



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

EMERSON ALVES DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO E BORO EM PRÉ E PÓS-
FLORAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

**TERESINA, PI - BRASIL
MARÇO – 2013**

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO E BORO EM PRÉ E PÓS-
FLORAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

EMERSON ALVES DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ ALGACI LOPES DA SILVA

**TERESINA, PI-BRASIL
MARÇO – 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castelo Branco
Serviço de Processamento Técnico

S237i Santos, Emerson Alves dos.

Influência da aplicação foliar de cálcio e boro em pré e pós floração sobre os componentes de produção e na produtividade da soja / Emerson Alves dos Santos, 2013.

78f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, 2013.

“Orientação: Prof. Dr.: José Algaci Lopes da Silva”.

1. Soja – Adubação foliar. 2. Soja – Cálcio e boro. 3. *Glycine max*. 4. Soja – Rendimento. I. Título.

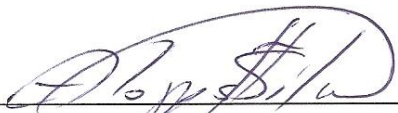
CDD 633.34

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO E BORO EM PRÉ E
PÓS-FLORAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

EMERSON ALVES DOS SANTOS
Engenharia Agrônoma

Aprovado em 12 / 03 / 2013

Comissão Julgadora:



Prof. Dr. José Algaci Lopes da Silva - Presidente
CCA/UFPI

Prof. Dr. Disraeli Reis da Rocha – Titular
CCA/UFPI

Dr. Maurisrael de Moura Rocha - Titular
Embrapa/CPAMN

"O caminho da verdadeira vitória é sempre árduo e cheio de surpresas desafiadoras que determinarão o desenvolvimento de nossos potenciais inatos, garantindo a evolução do nosso espírito eterno."

Zíbia Gasparetto
(Escritora)

*À Antonia Valmira,
pelas inúmeras ajudas, amor e companheirismo;*
OFEREÇO

*Aos meus pais:
Edmilson Ferreira dos Santos e Alzeni Alves dos Santos pelo amor, apoio,
dedicação, carinho e força,
Aos meus irmãos Anderson e Nayra*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Ser onipotente responsável pela existência da vida, por ter me ajudado a vencer mais uma etapa.

À Universidade Federal do Piauí, pela a oportunidade de cursar o mestrado em Agronomia e desenvolver todos os meus trabalhos;

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo, subsídio que me proporcionou realizar este curso;

Ao Prof. Dr. José Algaci Lopes da Silva, pelas orientações e ensinamentos para convivência científica, durante a realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Disraeli Reis da Rocha, pela amizade, ensinamentos no dia a dia e extracampo;

Ao Dr. Maurisrael de Moura Rocha pela valiosa contribuição;

A todos os meus colegas, em especial aos amigos do mestrado em Agronomia, pelo companheirismo e ajuda na execução do experimento: Maurício, Kadson, Natália, Alane e Sullymary;

À minha namorada Antonia Valmira, pelo companheirismo e apoio;

Aos meus pais Alzeni e Edmilson, pelo apoio, dedicação, carinho e força;

Aos meus irmãos Anderson e Nayra pela convivência fraternal durante toda essa jornada.

E, por fim, a todos que colaboraram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida que, embora não citados, não deixarão de merecer o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiii
 1. INTRODUÇÃO	 14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Origem e dispersão da soja.....	17
2.2. Importância sócio-econômica da cultura da soja.....	18
2.3. Produção de soja no mundo, no Brasil e perspectivas da cultura	20
2.3.1. Produção de soja no Nordeste e no Piauí	25
2.3.2. Perspectivas da cultura	27
2.4. Aspectos botânicos e produtivos	30
2.4.1. Estádios fenológicos para cultivares de hábito de crescimento determinado..	32
2.4.2. Fixação biológica do nitrogênio	36
2.4.3. População de plantas	37
2.4.4. Época de semeadura	38
2.4.5. Altura da planta e de inserção da primeira vagem	39
2.4.6. Componentes de produção	40
2.5. Adubação foliar e época de aplicação.....	42
2.6. Importância do boro e do cálcio para a planta.....	44
2.6.1. Boro.....	44
2.6.2. Cálcio	46
3. MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1. Caracterização da área	48
3.2. Delineamento experimental e definição dos tratamentos	50
3.3. Condução do experimento	51
3.4. Características avaliadas	53
3.5. Análise estatística	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1. Altura da planta na maturação, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta.....	54
4.2. Número de sementes por vagem, peso de 100 grãos e produtividade	58
5. CONCLUSÕES	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

7. REFERÊNCIAS.....	66
8. ANEXOS	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da produção de soja nos principais países produtores.....	21
Figura 2. Principais países importadores de soja.....	22
Figura 3. Evolução da área e produção de soja no Brasil	23
Figura 4. Estimativas de produção, consumo e exportação de soja no Brasil até 2021	25
Figura 5. Evolução de área plantada e produção de soja do Estado do Piauí.	27
Figura 6. Disponibilidade de terras agricultáveis no mundo	28
Figura 7. Variação do preço da soja no Brasil no período de 2001 a 2012	29
Figura 8. Perspectiva do aumento da população mundial até 2020.	30
Figura 9. Variação da temperatura e precipitação durante a condução do experimento em Teresina – PI, 2012.	49
Figura 10. Disposição das parcelas no delineamento experimental.	50
Figura 11. Aplicação das diferentes doses de cálcio e boro via foliar na soja.	52
Figura 12. Detalhes dos apêndices florais da soja em estádios R1 e R3.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais países exportadores de soja em 2010/2011.....	22
Tabela 2. Produção brasileira de soja nas safras de 2010/2011 e 2011/12.	24
Figura 4. Produção, consumo e exportação da soja no Brasil até 2021 (Mil ton.)....	25
Tabela 3. Produção total de grãos de soja em três estados do Nordeste.....	26
Tabela 4. Dados climatológicos de Fevereiro a Junho de 2012, período de condução do experimento. Teresina, PI, 2012.	48
Tabela 5. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) da área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias, UFPI, Teresina, PI.....	49
Tabela 6. Resumos das análises de variâncias para altura da planta na maturação (APL), altura de inserção da primeira vagem (APV) e número de vagens por planta (NVP) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.	54
Tabela 7. Médias referentes à altura de planta na maturação (APL), altura de inserção da primeira vagem (APV) e número de vagens por planta (NVP) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.	55
Tabela 8. Resumos das análises de variâncias para número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PRODV) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.	58
Tabela 9. Médias referentes ao número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PRODV) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.	61

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO E BORO EM PRÉ E PÓS- FLORAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA

Autor: Emerson Alves dos Santos

Orientador: Dr. José Algaci Lopes da Silva

RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é atualmente uma das mais difundidas do mundo, fato explicado pelo potencial que a mesma detém em termos de derivados como óleo, farelo e outras utilizações industriais que suprem muitas das necessidades nutricionais da população mundial, o que a torna uma cultura de grande importância econômica. Cada vez mais tem sido constante a busca por rendimentos maiores. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de fertilizante foliar à base de cálcio (Ca) e boro (B), em dois estádios fenológicos (R1 e R3), na cultura da soja. O experimento foi realizado no ano agrícola 2011/2012, na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em Teresina-PI. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 5x2, sendo a cultivar de soja (BRS Sambaíba) submetida a cinco doses de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro (0; 1,0; 2,0; 3,0 ; 4,0 L ha⁻¹) em dois estádios fenológicos de aplicação, (R1- Início da floração e R3 - final da floração). Os resultados indicaram que os componentes de produção não sofreram influência da aplicação foliar de Ca e B. Verificou-se que o rendimento de grãos foi maior quando o fertilizante foliar à base de cálcio e boro foi aplicado no estádio R3 (final da floração) com uma média equivalente a 2.646,82 kg ha⁻¹ (44 sacas ha⁻¹). A média obtida no estádio R1 (início da floração) foi de 2.401,83 kg ha⁻¹ equivalente a 40 sacas ha⁻¹, portanto 245 kg ha⁻¹ (4 sacas ha⁻¹) a menos em relação a média obtida em R3 (final da floração), equivalendo a 9,3% de ganho em rendimento de grãos quando se aplicou o fertilizante (Ca e B) neste último estádio.

Palavras-Chave: *Glycine max* (L.) Merrill, adubação foliar, estádios fenológicos, micronutrientes.

INFLUENCE OF CALCIUM AND BORON LEAF APPLICATION IN PRE AND POST FLOWERING ON THE COMPONENTS OF PRODUCTION AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN

Author: Emerson Alves dos Santos

Advisor: Dr. José Algaci Lopes da Silva

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is currently one of the most widespread in the world, a fact explained by the potential that it holds in terms of derivatives such as oil, bran and other industrial uses which supply many of the nutritional needs of the population world, and a culture of great economic importance. Increasingly it has been a constant search for higher yields. In this context, the aim of this study was to evaluate the influence of the foliar application of fertilizer based on calcium (Ca) and boron (B) at two growth stages (R1 and R3) in soybean. The experiment was carried out in the agricultural year 2011/2012, the experimental area of the Department of Plant Science Center of Agrarian Sciences, Federal University of Piauí in Teresina-PI. It was adopted a randomized block design (RBD) with four replications in a 5x2 factorial arrangement with the soybean cultivar (BRS Sambaíba) subjected to five levels of foliar fertilizer mineral base of calcium and boron (0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 L ha⁻¹) at two growth stages of development (R1- start flowering and R3- late flowering). The results indicate that the yield components were not influenced by foliar application of Ca and B. It was found that the grain yield was higher when the foliar fertilizer based on calcium and boron was applied at R3 (end of flowering and early pod formation) with an average of 2646.82 kg ha⁻¹ (44 bags ha⁻¹). The average obtained in stage R1 (beginning bloom) was 2401.83 kg ha⁻¹ equivalent to 40 bags ha⁻¹, so 245 kg ha⁻¹ (4 bags ha⁻¹) at least for the average obtained in R3 (end of flowering), equivalent to 9,3% gain in grain yield when applied fertilizer (Ca and B) in the latter stage.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, foliar fertilization, stadiums phenology, micronutrients.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é atualmente uma das leguminosas mais difundidas do mundo, fato explicado pelo potencial que a mesma detém em termos de derivados como óleo, farelo e outras utilizações industriais que suprem muitas das necessidades nutricionais da população mundial, sendo uma das maiores fontes de renda nas exportações agrícolas de países como os Estados Unidos, Brasil e Argentina, tornando-a um produto de grande importância econômica no cenário mundial.

O crescimento da produção e o aumento da capacidade produtiva da soja brasileira estão aliados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias no setor produtivo como a utilização de fertilizantes minerais foliares, entre outras tecnologias (SOUZA et al. 2008).

A necessidade de aumentar a produção da soja tem levado o produtor a buscar inúmeras alternativas e, uma delas é o uso da adubação foliar. Para o uso desta tecnologia existem hoje no mercado inúmeros produtos comerciais contendo macro e micronutrientes, e a sua utilização tem aumentado nos últimos anos (STAUT, 2007).

Segundo a Embrapa Soja (2005), os resultados experimentais realizados pelas instituições de pesquisa têm mostrado grande variabilidade na resposta da soja à aplicação de fertilizantes foliares. A tentativa de conseguir aumento na produtividade da soja, com a consequente diminuição do custo relativo, tem motivado os produtores a utilizar esses produtos.

A diminuição do custo, no que se refere ao uso de micronutrientes e a expectativa de ganhos em escala, nos últimos anos, têm motivado produtores a utilizar micronutrientes como cobalto (Co), boro (B) e molibdênio (Mo), pela sua influência no aumento da germinação, emergência e fixação biológica de nitrogênio (FBN) na soja (BINNECK et al., 2000; EMBRAPA, 2006; GUERRA et al., 2006).

A utilização de adubos foliares à base de cálcio e boro tem papel importante, pois o cálcio (Ca) afeta a fertilização de flores e a formação das vagens da soja, existindo uma correlação negativa entre o teor de cálcio na planta e o número de flores e vagens abortadas (HARTER; BARROS, 2011). O cálcio é um elemento estrutural das plantas, importante na síntese da parede celular, germinação do grão

de pólen e crescimento do tubo polínico. Sendo assim, é um nutriente imprescindível para a fecundação das flores, fixação dos botões florais e formação de vagens (FAQUIN, 2005). Também desempenha papel importante no crescimento radicular da planta e atua como cofator de algumas enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e de fosfolipídeos tornando a planta mais eficiente na absorção de nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Para Malavolta (2006), o boro (B) influi na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumentando o pegamento de flores e a granação, reduzindo esterilidade masculina e o chochamento de grãos. Além da melhor fecundação das flores e formação de grãos, o B interfere na retenção das vagens recém-formadas (canivetes), além de atuar no crescimento do meristema, diferenciação celular, maturação, divisão celular e crescimento das plantas (PRADO, 2008).

Assim como o cálcio (Ca), o B apresenta baixa mobilidade dentro do floema, portanto, de difícil redistribuição das folhas mais maduras para os pontos de maior exigência como os tecidos meristemáticos. Isto implica na necessidade de uma constante disponibilidade ou suprimento deste nutriente durante a fase vegetativa das plantas (MALAVOLTA, 2006).

Tendo em vista as propriedades daqueles nutrientes, é importante também, saber quando aplicar, pois o período de maior exigência de nutrientes pela planta de soja é do estágio R1 ao R5 (CÂMARA, 1998). Esse período compreende o início da floração até a fase de enchimento de grãos, havendo a necessidade da aplicação de fertilizantes foliares como o cálcio e o boro, haja vista suas propriedades.

Bevilaqua et al. (2002) afirmam que o interesse pelo fornecimento de nutrientes para as plantas por meio da adubação foliar tem crescido tanto no Brasil como em outras partes do mundo, onde a tecnologia agrícola encontra-se em estágio muito avançado. Sendo assim, para obter-se sucesso com o uso desta técnica é necessário saber quando utilizá-la, que nutrientes, épocas e doses a serem aplicadas.

Informações em relação a adubação foliar com micronutrientes têm sido escassas, havendo a necessidade da realização de novas pesquisas que possibilitem a utilização de produtos que incrementem a produtividade da soja.

Atualmente já existe um grande número de fertilizantes foliares disponíveis no mercado.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação foliar de fertilizante à base de cálcio (Ca) e boro (B), em dois estádios fenológicos (R1 - início da floração e R3 – final da floração), na cultura da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e dispersão da soja

A soja originou-se na costa leste da Ásia, principalmente na China, ao longo do rio Yang-Tsé. A literatura chinesa antiga revela que a soja pode ter sido cultivada extensivamente na China e Manchúria, sendo, provavelmente, a China o centro primário, e a Manchúria o centro secundário ou centro de diversidade genética, ocorrendo a partir dessas regiões sua dispersão geográfica (NEVES, 2011).

