 5 %.

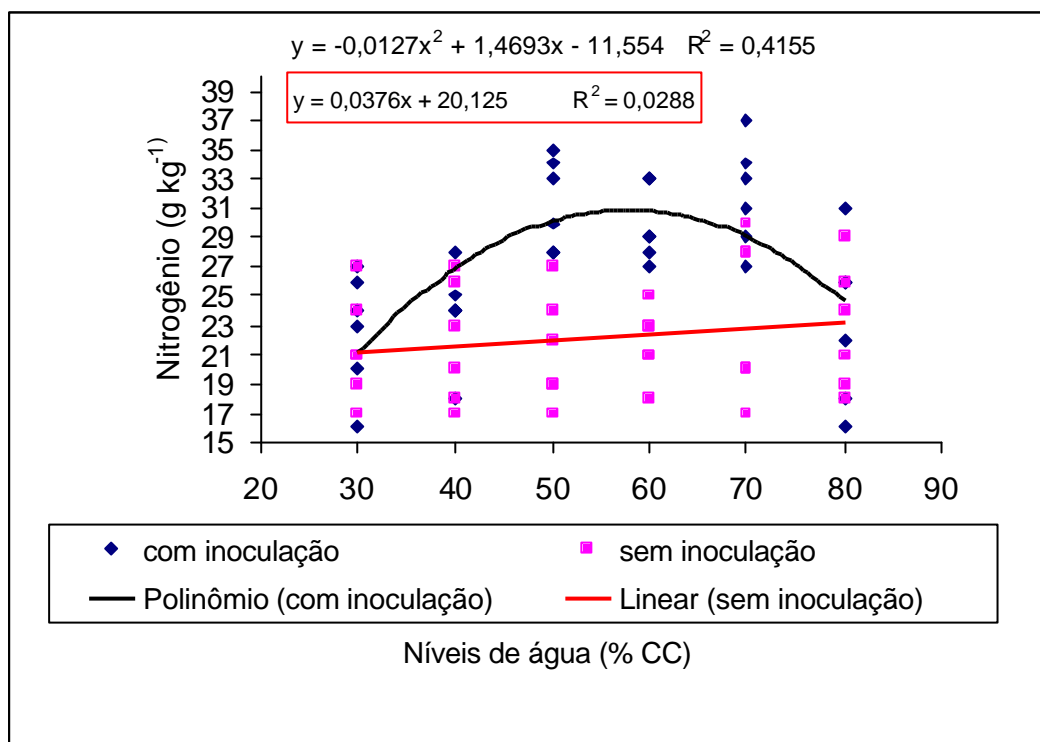


Figura 10- Relação entre teor de nitrogênio da parte aérea da soja e 6 níveis de água do solo, com e sem inoculação.

#### 4.8- Número de nódulos

No Quadro 12 A são apresentados os resultados do número de nódulos das plantas de soja com e sem inoculação, nos seis níveis de água do solo.

No Quadro 12 B é apresentada a análise de variância com o respectivo teste F.

Visto que, o tratamento sem inoculação não produziu nódulos fica evidente que analisando os Quadros 12 A e 12 B verificamos que a planta respondeu positivamente a interpretação entre a inoculação, tendo uma discreta resposta positiva ao aumento do nível de água do solo. Sendo também observado por Morote et al. (1991).

Quadro 12 A- Número de nódulos nas raízes de planta de soja nos diferentes níveis de água, em tratamentos com inoculação.

	NÍVEIS DE ÁGUA (% CC)					
	30	40	50	60	70	80
<b>Nº DE NÓDULOS COM INOCULAÇÃO</b>	16	34	43	16	17	28
	23	4	40	4	21	33
	3	14	35	46	27	49
	9	6	20	27	17	47
	22	26	15	25	34	43
	7	8	0	13	16	51

MÉDIA= 23,31

CV= 61,11 %

Quadro 12B- Análise de variância com teste F

	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Com e sem inoculação	9776,68	1	9776,68	139,27*
Níveis de água	1544,90	5	308,98	4,40*
Interações	1544,90	5	308,98	4,40*
Resíduo	4211,83	60	70,20	
Total	17078,32	71		

NS- Não significativo \* - Significativo a nível de 5 %.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com as condições realizadas neste experimento conclui-se que:

- Independente da inoculação, as plantas de soja responderam positivamente ao aumento do nível de água no solo, com melhor desenvolvimento da parte aérea e radicular:
- Independente da inoculação, as plantas de soja responderam positivamente ao aumento do nível de água no solo, em relação ao teor de nitrogênio da parte aérea.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL., p. 3 - 39, 1994.

AGRIANUAL, 2002: Anu. Agric. Bras., p.495; 2001.

ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e Fosfato, 1993, p.159–162.

BAIONI, S.S.; BREVEDAN, R.E.; LUAYAZA, G.; ARAGON, J.N. Efeito de la nodulación en soja bajo deficiencia de água. IN: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN EN SOJA, 4, Buenos Aires, Asociación Argentina de de soja, 1989. p.2022 - 8.

BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A. A. Absorção de nutrientes pela soja - *Bol. Tec. Inst. Agron. Campinas* , n. 41, p.1 - 36, 1977.

BLANCHET, R.; GELFI, N.; MARTY, J. R.; PUECH, J. Influence de deverses moddites d'alimentation hydrique sur la biologie et la production da soja.

*Inf. Tec Cetion*, v.71, p 12 – 21, 1980.

- CARTTER, J.L.; HARTWIG, E.E. The management of soybeans, , In: NORMAN, A.G., Ed. *The soybeans*. New York: Academic Press, 1967. P162 – 221.
- CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA; C.R.; PACOLLA, A.A. *Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Medici”*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista,,1983, p.43 - 49, .
- FERRARI, E.; SOLTO. S. M.; DÖ BEREINER, J. Efeito da temperatura do solo na nodulação e no desenvolvimento da soja perene ( *Glycine japonica* L.) *Pesqui. Agropecu. Bras.*, Ser. Agron., v. 2, p 461-66, 1967.
- FRANCO, A. A; FONSECA, O. O.M. da; MARRIEL, I.E. Efeito do nitrogênio mineral na atividade da nitrogenase e nitrato redutase, durante o ciclo da soja no campo *Rev. Bras. Ciênc Solo* v. 2, p 110- 4. 1978.
- GALLETI, P.; FRANCO, A.A.; AZEVEDO; H; DÖBEREINER, J. Efeito da temperatura do solo na simbiose da soja. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, Ser Agron., Rio de Janeiro, v. 6, n. 1-8, 1971.
- HARDY, R. W. F.; BURNS, R. C.; HERBERT, R. R.; HOLSTEN, R. D.; JACKSON, E. K. Biological nitrogen fixation: a key to world protein In: LIE, T. A.; MULDER, E. G., Ed *Biological nitrogen fixation in natural and agricultural habitats plant and soil*, The Hague: Nijhoff, 1971. p. 561-90.
- LAWN, R. J.; BRUN, W. A. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I efect of photosynthetic souce sink manipulations. *Crop Sci.*, v. 14, p. 11-16, 1974.

- MAHLER, R.L.; WOLLUM, A. G. The influence of soil water potential and soil texture on the survival of *Rhizobium japonicum* and *Rhizobium leguminosarum* in the soil. *Soil Science Society Am.* MADISON, J. 45 p.761-766, 1981.
- MARCOS FILHO, J. *Produção de sementes de soja*. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86p.
- MIYASAKA, S.; KIIHL, R. A. S. Genética e melhoramento da soja. In: KELR, W. E. *Melhoramento e genética*. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p 114 – 36.
- MOROTE, C. G. B.; VIDOR, G.; MENDES, N. G.; PEREIRA, J.S. Melhoria da nodulação da soja pela cobertura do solo e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v 14, n. 2 1990 p 143-50, 1990.
- MOROTE, C. G. B.; VIDOR, G.; MENDES, N. G., Aumento da fixação de nitrogênio em soja por inoculação, irrigação e cobertura do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. v. 15 n. 2, p. 163 – 85, 1991.
- MULLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA; S.; MEDINA, J.C. *A soja no Brasil*. ITAL, 1981. p. 1062.
- MUNÉ VAR F; WOLLUM A.G., growth, of *Rhizobium japonicum* strains at Temperature above 27 °C. *Appl. Environ microb.*, Washington, v. 42, p. 272-6, 1981.
- PASCALE, A. J. Tipos agroclimáticos para el cultivo da soja en la Argentina *Rev. Fac. Agro. Vet. Buenos Aires*, 17, p. 31-8, 1969.



- PETTER, R. L.; RIGHES, A. A. Resposta da soja a diferentes potenciais de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1, 1992, *Anais: Santa Maria, SBEA*, 1992, p 983 –4.
- RICHARDS, L. A. Pressure membrane apparatus, construction and use. *Agric Eng*, v. 28, 451-4, 1947.
- ROSOLEM, C.A. *Nutrição mineral e adubação de soja*. Associação Brasileira para Pesquisa de Potasso e Fosfato, 1984. p.12-3 (Boletim Técnico).
- RUNGE, E. C. A.; ODELL, R. T.. The relation between precipitation, temperature and yield of soybeans in the Agronomy South Form, Urbana, Illinois. *Agronomy J.* v. 52, p. 245 – 7,1960..
- SIONITT, N.; KRAMER, P. J.. Effects of water stress during different stages of growth of soybeans. *Agron. J.* , v. 69, p. 274 –8,1977.
- SOJA: uma caminhada sem fim: como a soja conquistou o mundo: e o Brasil. s.l.: Fundação Cargill. s.d p.5.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. *Plant physiology*. California: The Benjamin Cummings Publishing, Inc.,1991. 565p.