As variedades de soja cultivadas atualmente nunca foram encontradas na natureza e são muito diferentes dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por pesquisadores da antiga China. No entanto, diversos pesquisadores que estudaram a sua origem, histórico e dispersão geográfica, concordam ao afirmarem que a mais antiga referência à soja consta do herbário “Pen Ts” Ao Kang Mu”, como parte da obra “Matéria Médica” de autoria do Imperador Shen Nung, escrita em 2838 A.C. Nessa obra, foram descritas as plantas mais importantes para os chineses. O arroz, o trigo, a cevada, o milheto e a soja eram considerados “os cinco grãos sagrados”, por serem essenciais à estabilidade da civilização daquele país (FEDERIZZI, 2005).

Da China, a soja chegou ao Japão, sendo levada para o continente europeu em 1712. Somente em 1790 foi cultivada na Inglaterra. A partir de então, passou a ser plantada na França (1739) e Itália (1840). Nos Estados Unidos da América, o primeiro relato é datado de 1804 e, no México, em 1958. Na América do Sul foi relatado que, no Brasil, a primeira menção foi em 1882; na Argentina, em 1957, e na Colômbia em 1928 (SEDIYAMA et al., 2005).

A soja chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzidas daquele país. Em 1891, testes de adaptação de cultivares, semelhantes aos conduzidos por Dutra na Bahia, foram realizados no Instituto Agrônomo de Campinas, Estado de São Paulo (SP). À época, assim como nos EUA, a soja no Brasil era estudada como cultura forrageira, eventualmente

também, produzindo grãos para consumo de animais da propriedade. Em segundo plano, como planta produtora de grãos para a indústria de farelos e óleos vegetais. Entre 1900 e 1901 o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC - SP) promoveu a primeira distribuição de sementes de soja para produtores paulistas e, nessa mesma data, houve o registro do primeiro cultivo de soja no Rio Grande do Sul (RS), onde a cultura encontrou efetivas condições para se desenvolver e expandir, dadas as semelhanças climáticas com o ecossistema de origem (sul dos EUA) dos materiais genéticos e daquelas predominantes no extremo sul do Brasil (EMBRAPA, 2002).

O município de Santa Rosa - RS foi o polo de disseminação da cultura até a década de 30; esta era a região produtora de soja. A região sul foi responsável até as décadas de 60 e 70, pelas estatísticas da cultura, sobretudo no Rio Grande do Sul e Paraná. Atualmente, perdem em volume de produção para o Centro-Oeste, sendo o Mato Grosso o maior produtor nacional. A partir dos anos 80, a soja estendeu-se para o cerrado, uma vasta região que abrange o chamado polígono dos solos ácidos, ou seja: Triângulo Mineiro, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Tocantins, sul do Maranhão, sul do Piauí e oeste da Bahia, tornando a região dos cerrados atualmente a principal responsável pelo sucesso da produção de soja do país (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; CISOJA, 2012).

2.2. Importância socioeconômica da cultura da soja

A soja atualmente destaca-se no cenário mundial por ser a principal oleaginosa do mundo, movimentando significativamente a economia de vários países e gerando empregos. O seu consumo tem aumentado bastante nas últimas décadas com perspectivas de aumento nas décadas futuras. É a principal cultura agrícola do Brasil em geração de renda. O país é o segundo maior produtor e exportador mundial de soja, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

A importância econômica e social da cultura pode ser avaliada pelos seguintes indicadores: é responsável por 35% da renda agrícola nacional, estimada em R\$152 bilhões (aproximadamente 1,5% do PIB), forte relação com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e responde pela atividade de 243 mil produtores (pequenos, médios e grandes) situados em 17 estados, gerando empregos diretos para aproximadamente 1,5 milhão de trabalhadores (ABIOVE, 2007).

Brum et al (2005) afirmam que a soja foi uma das principais responsáveis pela introdução do conceito de agronegócio no país, não só pelo volume físico e financeiro, mas também pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos, processadores da matéria-prima e negociantes.

A cultura é amplamente adaptada aos climas tropicais e subtropicais, e seu alto teor de proteína possibilita o desenvolvimento da cultura e a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento. Constitui-se uma espécie de grande interesse econômico, cujos teores de óleo e de proteína nos grãos podem ultrapassar 20% e 40%, respectivamente, (LOPES et al., 2002; SEDIYAMA, 2009).

A importância da soja no mercado internacional deve-se principalmente aos grãos, por fornecerem matéria-prima para a indústria de óleo vegetal comestível, proteína texturizada e farelo, este último utilizado na formulação de ração animal. Exceto os povos asiáticos, a soja ainda não está totalmente inclusa na dieta alimentar da população em geral, o que acarreta em um mercado consumidor em potencial, pois a indústria alimentícia cresce com uma diversidade de produtos desde os tradicionais até produtos alternativos enriquecidos com a proteína da soja. A cultura vem se destacando também como fonte alternativa de produção de combustível. O somatório desses fatos e o aumento da oferta permitem que a cultura de soja produza divisas econômicas entre os países produtores. É a grande responsável pelo aproveitamento de áreas inexploradas, principalmente de Cerrados; contribuindo como fator de modernização da agricultura (NEVES, 2011).

A partir dos anos 1990, a agricultura brasileira passou por um processo de modernização, contribuindo para que a cultura da soja passasse por uma reestruturação ao longo da sua cadeia, devido à introdução de novas tecnologias. Esse processo aumentou a participação da cadeia agroindustrial da soja na economia do Brasil, tornando-a essencial para o crescimento da renda, emprego e das divisas da exportação (SILVA et al., 2011).

Além de gerar emprego e renda com a produção e processamento, outros usos da soja têm sido revelados no campo da medicina (combate ao alcoolismo, tratamentos de câncer de mama e próstata) e na produção de tintas, colas e protetores solares (PINHO, 2004).

O avanço das pesquisas medicinais da soja tem proporcionado vários benefícios à saúde humana, devido ao poder de algumas substâncias presentes na composição de seus grãos, o que ampliou o interesse pelo seu cultivo e utilização. Entre os principais benefícios para a saúde humana têm sido destacados: a) teores elevados de ácidos graxos insaturados, que reduzem o colesterol indesejável no sangue; b) presença de lecitina, que favorece o sistema imunológico; c) isoflavonas, saponinas e inibidores de proteases (principalmente genótipos resistentes a insetos) que apresentam efeitos anticancerígenos; d) fibras com prováveis efeitos fisiológicos no controle do diabetes; e) redução de riscos de osteoporose (NEVES, 2011).

O consumo mundial de soja tende a crescer muito a cada ano, uma vez que a população humana continuará aumentando de forma exponencial. A busca pelo aumento de produtividade tem sido constante para atender essa crescente demanda, utilizando-se tanto de produtos para adubação como de cultivares de boa adaptação nas principais regiões produtoras do Brasil e do mundo (EMBRAPA SOJA, 2006)

2.3. Produção de soja no mundo, no Brasil e perspectivas da cultura

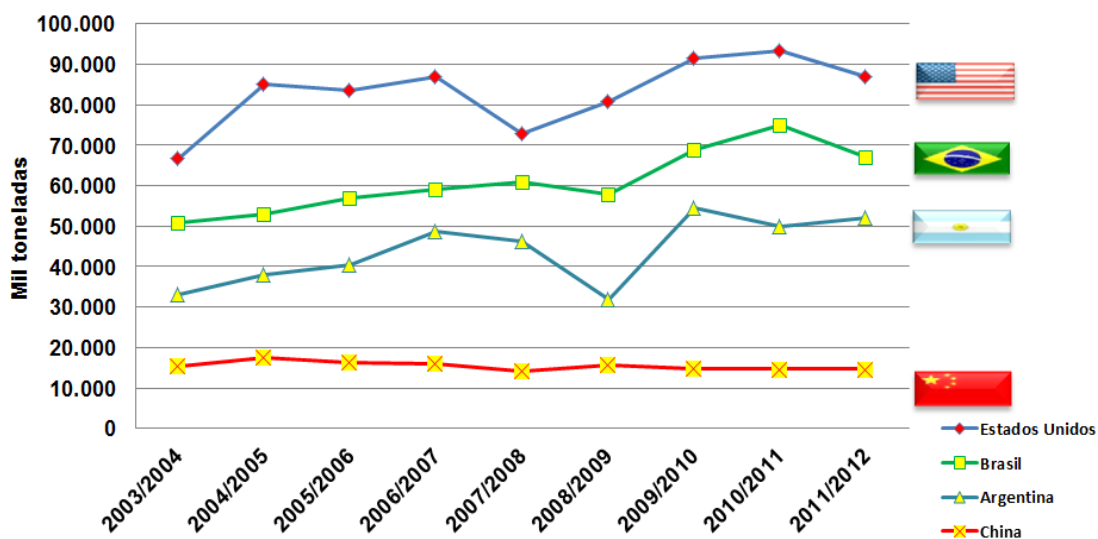
A soja foi produzida em grandes quantidades somente na China até a década de 1940, quando começou sua expansão, especialmente nos Estados Unidos durante a segunda guerra mundial. No Brasil foi nos anos 60 que a soja começou a ganhar impulso, enquanto que na Argentina foi nos anos 70. A razão da expansão mundial foi devido aos aumentos de área e também pelos aumentos de rendimento que foram sendo melhores, graças ao conhecimento científico gerado e rapidamente repassado aos agricultores (FEDERIZZI, 2005).

A soja atualmente ocupa no mundo uma área de aproximadamente 94 milhões de hectares, com uma produção de 261,38 milhões de toneladas. De acordo com o parecer americano, o “ranking” de maiores produtores de soja no mundo são, em ordem decrescente, Estados Unidos, colhendo 87,23 milhões de toneladas com uma área de 31 milhões de hectares; Brasil, com 66,5 milhões de toneladas e área plantada de 25 milhões de hectares e Argentina, produzindo 55 milhões de toneladas, com uma área de 19 milhões de hectares (USDA, 2012). EUA, Brasil e Argentina apresentam crescimento equivalente nos níveis de produção. Porém, nos últimos dez anos, houve maior expansão observada no Brasil e na Argentina em relação a dos EUA, devendo-se ao aumento de área e ganhos de produtividade

(ICONE, 2011). Nesse contexto, a evolução da produção de soja tem sido bastante significativa no decorrer dos anos.

A figura 1 mostra a evolução da produção de soja dos principais produtores mundiais no período de 2003 a 2012.

Figura 1. Evolução da produção de soja nos principais países produtores.



Fonte: USDA, CONAB, 2012

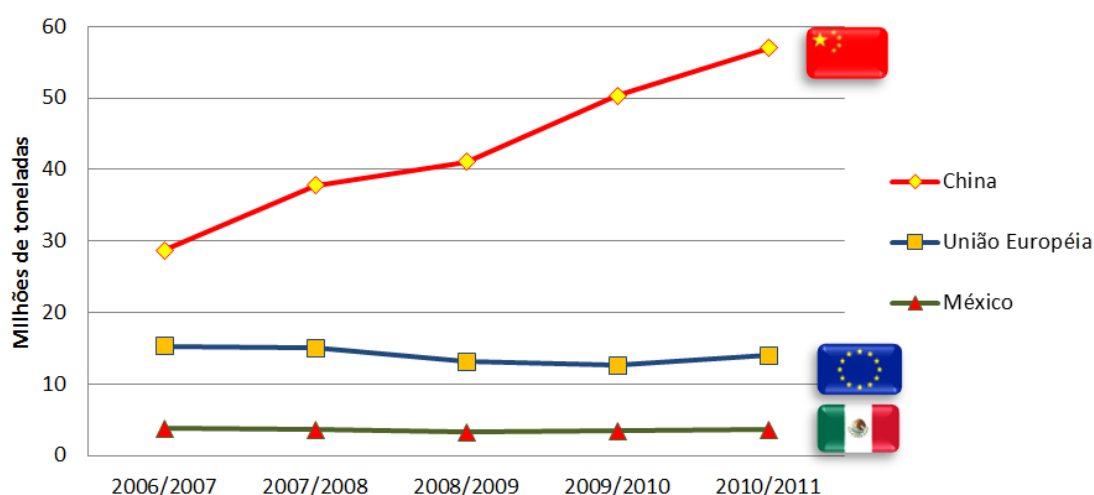
Estados Unidos, Brasil e Argentina também lideram o “ranking” de exportação de soja no mundo, sendo que os três países, juntos, respondem por quase 90% das exportações mundiais de soja em grão. A Argentina destaca-se na exportação de derivados da soja, principalmente óleo e farelo, devido à política de tributação da exportação, entre outras vantagens competitivas. Na safra 2009/2010, a Argentina exportou quase 50% a mais de farelo de soja que o Brasil e quase 60% a mais que os Estados Unidos. Da mesma forma, aquele país exportou aproximadamente 66% a mais de óleo de soja que o Brasil e Estados Unidos. (ICONE, 2011).

Tabela 1. Principais países exportadores de soja em 2010/2011.

País	Soja	Toneladas	% Exportação mundial
EUA	Grão	42.000.000	44%
	Farelo	10.000.000	14%
BRASIL	Grão	32.000.000	34%
	Farelo	14.000.000	24%
ARGENTINA	Grão	10.000.000	10%
	Farelo	29.000.000	49%

Fonte: USDA, 2011.

Entre os principais destinos da soja em grão exportada, destacam-se a China e a União Europeia. Nos últimos dez anos, as importações chinesas de soja em grão ultrapassaram as europeias e continuam a crescer aceleradamente (ICONE, 2011). Segundo dados da USDA (2012), o país que mais aumentou o esmagamento no período foi a China, com elevação de 61%, correspondente a uma taxa média geométrica de 10% ao ano. Sendo assim, em 2011, a líder China importou 57 milhões de toneladas, União Europeia ficando em segundo com 14 milhões de toneladas e o México na terceira posição com 3,6 milhões de toneladas de grãos de soja (Figura 2).

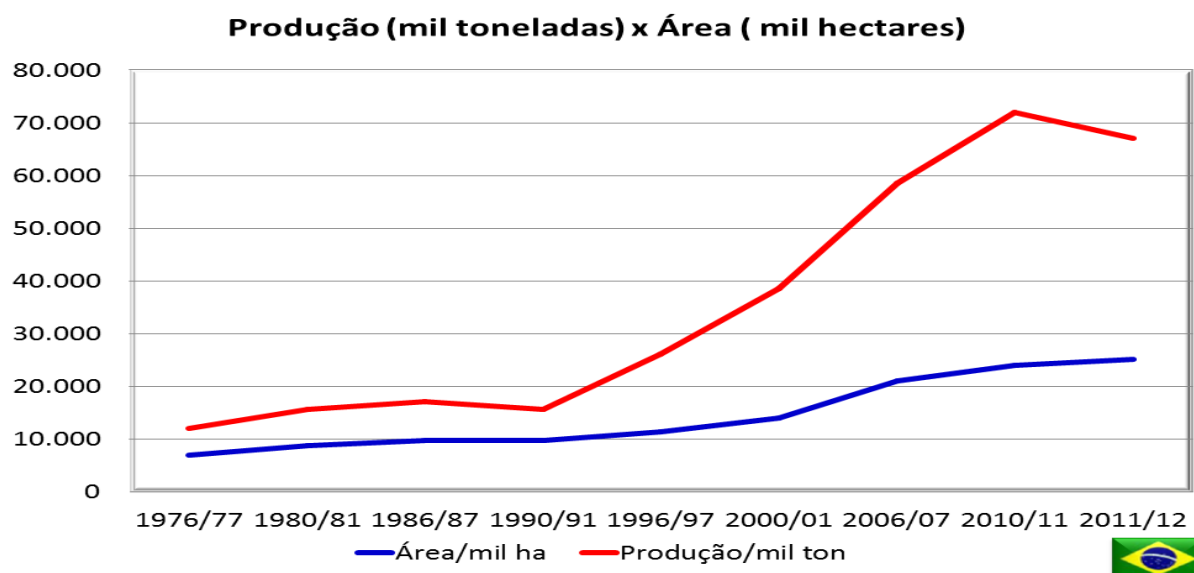
Figura 2. Principais países importadores de soja.

Fonte: USDA, 2012.

No Brasil, a partir dos anos 1970, a produção da soja passou a ter grande relevância para o agronegócio, verificada pelo aumento das áreas cultivadas e,

principalmente, pelo incremento da produtividade pela utilização de novas tecnologias (SILVA et al., 2011)(Figura 3).

Figura 3. Evolução da área e produção de soja no Brasil.



Fonte: CONAB, 2012.

Atualmente a produção de soja no Brasil é liderada pelos estados de Mato Grosso, com 29,2% (21.785,4 milhões de toneladas) da produção nacional; Paraná com 18,4% (10.949,5 milhões de toneladas); Rio Grande do Sul com 14,0% (6.526,6 milhões de toneladas) e Goiás, 10,8% (8.251,5 milhões de toneladas). Mas, a produção de soja está evoluindo também para novas áreas no Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que em 2012 responderam por 10,4% da produção brasileira de soja (MAPA; CONAB, 2012).

A produção brasileira de soja, segundo o Décimo Primeiro Levantamento de Safra realizado pela Conab (2012), embora com um aumento de 13,4% de área, correspondeu a 66,4 milhões de toneladas para a safra 2011/12, representando um decréscimo de 11,8% (8,9 milhões de toneladas) em relação à safra 2010/11. A produtividade também obteve um decréscimo de 14,7%, passando de 3.115 kg ha⁻¹ para 2.656 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Produção brasileira de soja nas safras de 2010/2011 e 2011/12.

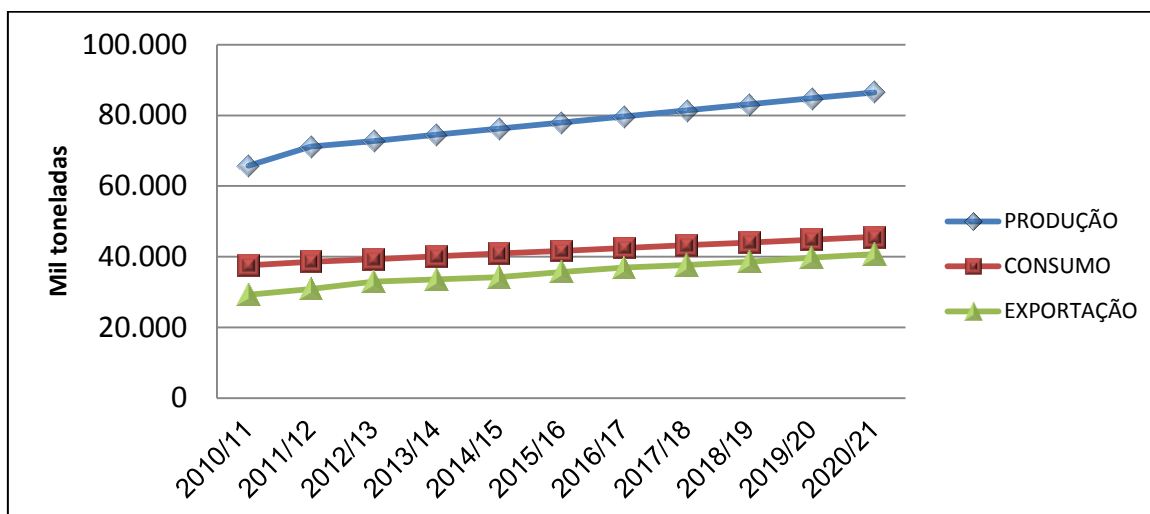
	Safr		Variação (%)
	2010/2011	2011/2012	
Área (1000 ha)	24.181,00	25.003,10	3,4
Produção (1000 toneladas)	75.324,30	66.398,90	11,8
Produtividade (kg.ha⁻¹)	3.115	2.656	14,7

Fonte: CONAB - Levantamento: Agosto 2012.

As estimativas para soja grão indicam uma produção brasileira de 88,9 milhões de toneladas em 2021/2022 (figura 4). Essa projeção é 17,8 milhões de toneladas maior em relação ao que o Brasil produziu na safra de 2011/2012. (MAPA, 2012). Segundo a Abiove (2012), o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA estima uma necessidade de importações mundiais de mais de 30 milhões de toneladas. Ao mesmo tempo, projeta aumento de apenas 10 milhões de toneladas para a safra local e 8 milhões de toneladas para exportação. O restante viria do Brasil, Argentina e outros países da América do Sul (PROJEÇÕES, 2012).

O consumo doméstico de soja em grão no Brasil deverá atingir 49,6 milhões de toneladas no final da projeção, representando 55,8% da produção. O consumo projeta-se crescer a uma taxa anual de 1,9%. Deve haver um consumo adicional de soja em relação a 2011/12 da ordem de 8,8 milhões de toneladas. Como se sabe, a soja é um componente essencial na fabricação de rações animais e adquire importância crescente na alimentação humana. A Abiove estima um consumo de soja em grão de 52,9 mil toneladas. A Associação acredita que o processamento local será maior em função do acréscimo da produção doméstica de carnes e biodiesel (PROJEÇÕES, 2012).

Segundo o MAPA (2012), as exportações brasileiras de soja em grão projetadas para 2021/2022 serão de 44,9 milhões de toneladas. Representariam um aumento de 10,8 milhões de toneladas em relação a quantidade exportada pelo Brasil em 2011/12. A taxa anual projetada para a exportação de soja em grão é de 2,8% (figura 4).

Figura 4. Estimativa de produção, consumo e exportação da soja no Brasil até 2021.

Fonte: PROJEÇÕES, (2012).

2.3.1. Produção de soja no Nordeste e no Piauí

A soja chegou plenamente à região Nordeste na década de 90, tendo como um grande atrativo para o investimento na região o baixo custo da terra, comparado ao resto do país e mão de obra barata. A região apresenta grande potencial para a expansão da fronteira agrícola brasileira, tendo como principais produtores a Bahia, o Maranhão e o Piauí (SOUZA, 2012).

Atualmente, a cultura de soja na Bahia, Piauí e Maranhão representa 75% de toda produção do grão no Nordeste (IBGE, 2012). Os estados produtores de soja do Nordeste, juntamente com o Estado de Tocantins, são considerados a mais nova fronteira agrícola brasileira, apresentando crescimento acima da média nacional, tanto em produção como em produtividade (PROJEÇÕES, 2012). No entanto, embora tenham apresentado bons índices de produção nos últimos anos, a safra 2011/2012 não foi muito promissora.

Segundo o Décimo Primeiro Levantamento de safra realizado pela Conab (2012), o Nordeste obteve uma variação positiva de apenas 1,9% na produção de soja na safra 2011/2012 em relação à safra 2010/2011, fato explicado pelo déficit de produção ocorrido no Estado da Bahia, onde a variação negativa foi de 9,3%, correspondendo a uma perda de 324,9 mil toneladas em relação à safra de 2010/2011. Ainda assim, a Bahia seguiu liderando a produção na região Nordeste. O Maranhão seguiu na segunda colocação, com um aumento de 8,0% (41,5 mil

hectares), obteve um ganho de 4,8% (76,6 mil toneladas) em relação à safra de 2010/2011 e o Piauí expandiu sua área em 16,6% (63,7 mil hectares), obtendo uma variação positiva na produção de 11,1% correspondendo a 126,9 mil toneladas a mais que a safra 2010/2011. Vide dados na tabela 3.

Tabela 3. Produção total de grãos de soja em três estados do Nordeste.

Estados	Área (mil ha)			Produtividade (Kg ha ⁻¹)			Produção (mil ton.)		
	2010/11	2011/12	Var (%)	2010/11	2011/12	Var (%)	2010/11	2011/12	Var (%)
BA	1.043,9	1.112,8	6,6	3.360	2.860	-14,9	3.507,5	3.182,6	-9,3
MA	518,2	559,7	8,0	3.087	2.995	-3,0	1.599,7	1.676,3	4,8
PI	383,6	447,3	16,6	2.983	2.842	-4,7	1.144,3	1.271,2	11,1
Nordeste	1.945,70	2.119,80	8,9	3.213	2.892	-10,0	6.251,50	6.130,10	1,9

Fonte: CONAB - Levantamento: Agosto 2012.

O programa de pesquisa com soja no Piauí iniciou-se em 1972 através da Estação Experimental “Apolônio Sales”, do Ministério de Agricultura, com o apoio de vários órgãos (Secretaria de Agricultura do Estado; Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro S/A; Associação Nordestina de Crédito e Assistência Rural do Piauí). A criação da Embrapa, Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual fortaleceu o programa, que teve continuidade a partir de 1977/78, com a cooperação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja e do Banco do Nordeste do Brasil (NEVES, 2011).

A soja cultivada no cerrado da microrregião do Alto Médio Gurguêia, ao Sul do Estado do Piauí, na década de 80, teve seu fortalecimento nos incentivos econômicos e na perspectiva de construção de corredores viários de exportação (década de 90) destinados ao escoamento da produção para os grandes portos do Nordeste, especialmente complexo portuário de Itaqui/Ponta da Madeira, em São Luís (MA) (ARAÚJO, 2006).

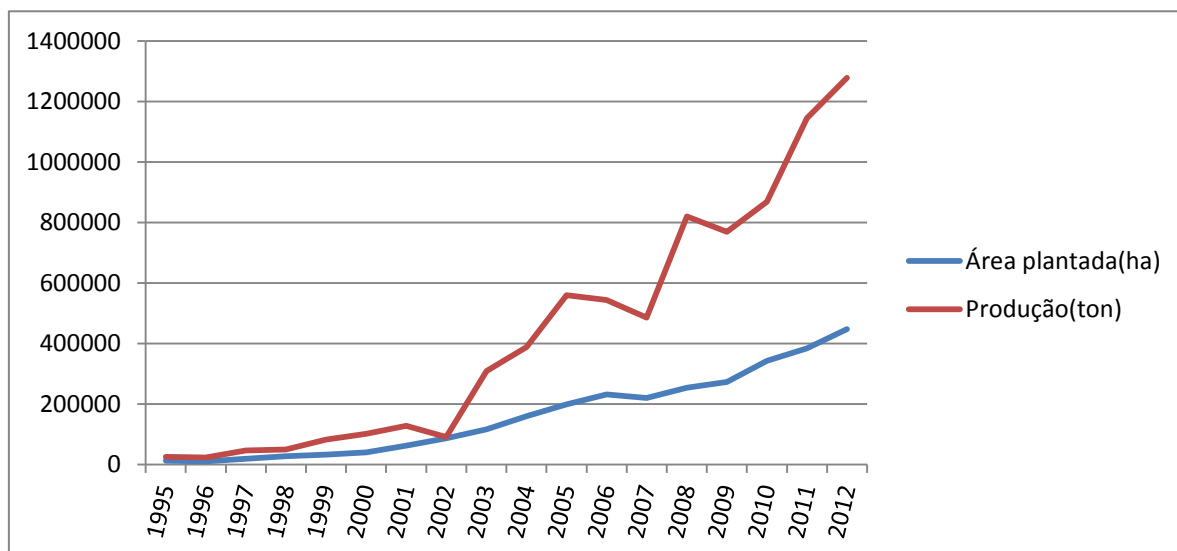
Atualmente, o Estado do Piauí aparece como a mais recente fronteira produtora de grãos. No cerrado, na parte sul do estado já é significativa a mudança na economia das localidades provocada pela movimentação do agronegócio.

Municípios como Uruçuí, Ribeiro Gonçalves, Baixa Grande do Ribeiro e Santa Filomena se destacam na produção de soja (IBGE, 2012).

É notória a evolução que o Piauí tem obtido nas últimas décadas. Em 1997, a área plantada correspondia a 18.780 ha, 40.520 toneladas produzidas e uma produtividade de 2.158 kg ha⁻¹. Em 2005, alcançou 198.547 ha, produzindo 559.545 toneladas de soja, com uma produtividade de 2.818 kg ha⁻¹. Um aumento de 957,22%, 1280,91% e 30,58% na área plantada, na produção e na produtividade, respectivamente (IBGE, 2012).

Nota-se, na figura 5, que no Estado do Piauí houve um crescimento tanto da área plantada como da produção.

Figura 5. Evolução de área plantada e produção de soja do Estado do Piauí.



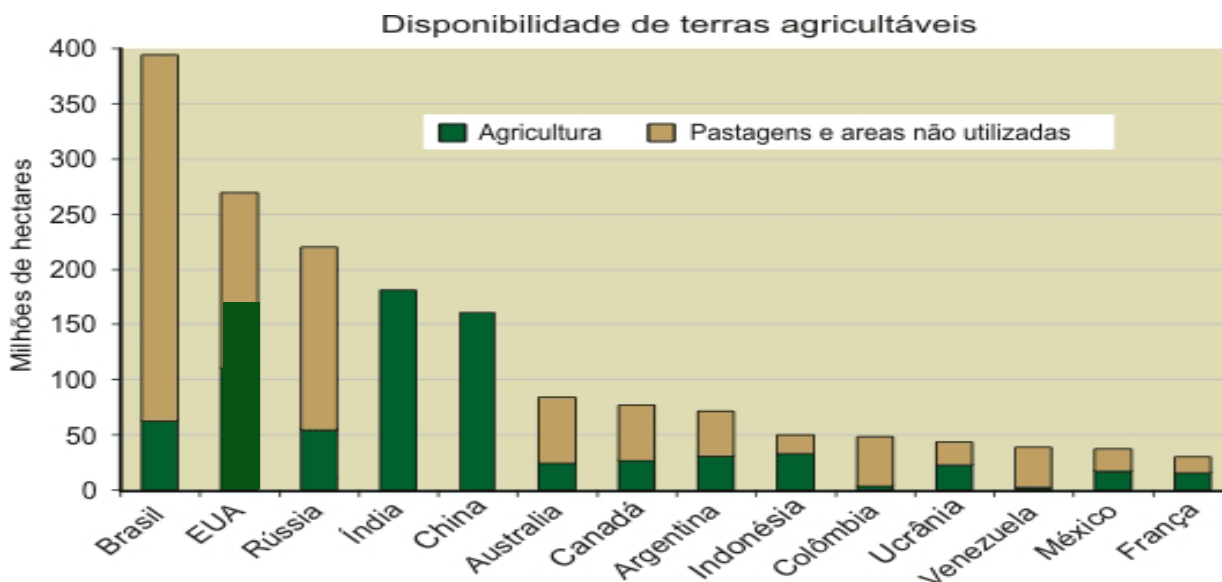
Fonte: IBGE, CONAB, 2012.

2.3.2. Perspectivas da cultura

O Brasil e a Argentina, juntos, já produzem e vendem no mercado internacional mais soja que o principal produtor mundial atual, os Estados Unidos. Como a expansão americana chegou ao seu limite e os aumentos de rendimento serão lentos, está claro que os produtores do Mercosul poderão exercer um papel maior no futuro. Com tamanha facilidade e potencial de produção de soja, os países do Mercosul têm que se preparar para uma atitude mais ativa no mercado mundial, porque em curto prazo não se apresentam culturas que poderiam substituir a soja na produção de proteína de forma barata e fácil. Nenhum dos países competidores

como EUA, China e Índia têm área disponível para aumentos da produção de soja em larga escala (FEDERIZZI, 2005). (figura 6).

Figura 6. Disponibilidade de terras agricultáveis no mundo



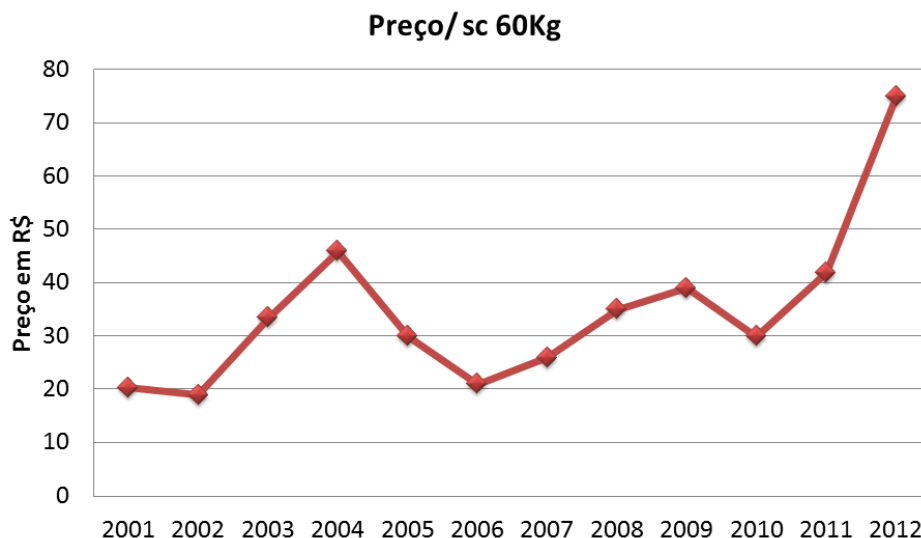
Fonte: FAO, 2007.

As projeções de expansão da área plantada de soja no Brasil mostram que a área deve passar para 29,0 milhões de hectares em 2021/2022. Representa um acréscimo de 4,7 milhões de hectares em relação à área de 2011/2012. A expansão da produção de soja no país dar-se-á pela combinação de expansão de área e de produtividade. Enquanto o aumento de produção previsto é de 2,3% ao ano, nos próximos anos a expansão da área será de 1,9%. A soja deve expandir-se por meio de uma combinação de expansão de fronteira em regiões onde ainda há terras disponíveis, ocupação de terras de pastagens e pela substituição de lavouras onde não há terras disponíveis para serem incorporadas (PROJEÇÕES, 2012).

Quanto à oferta e demanda mundiais e brasileiras dos produtos do complexo soja, segundo a Embrapa (2011), é possível assinalar algumas perspectivas, de curto e longo prazos, para o mercado da soja. No curto prazo, pode-se assinalar as seguintes:

- As instabilidades no mercado financeiro podem deixar os preços bastante voláteis, como observado no período de 2001 a 2012 (figura 7).

Figura 7. Variação do preço da soja no Brasil no período de 2001 a 2012.



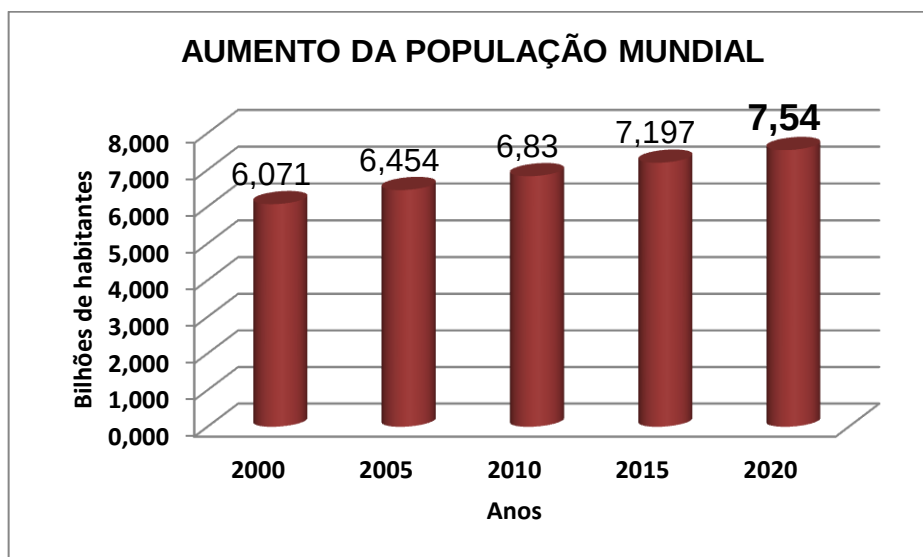
Fonte: AGROLINK. : <http://www.agrolink.com.br/cotacoes/Historico.aspx?e=9839&p=1772&l=13142>

- O consumo de farelo de soja pela China cresceu de tal modo que o país foi responsável por 25% do total consumido em nível mundial. Dessa forma, a demanda global pela soja em grão deve crescer de forma significativa nos próximos anos;
- Com relação aos custos de produção, o principal fator está relacionado aos insumos, que constituem o principal gasto pelos produtores, mantendo os referidos custos em patamar elevado;

Quanto a médio e longo prazo pode-se enfatizar as seguintes perspectivas para o mercado de soja:

- Grande potencial de aumento no consumo de alimentos nos países em desenvolvimento;
- A população mundial deve continuar crescendo cerca de 70.000.000/ano (cerca de 9,4% nos próximos 10 anos) (figura 8).

Figura 8. Perspectiva do aumento da população mundial até 2020.



Fonte: ONU, 2011.

Com o aumento da população cresce o consumo de carne no mundo, especialmente nos países desenvolvidos e na China, o que continuará pressionando a demanda por proteína vegetal barata. A utilização cada vez maior dos óleos vegetais para fins industriais também seguirá pressionando a demanda (FEDERIZZI, 2005).

2.4. Aspectos botânicos e produtivos

A soja é uma planta pertencente ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Faboideae (Papilionoideae), gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* e forma cultivada *Glycine max* (L.) Merrill, de acordo com Sedyama (2009).

Quanto às condições edafoclimáticas, com relação ao solo, a soja pode ser cultivada em muitos tipos de solo, desde que apresentem fertilidade média e não sejam muito ácidos ou mal drenados, embora produza mais em solos férteis e argilosos, com boa drenagem. A maior limitação para a cultura no aspecto solo é a declividade que, quando superior a 12% torna difícil a mecanização (AGROBYTE, 2012).

A soja melhor se adapta a regiões que apresentam boa distribuição de precipitações pluviais durante o ciclo. Precipitações entre 500 a 700 mm por ciclo preenchem perfeitamente suas necessidades hídricas (MONDINE et al., 2001;

ALBRECHT et al., 2009). Para a Embrapa (2005), a necessidade total de água na cultura da soja varia entre 450 a 800 mm por ciclo, considerando as condições climáticas, a cultivar e o manejo da cultura. A soja melhor se adapta a temperaturas do ar entre 20°C e 30°C, e a floração é induzida somente quando ocorrem temperaturas acima de 13°C.

A soja é uma planta herbácea, anual, ereta e de hábito de crescimento morfológico diversificado, podendo ser determinado, semideterminado e indeterminado. A espécie cultivada possui $2n = 40$ cromossomos. A altura varia de 0,3 a 2,0 metros, podendo ser muito ou pouco ramificada, com altura média das cultivares comerciais entre 60 e 120cm. Dependendo da cultivar e condições ambientais, o ciclo da soja varia de 80 a 200 dias (SEDIYAMA, 2009;).

A planta da soja possui um par de folhas simples, inseridas opostamente no primeiro nó acima do nó cotiledonar, de pecíolos longos, porém o seu comprimento varia em função do tipo de folha, posição da folha, da cultivar e das condições de luminosidade. As demais folhas são compostas, trifolioladas, cujas dimensões dependem do vigor da planta (SEDIYAMA et al., 1996; SEDIYAMA, 2009).

O sistema radicular da soja é predominantemente axial (pivotante) fasciculado, onde se desenvolvem as raízes secundárias, que se ramificam. Seu desenvolvimento depende de diversos fatores como tipo de solo, adubação, espaçamento, umidade e cultivares. Podem ser observados nas raízes, nódulos resultantes da simbiose entre a bactéria do gênero *Bradyrhizobium*. Nestes nódulos ocorrem trocas fisiológicas, isto é, fornecimento de nitrogênio para a planta e liberação de hidratos de carbono para a bactéria (SEDIYAMA et al., 1985; NOGUEIRA et al., 2009). O caule tem sua origem no eixo embrionário e é do tipo herbáceo, ereto, pubescente e ramificado (MATSUO, 2009).

As flores são completas e axilares ou terminais, variando de 2 a 35 por racemo, do tipo papilionada, brancas, amarelas ou violáceas, segundo a cultivar. Os frutos do tipo vagem são achatados, curtos, de 2 a 7 cm de comprimento, de cor cinzenta, amarelo-palha ou preta e podem chegar a 400 por planta, com número de grãos variando de 1 a 5 por vagem. A maioria das cultivares possui de 2 a 3 sementes por vagem, apresentando variações quanto à forma, tamanho e cor do tegumento, sendo este último amarelo-palha, amarelo olivácea, verde-oliva, marrom, preta ou bicolor; o hilo pode apresentar variação marrom, amarela, marrom-clara,

preta a cinza (FEHR; CAVINESS, 1977; MÜLLER, 1981; SEDIYAMA et al., 1996; MASCARENHAS et al., 2005; SEDIYAMA, 2009).

2.4.1. Estádios fenológicos para cultivares de hábito de crescimento determinado

A caracterização dos estádios de desenvolvimento da planta de soja é fundamental para a descrição dos diversos períodos ou fases de crescimento durante o ciclo da cultura. A metodologia de descrição dos estádios de desenvolvimento proposta por Fehr e Caviness (1977), é a mais utilizada no mundo inteiro com as características a seguir:

2.4.1.1. Fase vegetativa

a) Estádio VE (Emergência)

Os cotilédones apresentam-se acima do solo, ocorrendo desdobramento e expansão das folhas primárias; a coloração do hipocótilo é verde, branca ou verde-arroxeadado dependendo da cultivar. Duração de 3 a 7 dias.

b) Estádio VC (Cotilédones desenvolvidos)

Os cotilédones apresentam-se bem desenvolvidos, espessos e com coloração verde escura, com desdobramento e expansão das folhas primárias. A plântula ainda dependente dos cotilédones para sobrevivência. Duração de 3 a 10 dias.

c) Estádio V1 (Primeiro nó maduro)

As folhas unifolioladas estão estendidas e a primeira trifoliolada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada unifólio não estão se tocando. Índice de área foliar (IAF) 0,01 - 0,04. Consumo médio de água 1,0 mm dia⁻¹. Duração de 3 a 10 dias.

d) Estádio V2 (Segundo nó maduro)

A primeira trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a segunda folha trifoliada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada unifólio não estão se tocando. A planta passa a depender da fotossíntese das folhas já estabelecidas e em desenvolvimento. Ocorre o início da formação dos nódulos radiculares. Índice de área foliar (IAF) - 0,04 - 0,09. Consumo médio de água de 1,0 mm dia⁻¹. Duração de 3 a 8 dias.

e) Estádio V3 (Terceiro nó maduro)

A segunda trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a terceira folha trifoliada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada unifólio não estão se tocando. Ocorre o amarelecimento e abscisão (queda) dos cotilédones, início da fixação de N. Índice de área foliar (IAF) 0,06 - 0,25. Consumo médio de água de 1,5 mm dia⁻¹. Duração de 3 a 8 dias

f) Estádio Vn (Enésimo nó maduro)

A enésima folha trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a folha trifoliada n+1 está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada unifólio não estão se tocando. Finaliza o estágio vegetativo quando ocorre o aparecimento de flores, iniciando o estágio reprodutivo.

2.4.1.2. Fase Reprodutiva

a) Estádio R1 (Início do florescimento)

Ocorre uma flor aberta em qualquer nó da haste principal. Índice de área foliar (IAF) de 3,1 - 4,1. Consumo médio de água de 6,2 mm dia⁻¹. Duração de 1 a 7 dias. É caracterizada como o início do período reprodutivo, ou seja, aparecimento dos primeiros botões florais. Essa fase está compreendida no período de maior demanda por nutrientes que vai de R1 a R5. Sendo assim, torna-se importante a aplicação de fertilizante foliar à base de cálcio(Ca) e boro(B) nessa fase, pois os mesmos atuam na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico, proporcionando um menor abortamento de flores (CÂMARA, 1998; MALAVOLTA, 2006).

b) Estádio R2 (Florescimento pleno)

As flores apresentam-se abertas em um dos dois nós superiores da haste principal. A planta atinge em torno de 90% de sua altura final (hábito de crescimento determinado), e a taxa de fixação de N_2 pelos nódulos radiculares aumenta sensivelmente. Índice de área foliar (IAF) de 3,3 - 5,2. Consumo médio de água de 6,9 mm.dia⁻¹. Temperaturas inferiores a 15°C podem afetar o processo de fecundação das flores e temperaturas superiores a 30°C podem provocar o abortamento de flores. Duração de 5 a 15 dias.

c) Estádio R3 (Início da frutificação)

Ocorre a presença de vagens com 0,5 cm de tamanho "canivetinhos" em um dos quatro nós superiores da haste principal. Alta taxa de fixação de N_2 pelos nódulos radiculares (plena atividade). Índice de área foliar (IAF) de 4,1 - 5,9. Consumo médio de água de 7,2 mm dia⁻¹. Temperaturas superiores a 30°C podem provocar abortamento. Duração de 5 a 15 dias.

Fase caracterizada como o final da floração e início da formação de vagens, sendo o período de maior exigência de nutrientes pela planta, onde se torna imprescindível o uso da aplicação de cálcio(Ca) e boro(B) via foliar, proporcionando um melhor pegamento de vagens e consequentemente maiores produtividades.

d) Estádio R4 (Vagem formada)

Ocorre a presença de vagens com 2 cm de comprimento em um dos quatro nós superiores da haste principal. Crescimento da vagem e início do desenvolvimento de grãos. Vagens atingem tamanho máximo (comprimento e largura) antes dos grãos começarem o enchimento. Índice de área foliar (IAF) - 4,2 - 6,6. Consumo médio de água de 7,3 mm dia⁻¹. Temperaturas superiores a 30°C podem provocar abortamento de vagens. Duração de 4 a 26 dias.

e) Estádio R5 (Início da formação de grãos)

Ocorre o início da formação dos grãos que apresentam 0,3 cm de tamanho em um dos quatro nós superiores. A planta atinge máxima altura, máximo número de nós e máxima área foliar. Alta taxa de fixação de nitrogênio pelos nódulos radiculares. Índice de área foliar (IAF) de 4,5 - 7,7. Consumo médio de água de 7,5 mm dia⁻¹. Fase crítica com relação à falta de água. Duração de 11 a 20 dias,

f) Estádio R6 (Grão formado)

Ocorre o enchimento completo de grãos. Vagem contendo grãos verdes que preenchem totalmente a cavidade da mesma. O peso das vagens é máximo. Índice de área foliar (IAF) - 4,3 - 6,2 consumo médio de água - 7,4 mm dia⁻¹. Fase crítica com relação ao estresse hídrico. Duração - 9 a 30 dias.

g) Estádio R7 (Início da maturidade fisiológica)

Ocorre a maturidade fisiológica, ponto em que os grãos se desligam da planta mãe, a planta cessa a translocação de fotoassimilados para estes, e tem início o processo de perda de água. Os grãos de soja encontram-se com teores de umidade entre 45 a 60%, com alteração na coloração e no tamanho..

h) Estádio R8 (Maturação em campo)

Ocorre o início do desfolhamento das plantas de soja, decréscimo do teor de umidade dos grãos, alteração na coloração e tamanho destes. Índice de área foliar (IAF) de 2,8 - 0,8. Consumo médio de água de 3,2 mm dia⁻¹. Duração de 5 a 7 dias.

i) Estádio R9 (Ponto de colheita)

As plantas apresentam-se com 95% das vagens maduras, decréscimo máximo do teor de umidade dos grãos. Alteração na coloração e tamanho de vagens e planta. São necessários 5 a 10 dias de tempo seco, após o R8, para que os grãos

da soja apresentem menos de 15% de umidade, ponto ideal para colheita mecanizada.

2.4.2. Fixação biológica do nitrogênio

A fixação biológica do nitrogênio na soja é um fator de grande importância, tanto para o desenvolvimento da planta como para os componentes de produção da cultura, fornecendo o N de forma natural e suprimindo às necessidades da planta através deste processo, dispensando a adubação nitrogenada e consequentemente redução de custos de produção.

A soja é uma planta nodulífera, isto é, capaz de desenvolver e estabelecer nódulos em seu sistema radicular. O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja; estimam-se que para produzir 1.000 kg de grãos são necessários 80 kg de N. As principais fontes de N disponíveis para esta cultura são os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio. Verifica-se uma alta produtividade na cultura de soja com a ocorrência do processo de fixação biológica de nitrogênio mesmo em solos com condições normais de fertilidade (EMBRAPA, 2005).

A soja, por ser uma leguminosa, possui simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, especialmente a espécie *Bradyrhizobium japonicum*, que fixam o nitrogênio do ar no solo onde a cultura está instalada, repassando para planta na forma de nitrato em troca de hidratos de carbono, reduzindo os gastos com adubação nitrogenada (MASCARENHAS et al., 2005). Por ser uma planta exótica no Brasil, não existem bactérias nativas deste gênero capazes de nodulá-la, tornando-se obrigatório a inoculação em áreas de primeiro cultivo ; (EMBRAPA, 2005). Segundo Hungria et al. (2000), solos de regiões tropicais são deficientes em nitrogênio e, portanto, a fixação biológica de nitrogênio é essencial para a sustentabilidade num sistema de produção.

O processo de fixação de nitrogênio pode ser influenciado diretamente por fatores bióticos como adaptação da estirpe introduzida, competitividade com bactérias do solo e presença de microrganismos competidores e/ou predadores, que produzem toxinas e antibióticos (NEVES, 2011).

Um fator que pode ter efeito altamente prejudicial sobre a simbiose é a temperatura do solo. A semeadura em solos quentes e secos, com temperaturas acima de 33 °C diminui a sobrevivência das bactérias inoculadas prejudicando a formação de nódulos e a eficiência. A faixa de temperatura do solo adequada para a semeadura varia de 20 a 30 °C, sendo 25 °C a temperatura ideal (EMBRAPA, 2006).

Segundo Pereira et al. (1999), na nodulação da soja têm sido observadas diferenças na eficiência das estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, podendo apresentar respostas diferenciadas de inoculação em relação ao crescimento da planta e à produtividade da cultura (NEVES, 2011).

Estudos realizados por vários autores têm concordado que o uso de micronutrientes como molibdênio e cobalto contribuem fortemente para desenvolvimento da nodulação e fixação simbiótica. Meschede et al. (2004) consideram a adubação com molibdênio e cobalto importantes para a fixação biológica do N, mostrando que, a partir do momento que foram adicionados estes micronutrientes na semente, a planta apresentou grãos com maior teor de proteína. Os autores, entretanto, salientam que se deve ter cautela na aplicação de molibdênio na semente, principalmente na forma de molibdato (MoO) o qual tende a reduzir a sobrevivência do rizóbio.

2.4.3. População de plantas

A densidade populacional da soja corresponde ao número de plantas que são instaladas em uma determinada área, sendo este fator responsável por conferir várias vantagens na lavoura, fornecendo ganhos tanto na condução da atividade como na produtividade. A população ideal de plantas para cada cultivar depende principalmente de suas características como ciclo biológico, altura da planta, hábito de crescimento, índice de acamamento e período juvenil (GILIOLI, 2000). É fator decisivo para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da planta. Dessa forma, a melhor população de plantas deve possibilitar além do alto rendimento, altura de planta e de inserção da primeira vagem adequadas à colheita mecanizada e redução do acamamento (GAUDÊNCIO et al., 1990).

A Embrapa (2005) há alguns anos indicava como população padrão 18 plantas m^{-1} linear com espaçamento de 0,45m, que corresponde a um estande de 400 mil plantas ha^{-1} . Foi reduzindo gradativamente até 15 plantas m^{-1} linear (320 mil plantas ha^{-1}).

De maneira geral, populações muito acima da recomendada, além de acarretar aumentos nos gastos com sementes e um possível acamamento das plantas não proporcionam acréscimos na produtividade. Já a adoção de populações abaixo da recomendada favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em plantas muito ramificadas e de altura reduzida, o que também eleva as perdas no momento da colheita (VAZQUEZ, 2008).

Trabalhando com os efeitos da redução da população de plantas em algumas características da cultura da soja, Vazquez et al. (2008) relataram que a cultura é capaz de suportar grandes reduções da população de plantas sem perdas significativas de produtividade, e que essa capacidade depende da variedade, algumas suportando até 45% de redução. No entanto elevar a densidade de plantas tem sido uma forma de potencializar a produtividade de grãos de soja (KUSS et al., 2008).

2.4.4. Época de semeadura

A época de semeadura, entre as práticas culturais aplicadas à soja, é a mais importante. É definida por um conjunto de fatores ambientais que reagem entre si e interagem com a planta, promovendo variações no rendimento de grãos e afetando outras características agronômicas. As condições que mais afetam o desenvolvimento da soja são as que envolvem variações dos fatores meteorológicos (CAMARA, 1991).

Quando a cultura é implantada em diferentes épocas de semeadura, o desenvolvimento, a maturação e a colheita dos grãos ficam sujeitos a diferentes condições ambientais podendo, em função disto, apresentar variações em termos de qualidade fisiológica (NAKAGAWA et al., 1983).

Conhecer os estádios de crescimento da cultura torna-se importante devido a possibilidade de ajustar as épocas da semeadura, de forma que as fases de

crescimento mais críticas coincidam com os períodos aos quais é mais provável o suprimento das necessidades da cultura (FARIAS et al., 2001)

Para Mundstock e Thomas (2005), este ajuste faz-se necessário quando ocorre florescimento precoce, ou seja, poucas semanas após a semeadura. Não haveria número suficiente de ramos e folhas e, em decorrência, o número de nós de onde são geradas as flores seria extremamente reduzido. Situação oposta ocorre com cultivares que retardam excessivamente o florescimento e há crescimento vegetativo exagerado. Desta forma, a semeadura em épocas inadequadas pode afetar a estatura, o ciclo e o rendimento das plantas, além de aumentar as perdas durante a realização da colheita (EMBRAPA, 2005).

2.4.5. Altura da planta e de inserção da primeira vagem

A altura da planta de soja é considerada uma característica importante pela sua relação com a produção, controle de plantas daninhas, acamamento e eficiência na colheita mecânica. Seu crescimento em altura depende da elongação do caule, que ocorre em função do número e do comprimento dos internódios (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os fatores ambientais (temperatura, umidade e outros) e as práticas culturais (densidade de plantas e época de semeadura) que afetam a altura da planta podem também influenciar a altura da inserção da primeira vagem, grau de acamamento e produtividade (SEDIYAMA et al., 1993; SEDIYAMA et al., 1996; SHIGIHARA; HAMAWAKI, 2005; GUIMARÃES et al., 2008)..

Segundo Bruscke (2007), plantios tardios ou cultivares precoces normalmente originam plantas com porte mais baixo do que na época considerada ideal de plantio. Como consequência, a altura de inserção dos primeiros legumes tende também a reduzir. Dependendo da resposta fotoperiódica da cultivar, a planta pode ter altura reduzida.

Consideram-se adequadas à mecanização da colheita plantas com altura entre 60 e 120 cm, conforme relatam Rezende e Carvalho (2007). Fehr e Caviness (1981) obtiveram plantas que atingiram de 75 a 125 cm de altura e apresentaram uma variação de 14 a 26 nós. Sediya et al. (1996) consideraram que, em solos

planos e bem preparados, pode-se efetuar uma boa colheita em plantas com 50 a 60 cm de altura.

A altura da primeira vagem pode ser característica da própria cultivar, entretanto, quando o plantio é realizado em regiões com dias mais curtos, a altura da planta é reduzida, havendo tendência ao desenvolvimento de vagens próximas ao solo. Os fatores ambientais ou práticas culturais que afetam a altura da planta também podem influenciar consideravelmente a altura da primeira vagem (GUIMARÃES et al., 2008).

Para um elevado rendimento operacional da colhedora, associado à minimização de perdas de colheita, Valadão Junior et al. (2008) recomendam que, em terrenos planos, as cultivares de soja devem apresentar altura da primeira vagem igual ou não muito acima de 10,0 cm. Alguns autores consideram altura ideal entre 10 e 15 cm.

Sendo assim, controle do florescimento, altura da planta e altura de inserção da primeira vagem representam fatores básicos no desenvolvimento de cultivares menos sensíveis às variações de época de semeadura e com adaptação em faixas de latitudes mais baixas (GUIMARÃES et al., 2008).

2.4.6. Componentes de produção

Entres os componentes de produção destacam-se o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e a massa ou peso de 100 ou 1.000 sementes. Vários autores verificaram que o número de vagens por planta é o caráter que mais contribui para o rendimento de grãos em leguminosas, uma vez que apresenta as maiores correlações com a produção (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005). O caráter agrônomo produção total de grãos em uma planta depende de um conjunto de características, com destaque para o tamanho e o peso de sementes, os quais, por sua vez, dependem do maior vigor da planta e de um período de frutificação mais longo (ROCHA, 2009). O peso médio de 100 grãos é uma característica geneticamente determinada, porém, é influenciada pelo ambiente (NAVARRO JÚNIOR; COSTA, 2002). Alguns trabalhos mostram que o peso do grão é alterado pelo arranjo de plantas.

Quanto ao número de sementes por planta, da mesma forma que o número de vagens, também é um bom testemunho do potencial da planta. Esse fato se verifica inclusive nos casos em que ocorre estresse ambiental importante, conforme resultados apresentados por Carneiro (2007). A estabilidade da variável vai depender da época de ocorrência do estresse. Os veranicos curtos são mais prejudiciais à produtividade, durante o período de enchimento de vagens que o período de florescimento (PENDLETON; HARTWIG, 1973). Segundo estes autores, o período longo de florescimento capacita a planta a suplantar veranicos, sem prejuízo na produtividade.

Nos casos em que ocorre abortamento de vagens, o número de grãos por vagem compensa parte desse prejuízo. A compensação é parcial, porque esse componente possui limite máximo determinado geneticamente (FARIAS et al., 2007). O número de sementes por planta apresenta correlação negativa com a massa de 100 sementes e positiva com o índice de crescimento vegetativo (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005).

2.5. Adubação foliar e época de aplicação

A principal inovação na área da nutrição mineral de plantas dos dias atuais são os fertilizantes foliares, sendo eles compostos por macro e micronutrientes, na forma sólida com alto poder de solubilidade ou na forma líquida. Tem como objetivo fornecer as plantas nutrientes de absorção rápida, servindo de complemento da adubação via solo, fornecendo os nutrientes quando a planta realmente necessita deles, evitando e corrigindo deficiências (MUSSKOPF; BIER, 2010).

Como a parte aérea das plantas também possuem a capacidade de absorver água e nutrientes, diversos estudos tem contribuído para que a prática da adubação foliar possa ser mais intensivamente utilizada. Áreas que vem sendo continuamente cultivadas, como por exemplo, com plantas perenes e anuais, têm carência de nutrientes que muitas vezes não é corrigida com adubações no solo. Nestes casos, a adubação foliar proporciona melhores resultados. As pulverizações foliares com micronutrientes também têm sido satisfatórias com uma única aplicação (ADUBAÇÃO, 2004; MALAVOLTA, 2006; NUNES, 2012).

Na cultura da soja a produtividade, eficiência e a lucratividade são aspectos da maior relevância, além do que deve-se sempre procurar a sustentabilidade dos processos produtivos. A soja é uma cultura exigente em termos nutricionais e bastante eficiente em absorver e utilizar os nutrientes contidos no solo, principalmente nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S). A necessidade de aumentar a produção da soja tem levado o produtor a buscar inúmeras alternativas, e uma delas é o uso da adubação foliar. Para a realização da adubação foliar, existem hoje no mercado inúmeros produtos comerciais contendo macro e micronutrientes, e a sua utilização tem aumentado nos últimos anos (STAUT, 2007).

Soluções contendo um ou mais nutrientes são bastante utilizadas na adubação foliar. Algumas vantagens deste método de aplicação são: as doses são muito menores que as utilizadas nas aplicações via solo; a distribuição é uniforme e fácil; as respostas aos nutrientes aplicados são quase que imediatas e, conseqüentemente, as deficiências podem ser corrigidas durante a estação de crescimento. Algumas desvantagens são: a demanda de nutrientes é geralmente muito alta quando as plantas são pequenas e a superfície foliar é insuficiente para a

absorção; a concentração excessiva de sais pode resultar em queimaduras nas folhas e a adubação foliar apresenta pouco efeito residual (CALONEGO et al. 2010).

Os fundamentos científicos que dão suporte à adubação foliar baseiam-se no fato de que, do início do estágio reprodutivo até a maturação, ou seja, da floração em diante, a atividade radicular e consequente absorção de nutrientes diminuem, ao mesmo tempo em que há grande translocação de nutrientes das folhas para as sementes em formação. A reposição dos nutrientes nas folhas, através de adubação foliar, poderia manter a taxa de fotossíntese por um tempo maior, o que possivelmente refletir-se-ia em maior rendimento de grãos de soja (REZENDE et al., 2005).

A disponibilidade de produtos comerciais contendo micronutrientes tem aumentado nos últimos anos, e existem resultados experimentais mostrando grande variabilidade de resposta à sua aplicação (CERETTA et al., 2005). Garcia e Hanway (1976) propuseram, dentre as variantes de aplicação via foliar, a adubação suplementar no estágio reprodutivo que, somada à adubação do solo, possibilitaria ao produtor um acréscimo de rendimento.

Segundo Rosolém e Boaretto (1989), embora as maiores velocidades de absorção de macronutrientes aconteçam durante o florescimento e início de enchimento dos grãos, para a maioria desses as maiores quantidades são absorvidas após o florescimento. Este fato, aliado à alta taxa de translocação que se observa na planta nesta época, gera grande discussão a respeito da eficiência da adubação foliar em soja, muitas vezes relegando-se a um segundo plano a capacidade do solo de fornecer nutrientes, e ainda o grande volume que o sistema radicular deve apresentar nesta época (SOUZA et al., 2008).

A época de aplicação foliar ideal é quando a planta demonstra necessidade de nutrientes. Essas épocas encontram-se em geral pouco antes do florescimento (R1) e após o florescimento (R3) nas culturas anuais e no crescimento dos frutos. Nesse contexto, torna-se importante conhecer os estádios fenológicos da soja, principalmente a fase reprodutiva, onde se tem a maior demanda por nutrientes (NUNES, 2012). Souza et al. (2008) verificaram uma maior produtividade de sementes de soja com aplicação de cálcio e boro no estágio vegetativo R3. Bevilaqua et al. (2002) concluíram que houve um maior rendimento da soja com aplicação de cálcio e boro nas fases de floração e pós-floração.

2.6. Importância do boro e do cálcio para a planta

2.6.1. Boro

É um elemento essencial ao crescimento das plantas, participando de vários processos como transporte de açúcares, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo do AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato, além de ter função na síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; RÖMHELD, 1997; DUPAS, 2012).

O boro é um nutriente importante na fixação biológica do nitrogênio na soja. Embora não tenha ação direta sobre este processo, é um elemento que ativa a enzima fosforilase do amido, responsável pela síntese de amido, substância de reserva das sementes, raízes, tubérculos e colmos (FAVARIN; MARINI, 2000).

A turmalina é o principal mineral do solo que contém boro, respondendo por quase 95% do conteúdo total do elemento em solos de regiões úmidas, porém é muito resistente ao intemperismo (MALAVOLTA, 1980; DANTAS, 1991). Na solução do solo apresenta-se como uma molécula de ácido bórico não dissociado (H_3BO_3), sendo que é mais disponível em pH acima de 5,0. Porém em solos alcalinos reage com o cálcio formando boratos de cálcio o qual o torna indisponível as plantas. Em solos ácidos se formam borosilicatos insolúveis, contendo ferro e alumínio (MALAVOLTA et al., 2006).

Nas culturas de forma geral, entre os micronutrientes, a deficiência de B é a que ocorre em maior frequência (GUPTA, 1979; BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998). Shorrocks (1997) relatou a deficiência de B em mais de 132 culturas em 80 países.

Os principais fatores que interferem na disponibilidade do B presente no solo para as plantas, segundo Goldberg (1997), são:

- O pH - com o aumento do pH da solução do solo menor é a disponibilidade do B para as plantas.
- A textura - quanto mais arenoso o solo menor é a disponibilidade do nutriente, devido o contato B - raiz ocorrer basicamente ao fluxo de massa.
- A umidade - a disponibilidade de B geralmente diminui com a redução da umidade do solo. A deficiência de água faz com que a mineralização da

matéria orgânica seja diminuída devido a menor atividade dos microrganismos, ficando a liberação do boro nela contida reduzida a quase zero. Além disso, a absorção de boro pelas plantas ocorre por fluxo de massa, sendo a presença de água primordial no processo.

- A temperatura - ocorre aumento na adsorção de B com o aumento da temperatura, entretanto, isso pode ser devido à interação entre o efeito da temperatura com a umidade do solo.
- A matéria orgânica - quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior é a disponibilidade de B para as plantas.

Além de ser essencial para a absorção e uso do cálcio, o B influi na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumenta o pegamento de flores e a granação, reduzindo a esterilidade masculina e o chochamento de grãos. A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva. Essa maior exigência deve-se ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (MALAVOLTA et al., 2006; GALLI et al., 2012).

A deficiência de boro resulta em inibição do crescimento da planta, devido às funções estruturais específicas desse elemento na parede celular e à limitada mobilidade do nutriente na maioria das plantas. Essa deficiência também causa alterações anatômicas, fisiológicas e bioquímicas, tais como alteração da integridade e funcionamento da membrana celular, disfunções metabólicas e aumento na produção de compostos fenólicos. O crescimento das raízes é rapidamente inibido, sugerindo que esse elemento pode ser requerido para a manutenção da divisão e alongamento celular, ou ambos os processos (MANFREDINI, 2008).

Foloni et al. (2010), avaliando quatro doses de bórax (0; 1; 2 e 3 kg ha⁻¹ de B) aplicadas no solo e quatro doses de ácido bórico (0; 0,5; 1 e 2 kg ha⁻¹ de B na calda de pulverização) aplicadas via foliar, na cultura do girassol, verificaram aumento no tamanho dos grãos de girassol com aumento da adubação boratada foliar. Santos et al. (2004), em estudo sobre produção de alfafa em função do suprimento de boro, em solução nutritiva, obtiveram aumentos na produção de massa seca devido à aplicação do micronutriente.

Castagnel e Silva (2009), avaliando a aplicação de boro via foliar na cultura do feijão, obtiveram uma melhora no desenvolvimento reprodutivo da cultura, resultado

esse que foi obtido pelo aumento no número de vagens por planta e grãos por vagem. Resultados semelhantes foram encontrados por Musskopf e Bier (2010), aplicando as doses (0; 0,5; 1; 2 Kg.ha⁻¹) de Ca e B via foliar na cultura da soja em pré e pós-floração, obtendo resultados significativos quanto ao aumento do número de vagens por planta.

2.6.2. Cálcio

É um elemento estrutural das plantas, importante na síntese da parede celular, germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico. Sendo assim, é um nutriente imprescindível para a fecundação das flores, fixação dos botões florais e formação de vagens (Faquin, 2005).

O cálcio cumpre múltiplas funções nas plantas. Sendo o mais proeminente no apoplasto, o espaço da parede celular onde ele tem pelo menos duas funções distintas: interligar cadeias pécticas, como o boro, contribuindo para sua estabilidade e afetar propriedades mecânicas do gel péctico (EPSTEIN; BLOOM, 2006),

É absorvido pelas raízes como Ca²⁺, e sua concentração na solução do solo pode ser dez vezes maior que a concentração de potássio, porém no interior das plantas não se verifica o mesmo, pelo fato de sua absorção diminuir competitivamente pela presença de outros cátions tais como K⁺ e NH⁴⁺, que são absorvidos rapidamente pelas raízes. O principal mecanismo envolvido na absorção desse nutriente é o fluxo de massa. O cálcio é considerado imóvel quanto à redistribuição na planta, fazendo com que os sintomas de deficiência surjam primeiramente nas folhas novas da planta, havendo deformação e clorose foliar e, nos estágios mais avançados, o amolecimento do tecido devido à alteração na estrutura da parede celular (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Cerca de 60% do cálcio celular encontram-se localizados na parede celular (lamela média), onde os pectatos de cálcio existentes são essenciais para o fortalecimento desta e dos tecidos da planta, sendo considerado um nutriente estrutural da planta e exercendo a função estabilizante (HANSON et al., 1993; MARSCHNER, 1995). É importante na preservação da capacidade de absorção das raízes mediante a manutenção da integridade da membrana plasmática, bem como

na prevenção da perda de solutos para a solução externa, aumentando o acúmulo de nutrientes na planta (MALAVOLTA, 2006).

Atuando como regulador da germinação do grão de pólen, o cálcio ainda diminui a toxicidade de outros íons, neutraliza alguns ácidos orgânicos e tem importante papel na atividade de algumas enzimas como, por exemplo, a actimiosina. É importante no desenvolvimento radicular, onde influencia a divisão e o alongamento celular, bem como o processo de desintoxicação dos íons hidrogênio, além de inibir alguns íons potássicos, regulando sua absorção ativa, podendo participar na absorção de nitrogênio (MASCARENHAS, 1977).

Burton et al. (2000) verificaram que níveis reduzidos de Ca na solução nutritiva reduziram a matéria seca das folhas durante o enchimento de sementes, a produção de sementes, a concentração de Ca nestas e a germinação, e aumentaram a incidência de distúrbios nas plântulas como podridão do hipocótilo e epicótilo. Monteiro (1993), em experimento com soja-perene Tinaroo com doses de cálcio, verificou aumentos na produção de massa seca da planta devido ao fornecimento desse elemento.

Souza et al. (2008), avaliando cinco doses (0; 0,5; 1; 1,5; 2 L ha⁻¹) de Ca e B em dois estádios fenológicos via foliar na cultura da soja, obtiveram resultados significativos quanto à produtividade. Musskopf e Bier (2010) em trabalho semelhante verificaram significância para o número de vagens na cultura da soja.

Bevilaqua et al. (2002) verificaram que a aplicação foliar de cálcio e boro em soja, cvs. FT Cometa e BR 16, aumentaram a massa de grãos por planta, não tendo afetado a qualidade fisiológica de sementes, sendo que as maiores respostas a Ca e B nos componentes de rendimento foram observadas nas fases de floração e pós floração. Moreira et al. (2008), variando doses de cálcio via foliar em estádios fenológicos diferentes na soja, obtiveram maior rendimento quando realizaram a adubação foliar nos estádios R2 e R4.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O experimento foi realizado no ano agrícola 2011/2012, na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí - UFPI, em Teresina-PI, com as seguintes coordenadas: latitude 05°02'40,10" S, longitude 42°47'03,79" O e altitude de 72 metros.

O clima do município de Teresina é do tipo Aw' (tropical subúmido quente), conforme a classificação climática de Köppen (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004), e possui duas estações definidas: seca (de junho a novembro) e chuvosa (de dezembro a maio). De acordo com Medeiros (2006), a região apresenta precipitação média anual de 1.377 mm, sendo a maior concentração das chuvas nos meses de março e abril. Apresenta evapotranspiração potencial média anual de 2.973 mm, umidade relativa do ar média anual de 70%, insolação total anual de 2.625 h, temperatura média anual de 28°C, amplitude térmica de 11,5°C, fotoperíodo médio anual de 12 h e 19 min dia⁻¹, com mínimo de 11 h e 46 min dia⁻¹ e máximo de 12 h e 29 min dia⁻¹.

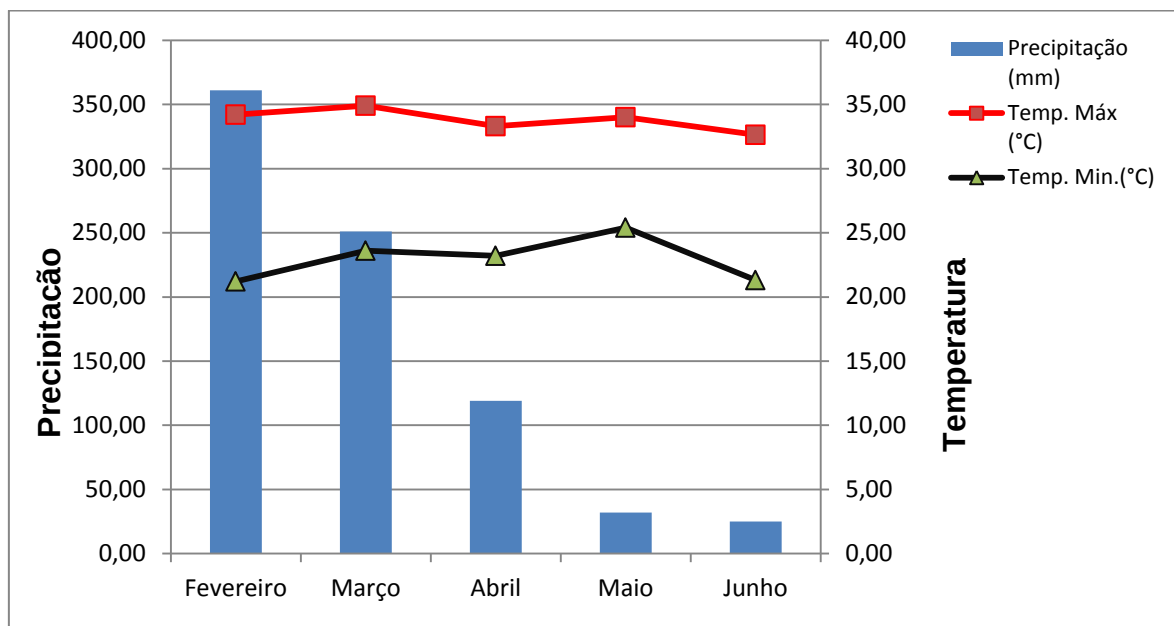
Os dados climáticos de Teresina no período de realização do experimento encontram-se na Tabela 4 e Figura 6.

Tabela 4. Dados climatológicos de fevereiro a junho de 2012, período de condução do experimento. Teresina, PI, 2012.

Mês	Temperatura do ar (°C)		Precipitação (mm)	Umidade Relativa do ar (%)	
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima
Fevereiro	34,20	21,20	361,00	99,00	51,00
Março	34,90	23,60	251,00	99,00	57,00
Abril	33,30	23,20	119,00	97,00	52,00
Maio	34,00	25,40	32,00	92,00	45,00
Junho	32,63	21,30	25,00	94,00	38,00

Fonte: INMET, 2012.

Figura 9. Variação da temperatura e precipitação durante a condução do experimento em Teresina, PI, 2012.



Fonte: INMET, 2012.

O solo da área experimental foi classificado de acordo com o laboratório de análise de solo do CCA (LASO), como Neossolo Quartizarênico, textura areia franca. Foram coletadas amostras simples de solo da camada de 0 a 20 cm para análise. Os resultados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) da área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias, UFPI, Teresina, PI.

Composição Granulométrica da Terra Fina (dispersão com NaOH N) g kg ⁻¹				Textura	Densidade aparente g cm ⁻³	Umidade % Kg kg ⁻¹			
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			M Pa			
2-0,20 mm	0,20-0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002	Areia Franca	1,53	0,033	1,5	Disponível (0,033-1,5)	
320	510	130	40			6	3		3
pH (1:2,5)				Cátions Trocáveis (cmolc Kg ⁻¹)					
Água	KCl N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	Valor T
5,7	5,4	2,6	0,4	0,17	0,02	3,2	-	2,2	5,4
Valor V	Sat. Com Al ³⁺	P Assimilável mg Kg ⁻¹		C		N	Sat. Com Na ⁺		C.E. do Extrato MS cm ⁻¹
$\frac{100S}{T}$	$\frac{100Al^{3+}}{S+Al^{3+}}$			g Kg ⁻¹			$\frac{C}{N}$		
56	-	8,9		6,71		0,58	11,56	-	0,1

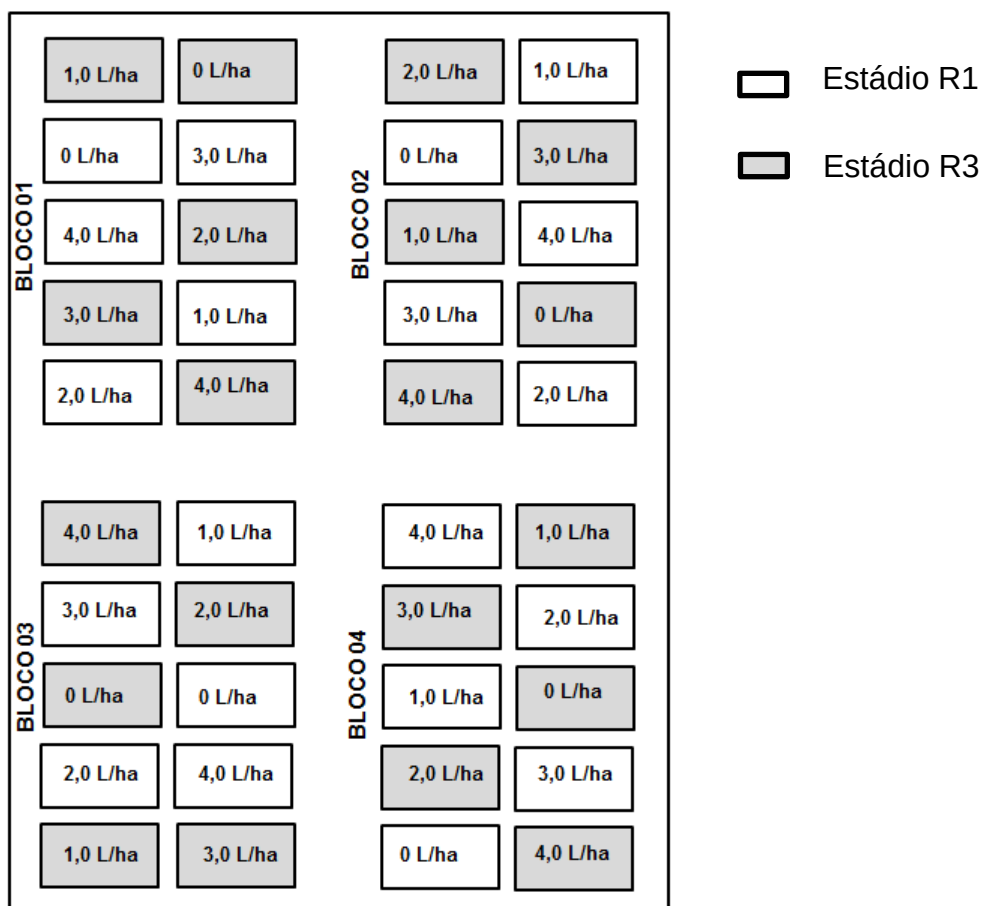
Fonte: Laboratório de análise de solos do CCA - LASO.

3.2. Delineamento experimental e definição dos tratamentos

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 5x2, sendo o genótipo de soja (BRS Sambaíba) submetido à cinco doses de fertilizante mineral foliar, à base de cálcio e boro (0; 1,0; 2,0; 3,0 ; 4,0 L ha⁻¹ do produto comercial), em dois estádios fenológicos de aplicação (R1- Início da floração e R3 - final da floração e início da formação de vagens) sendo 10 tratamentos com 4 repetições, totalizando 40 parcelas (Figura 10).

Cada parcela foi constituída de 4 linhas de plantio de 5 metros de comprimento distas 0,5m entre si. Para efeito de parcela útil foram colhidas as duas fileiras centrais eliminando-se 0,5 m de cada extremidade das linhas, deixando uma área útil de 4m².

Figura 10. Disposição das parcelas no delineamento experimental.



3.3. Condução do experimento

A área foi preparada dias antes da semeadura com aplicação do herbicida Glifosate (N-(fosfonometil) glicina, $C_3H_8NO_5P$), na dose de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial, para eliminação das plantas daninhas e, dias depois, uma gradagem, deixando a área pronta para o plantio. Os restos vegetais foram removidos da área antes da semeadura para facilitar esta operação e a própria germinação.

A calagem foi feita com calcário (PRNT de 91%) duas semanas antes da semeadura, na dose de 2.000 kg ha^{-1} , sendo incorporado com uma gradagem. A adubação foi efetuada com 400 kg ha^{-1} do formulado 5-30-15 (NPK) + FTE, manualmente em fundação.

A semeadura foi realizada no dia 17 de Fevereiro de 2012. As sementes foram inoculadas com bactérias pertencentes à espécie *Bradyrhizobium japonicum*, para permitir a fixação de N_2 . A dose utilizada foi de 250g do inoculante para 50 kg de semente (aproximadamente $600.000 \text{ bactérias semente}^{-1}$). Utilizou-se inoculante turfoso contendo 108 células bacterianas grama⁻¹. Também foram tratadas com inseticida contendo o princípio ativo Fipronil na dose $200 \text{ ml } 100^{-1} \text{ kg}$ de sementes, bactericida com Thiametoxam na dose $100 \text{ ml } 100^{-1} \text{ kg}$ de sementes, fungicida com (Metalaxyl-M + Fludioxonil) na dose $100 \text{ ml } 100^{-1} \text{ kg}$ de sementes e micronutrientes (23,6% Cu + 5,9% Mo + 47,2% Zn, na dose $100 \text{ ml } 100^{-1} \text{ kg}$ de sementes). Fez-se o desbaste 15 dias após a emergência, deixando-se 15 plantas por metro linear (correspondendo a 300 mil plantas ha^{-1}). Aos 35 dias após a semeadura foi realizada uma adubação de cobertura com 60 kg ha^{-1} de sulfato de amônio e 60 kg ha^{-1} de cloreto de potássio.

A fonte de cálcio (Ca) e boro (B) utilizada foi um fertilizante mineral foliar com Ca (8,0%) e B (2,0%) em 1 litro do produto, sendo as doses definidas com o uso de uma proveta graduada da seguinte forma: Para as doses 1,0; 2,0; 3,0 ; 4,0 L ha^{-1} foram dissolvidos 10ml, 20ml, 30ml e 40 ml do produto em 10 litros de água, respectivamente, e aplicadas com o auxílio de um pulverizador costal de 20 litros, com um volume de calda equivalente a 1000 L ha^{-1} , sendo as 5 doses (0; 1,0; 2,0; 3,0 ; 4,0 L ha^{-1} do produto) aplicadas somente quando as plantas atingiram o estágio R1(início do florescimento) e as mesmas 5 doses aplicadas posteriormente quando

as plantas atingiram o estágio R3 (final da floração e início da formação de vagens) totalizando 10 tratamentos(Figura 10).

Figura 11. Aplicação das diferentes doses de cálcio e boro via foliar na soja.



SANTOS, E.A. (2012)

A aplicação das diferentes doses do fertilizante mineral via foliar em ambos os estágios (R1 e R3) (Figura 12) foi realizada no final da tarde (das 17 às 18h) quando a área encontrava-se sombreada.

Figura 12. Detalhes dos apêndices florais da soja em estádios R1 e R3.



SANTOS, E.A. (2012)

Foram realizadas irrigações por aspersão convencional sempre que necessárias, para garantir o estabelecimento das plantas no campo. Os tratos culturais exigidos pela cultura foram realizados, quando necessários, uniformemente em todas as parcelas experimentais. A colheita foi realizada no dia 12 de Junho, quando cada parcela foi colhida manualmente de acordo com o grau de umidade apresentado pelos grãos, não superior a 13% de umidade.

3.4. Características avaliadas

a) Altura média das plantas na maturação (APL): em cm, medida a partir da superfície do solo até a inserção do racemo do ápice da haste principal da planta (R8). Essa média foi determinada a partir da altura de 10 plantas amostradas aleatoriamente em cada parcela.

b) Altura média de inserção da primeira vagem (APV): em cm, medida a partir da superfície do solo até a extremidade inferior da primeira vagem. Característica determinada pela média de 10 plantas amostradas aleatoriamente em cada parcela.

c) Número de vagens por planta (NVP): foi avaliado por ocasião da maturação (R8), contando-se o número de vagens presentes em 10 plantas, amostrados aleatoriamente na área útil.

d) Número de sementes por vagem (NSP): fornecida pela relação entre o número total de grãos e o número total de vagens nas plantas selecionadas amostradas aleatoriamente em cada parcela.

e) Peso médio de 100 grãos (P100G): em grama (g), foi determinado através da coleta e contagem de 100 grãos por parcela experimental. A seguir, realizaram-se as pesagens com o auxílio de balança analítica, com precisão de um miligrama.

f) Produtividade média de grãos (PRODV): avaliada na maturidade final (ponto de colheita), determinado, após a colheita e beneficiamento, com debulha manual das vagens, e pesagem dos grãos colhidos na área útil de cada parcela, com umidade padronizada para 13%.

3.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância (Teste F), utilizando-se o software SAEG for Windows, versão 9.1, da FUNARBE, UFV, Viçosa, Minas Gerais (2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Altura da planta na maturação, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta

Na Tabela 6 estão representados os resumos das análises de variância para a altura de planta (APL), altura de inserção da primeira vagem (APV) e número de vagens por planta (NVP). Pode-se verificar que todos os componentes não sofreram influência das diferentes dosagens do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas na cultura, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a altura da planta na maturação (APL) não houve significância, pelo teste F, para nenhuma das fontes de variação (doses, épocas de aplicação e interação doses x épocas de aplicação). Resultado semelhante foi encontrado por Souza et al. (2008) avaliando diferentes doses de cálcio e boro via foliar na cultura da soja.

Tabela 6. Resumos das análises de variâncias para altura da planta na maturação (APL), altura de inserção da primeira vagem (APV) e número de vagens por planta (NVP) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		APL	APV	NVP
Bloco	3	310,82170	0,15311	304,76830
Doses	4	35,64413 ^{ns}	0,15954 ^{ns}	66,28600 ^{ns}
Estádios de aplicação	1	10,81600 ^{ns}	0,37378 ^{ns}	37,83025 ^{ns}
Doses x Estádios de aplicação	4	17,60038 ^{ns}	0,13121 ^{ns}	16,69900 ^{ns}
Resíduo	27	21,59704	0,12589	32,19862
CV%		7,76	2,66	12,4

n.s (p<0,05) não significativo pelo teste F.

CV% = Coeficiente de Variação.

Os valores médios relativos à altura da planta na maturação (APL) encontram-se na Tabela 7. O coeficiente de variação obtido na análise de variância foi de 7,76%, indicando homogeneidade com baixa dispersão. A média entre os tratamentos foi de 58,85 cm. Os valores de alturas de plantas ficaram próximo ao mínimo recomendado por Sedyama et al. (2009), em torno de 50 a 60 cm. Porém, Rezende e Carvalho (2007) consideram alturas de planta adequadas à mecanização da colheita (60 a 120 cm) superior às obtidas neste experimento.

Resultados contrários foram encontrados por Kappes et al. (2008), obtendo significância quando se aplicou $290,5 \text{ g B ha}^{-1}$ na fase vegetativa, no estágio V5. Os autores observaram altura máxima de planta ou ponto de máximo de 72 cm. Neste mesmo trabalho a aplicação no estágio V9 apresentou a altura máxima de planta de 74 cm, obtida com a aplicação de $293,5 \text{ g B ha}^{-1}$; já quando se aplicou no estágio R3 (final da floração) não se obteve significância. Este resultado pode estar ligado ao fato da planta, nos estádios R1 e R3, não ter condições de aproveitar o nutriente aplicado para o seu desenvolvimento em altura, pois embora o acúmulo de matéria seca inicia-se nas partes vegetativas da planta, entre R3 e R5,5 transloca-se gradativamente para as vagens e grãos em formação (POTAFOS, 1997).

Quanto à altura de inserção da primeira vagem (APV) notou-se que, nem as épocas nem as doses utilizadas influenciaram de maneira significativa esta característica. O coeficiente de variação obtido na análise de variância foi de 2,66%, indicando homogeneidade com baixa dispersão.

Tabela 7. Médias referentes à altura de planta na maturação (APL), altura de inserção da primeira vagem (APV) e número de vagens por planta (NVP) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.

	L ha^{-1}			
	¹	APL(cm)	APV(cm)	NVP
DOSES	0,0	59,35	13,39	42,36
	1,0	60,28	13,10	48,92
	2,0	60,87	13,34	42,85
	3,0	62,20	13,34	47,55
	4,0	56,56	13,49	46,10
ESTÁDIOS DE APLICAÇÃO	R1	59,33	13,24	44,58
	R3	60,37	13,43	46,53
MÉDIA		59,85	13,33	45,55

A média entre os tratamentos para altura de inserção da primeira vagem (APV) foi de 13,33 cm (tabela 7). Para um elevado rendimento operacional da colhedora, associado à minimização de perdas de colheita, Sedyama et al. (2005) e Valadão Junior et al. (2008) recomendam que, em terrenos planos, as cultivares de

soja devem apresentar altura da primeira vagem igual ou não muito acima de 10,0 cm. Os resultados obtidos situaram-se dentro do intervalo encontrado por Kappes et al. (2008) que foi de 13,2 a 14,2 cm (variedade de soja M-SOY 8411 sob diferentes doses e épocas de aplicação de boro foliar). Sousa et al. (2008) obtiveram para esta variável uma amplitude de 16 a 17 cm (avaliação de quatro cultivares sob diferentes doses e épocas de aplicação de cálcio e boro foliar). Ambos os autores concordando com este trabalho, não encontraram significância para esta característica.

A não ocorrência de significância entre os tratamentos mostra que a APV não é afetada pelo fornecimento de Ca e B nas fases estudadas (R1 e R3), podendo também, ser determinada geneticamente (KAPPES et al., 2008). Segundo Sedyama et al. (2009) a altura de inserção da primeira vagem tem correlação positiva com a altura final da planta.

No que diz respeito ao número de vagens por planta (Tabela 6), de acordo com o teste F, a 5% de probabilidade, não houve efeito significativo dos tratamentos para doses e épocas. Também não houve interação significativa entre os fatores. O coeficiente de variação obtido na análise de variância foi de 12,4%, indicando homogeneidade com média dispersão.

A média entre os tratamentos para número de vagens por planta (NVP) foi de 45,55, (tabela 7). Este resultado foi superior ao encontrado por Simidu (2005), avaliando doses de cálcio foliar em duas épocas diferentes (R2 e R5), em quatro cultivares de soja, não obtendo significância para esta variável quanto a doses e épocas, sendo que os valores tiveram uma amplitude de 23,66 a 43,81. Silva et al. (2006), em experimento realizado com aplicação foliar de cálcio e boro no feijoeiro, não obtiveram diferença significativa quanto ao número de vagens por planta.

Contrariando estes resultados, Musskopf e Bier (2010), avaliando diferentes doses de cálcio e boro (0; 0,5; 1,0; 2,0 kg ha⁻¹) na soja, verificaram significância para o número de vagens na cultura da soja numa amplitude de 14,42 a 20,1 sendo este último valor obtido com a dose de 1kg ha⁻¹ do fertilizante.

Moreira et al. (2008), quando aplicaram o cálcio via foliar na soja no estágio V3, nos tratamentos com 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60 kg ha⁻¹ de CaO, obtiveram os melhores resultados com valores que variaram de 37,23 a 65,58 vagens por planta. Souza et al (2008) observaram significância para o fator época, quando foi aplicado

o fertilizante foliar à base de cálcio e boro no estágio R3 (final da floração), no qual obteve-se uma média de 55,43 vagens por planta, contra 49,51 no estágio R1 (início da floração).

Segundo Bevilaqua et al. (2002), a aplicação foliar de Ca e B aumentou o número de vagens por planta, quando aplicados na fase da floração na cultivar BR 16. Castagnel e Silva (2009), avaliando a aplicação de boro via foliar na cultura do feijão, também obtiveram um aumento no número de vagens por planta. Esse representativo aumento se deu, segundo Farinelli et al. (2006) porque o boro atua no crescimento do tubo polínico e na produção de frutos e sementes.

Embora neste trabalho não tenha havido significância para o número de vagens por planta, a utilização de adubos foliares à base de cálcio e boro tem papel importante, onde o cálcio (Ca) afeta a fertilização de flores e a formação das vagens da soja, pois de acordo com Harter e Barros (2011) existe uma correlação negativa entre o teor de cálcio na planta e o número de flores e vagens abortadas.

4.2. Número de sementes por vagem, peso de 100 grãos e produtividade

Na Tabela 8 estão representados os resumos das análises de variâncias para o número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 grão (P100G) e produtividade. Pode-se verificar que houve influência significativa ($p \leq 0,05$) apenas para a produtividade, neste caso somente quanto ao fator época.

Tabela 8. Resumos das análises de variâncias para número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PRODV) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro, aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		NSV	P100G	PRODV
Bloco	3	0,44425	2,46667	167259,00
Doses	4	0,21088 ^{ns}	0,41250 ^{ns}	92016,26 ^{ns}
Estádios de aplicação	1	0,62500 ^{ns}	0,10000 ^{ns}	600250,00*
Doses x Estádios de aplicação	4	0,19566 ^{ns}	0,28750 ^{ns}	73916,25 ^{ns}
Resíduo	27	0,17423	0,52222	37464,51
CV%		1,75	4,6	7,6

*Significativo ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo pelo teste F.
CV% = Coeficiente de Variação.

Para o número de sementes por vagem não houve efeito significativo dos tratamentos para doses e épocas. Também não houve interação significativa entre os fatores. O coeficiente de variação obtido na análise de variância foi de 1,75%, indicando homogeneidade com baixa dispersão.

Os valores médios dos tratamentos referentes ao número de sementes por vagem, podem ser observados na Tabela 9. A média entre os tratamentos foi de 2,39 sementes por vagem. Os resultados obtidos situaram-se dentro do intervalo encontrado por Neves (2011), que foi de 2,06 a 2,46 grãos por vagem (estudo com 18 genótipos de soja). Por outro lado, Souza et al. 2008 obtiveram valores entre 1,09 e 2,2 grãos por vagem (avaliando 4 cultivares de soja).

Em concordância com este trabalho, Simidu (2005), aplicando doses de cálcio foliar na soja, não constatou significância para esta variável, obtendo valores entre 1,9 e 2,24 grãos por vagem. Resultado semelhante foi obtido por Musskopf e Bier

(2010), avaliando diferentes doses de cálcio e boro na soja. Silva. et al (2006) também não obtiveram significância para esta variável trabalhado com o feijoeiro.

Contrariando estes resultados, Bevilaqua et al. (2002) obtiveram significância para esta variável revelando que a aplicação do cálcio e boro na fase de florescimento ,na cv. BR 16, e na pós-floração para FT Cometa, aumentou o número de sementes por vagem.

Neste trabalho, em concordância com a maioria dos autores, não houve diferença significativa para o número de grãos por vagem, ou seja, a quantidade de grãos nas vagens independeu da aplicação de Ca e B. Fato esse que poderia ser explicado pela característica genética da cultivar que é de 2 a 3 sementes por vagem (MUSSKOPF; BIER 2010). Na soja o número de grãos por vagem é o que apresenta menor variação dentre os componentes de produção em diferentes situações de cultivo. Isso demonstra uma uniformidade genética neste componente (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Os valores médios para o peso de 100 grãos podem ser observados na tabela 9. A média entre os tratamentos foi de 15,7g. O coeficiente de variação obtido na análise de variância foi de 4,6%, indicando homogeneidade com baixa dispersão. Os resultados obtidos situaram-se dentro do intervalo encontrado por Neves (2011) que obteve uma amplitude de 15,02 a 20,72 g (estudo com 18 genótipos de soja) e Rocha et al. (2011) que obtiveram valores entre 15,29 e 20,78g (estudo com 32 genótipos de soja).

Apesar do B atuar também na translocação de açúcares para os órgãos propagativos, não foram observados resultados significativos em relação ao peso de 100 grãos. Essa é uma característica determinada geneticamente (MALAVOLTA et al., 2002). Em concordância com este resultado Kappes et al. (2008), aplicando as doses (0; 100; 200; 300; 400) g B ha⁻¹ em diferentes épocas, não obtiveram significância para esta variável, encontrando uma média de 15,7g, rigorosamente igual a do presente trabalho.

Concordando com o presente trabalho, vários autores obtiveram resultados semelhantes, ou seja, não encontraram significância para o peso de 100 grãos na soja com aplicação de doses de cálcio e boro via foliar. Rosolem et al. (1990) não detectaram resposta do feijoeiro a fontes e doses de Ca, aplicado via foliar na fase de pré-florescimento, em termos de rendimento e seus componentes, tampouco o

estado nutricional da planta foi modificado. Ben et al. (1993) não verificaram efeito benéfico dos fertilizantes foliares contendo apenas Ca a 10%, ou com B a 4,5%, junto com outros micronutrientes, sobre o rendimento da soja em Passo Fundo, RS, em duas épocas de semeadura. Calonego et al. (2010), aplicando doses de B via foliar em diferentes épocas na soja, não constataram diferença significativa para peso de 100 grãos, obtendo uma média de 12,8g, inferior à encontrada neste trabalho.

Em contrapartida, Souza et al. (2008) encontraram significância para esta variável quanto à época de aplicação, onde em R3 a média obtida (11,9g) foi superior a época R1 (11,4g), indicando que a aplicação proporcionou maior acúmulo de matéria seca. Para Simidu (2005), a aplicação de cálcio na fase R2 (florescimento) se diferenciou da época R5 (enchimento de grãos), havendo efeito significativo da aplicação na primeira época para a massa de 1000 sementes. Para Bevilaqua et al. (2002), a aplicação foliar de Ca e B aumentou o número de vagens por planta e de grãos por vagem e o peso de sementes por planta, quando aplicados na fase de floração, na cv. BR 16.

Moreira et al. (2008), quando aplicaram o cálcio via foliar na soja no estágio R2, obtiveram os melhores resultados nos tratamentos com 0,15; 0,30; e 0,60 kg ha⁻¹ de CaO, variando de 18,9 a 20,8g, quando se aplicou em R4 os melhores tratamentos foram de 0,15 e 0,30 kg ha⁻¹ de CaO com variação entre 19,6 a 21,7g, sendo estes valores superiores aos obtidos no presente trabalho. A discordância de resultados para esta variável pode estar ligada á fatores genéticos, onde as cultivares utilizadas podem ou não ser responsivas à aplicação desses nutrientes via foliar (BEVILAQUA et al. 2002).

Os valores médios obtidos para a produtividade de grãos podem ser observados na Tabela 9. O coeficiente de variação obtido na análise de variância foi de 7,6%, indicando homogeneidade com baixa dispersão (Tabela 8). A média entre os tratamentos foi de 2524,32 kg ha⁻¹ equivalente a 42 sacas ha⁻¹. Estes resultados foram superiores aos obtidos por Simidu (2005), em estudo avaliando doses de Ca e B em 4 cultivares, onde as médias variaram de 1814 a 2003 kg ha⁻¹.

Tabela 9. Médias referentes ao número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PRODV) em função das doses do fertilizante foliar à base de cálcio e boro aplicadas em dois estádios. Teresina, PI, 2012.

	L ha ⁻¹	NSV	P100G (g)	PRODV (kg ha ⁻¹)
DOSES	0,0	2,38	15,62	2.610,30
	1,0	2,38	16,00	2.666,26
	2,0	2,40	15,50	2.434,27
	3,0	2,36	15,87	2.476,08
	4,0	2,40	15,50	2.434,70
ESTÁDIOS DE APLICAÇÃO	R1	2,39	15,65	2.401,82 b
	R3	2,38	15,75	2.646,83 a
MÉDIA		2,39	15,7	2.524,32

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Verificou-se que não houve diferença significativa entre as doses aplicadas e a dose zero. Houve diferença significativa quanto ao estágio fenológico, onde o rendimento de grãos foi maior quando o fertilizante foliar à base de cálcio e boro foi aplicado no estágio R3 (final da floração e início da formação de vagens) com uma média de 2646,82 kg ha⁻¹ (44 sacas ha⁻¹). A média obtida no estágio R1 (início da floração) foi de 2401,83 kg ha⁻¹, equivalente a 40 sacas ha⁻¹, portanto 245 kg ha⁻¹ (4 sacas ha⁻¹) a menos em relação a média obtida em R3, equivalendo a 9,3% de ganho em rendimento de grãos quando se aplicou o fertilizante (Ca e B) neste último estágio. Corroboram com esses resultados Souza et al (2008), que em estudo semelhante conseguiram um ganho de 13% no rendimento de grãos quando se aplicou o fertilizante foliar no estágio R3. Possan (2010), variando doses de Ca e B na soja, obteve um ganho de 9% (420kg ha⁻¹) nessa variável quando aplicou a dose recomendada do fertilizante em R3, comparado ao estágio R1. Moreira et al. (2008), quando aplicaram o cálcio via foliar na soja nas doses (0,15; 0,30; 0,45 e 0,60)kg ha⁻¹ nos estádios (V3, Vn, R2 e R4) de CaO, obtiveram os melhores rendimentos nas dose de 0,15 e 0,30 kg ha⁻¹ nas épocas V3 e R4. Bevilaqua et al. (2002), que estudaram a resposta de duas cultivares de soja em função da aplicação foliar de cálcio e boro, obtiveram aumento no número de vagens, massa de 1000 grãos e

produtividade com a aplicação de cálcio e boro na fase de floração. Corroborando também com estes resultados, Rezende et al. (2005) afirmam que a reposição dos nutrientes nas folhas, através de adubação foliar pode manter a taxa de fotossíntese por um tempo maior, o que possivelmente pode refletir-se em maior produção de grãos de soja.

Resultados positivos quanto ao rendimento também foram encontrados por vários autores utilizando esses nutrientes (Ca e B) em outras culturas. Trabalhando com o cafeeiro, Marubayashi et al. (1994), utilizando o ácido bórico a 0,3%, via aplicação foliar, junto com Zn na cova, mostraram aumento na produtividade de grãos do cafeeiro. Para Castagnel e Silva (2009) a aplicação de boro, independentemente da época, melhorou o desenvolvimento reprodutivo do feijoeiro. Pinho (2004) aumentou os teores de boro na folha 14 e elevou a produtividade de plantas de coqueiro anão verde adultas através do fornecimento de ácido bórico no solo e na axila da folha 10. Quaggio et al. (2003) obtiveram incrementos no teor foliar em laranjeira e elevaram a produtividade quando se aplicou boro no solo. O aumento no teor de B foi 5,5 vezes aplicando-se a dose de 34,3 kg de ácido bórico por hectare (6 kg de B), aproximadamente 84 g de H_3BO_3 planta⁻¹, em comparação com o tratamento testemunha. Fey et al. (2009), aplicando as doses (0; 1,8; 3,6 e 7,2) L ha⁻¹ do fertilizante mineral a base de cálcio e boro na cultura do trigo obtiveram aumento no número de espigas por metro quadrado, massa de espiga e produtividade, apresentando um crescimento linear em função das doses.

Em estudos com soja, alguns autores não obtiveram significância para o rendimento de grãos utilizando Ca e B na adubação foliar. Silva et al. (2006) aplicando esses elementos nutrientes no feijoeiro não encontraram significância para esta variável. Calonego et al. (2010), aplicando doses de B via foliar em diferentes épocas na soja não constataram efeito significativo nestes fatores para a produtividade. Lima (2011) aplicando doses de B na cultura do girassol também não constatou significância para esta variável. Macedo et al. (2002) e Kappes (2008) analisando a aplicação de cálcio e boro em diferentes estádios e doses na soja, não obtiveram diferença significativa para o número de vagens, massa de 1000 grãos e produtividade.

O solo utilizado não deve apresentar bons teores de turmalina e matéria orgânica, indisponibilizando o B o qual deve ser inferior a $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$ de solo. Nesses casos quase sempre existe potencial de resposta das plantas à aplicação de B.

Em solos pobres em nutrientes como é o caso do utilizado na presente pesquisa, o Ca e o B seriam recomendados em pré ou pós-floração, R1 e R3 respectivamente. No presente trabalho o melhor rendimento foi obtido nesta segunda época.

5. CONCLUSÕES

A aplicação foliar de cálcio (Ca) e boro (B) não influenciou a maioria dos componentes agronômicos e de produção da soja na cultivar BRS – Sambaíba, porém foi eficiente em incrementar a produtividade quando realizada no estágio fenológico R3 quando comparado ao estágio R1.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora reflexos positivos sobre o rendimento da cultura puderam ser observados neste trabalho, onde o Ca e o B influenciaram a produtividade quando aplicados no estágio R3, pesquisas sobre as necessidades nutricionais da soja quanto à adubação foliar devem ter continuidade de estudos, pois informações a respeito desse tema ainda são escassas.

A busca por rendimentos cada vez maiores pelos produtores de soja tem sido constante. Os resultados obtidos neste trabalho somados a outros trabalhos em relação à adubação foliar, contribuem no sentido de informar aos produtores e a comunidade acadêmica, a melhor época de aplicação do fertilizante foliar à base de Ca e B.

7. REFERÊNCIAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal. **Exportações do complexo soja**. 2012. Disponível em:< <http://www.abioeve.com.br>>. Acesso em: 01 Setembro 2012.

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal. 2007. **Produção responsável no agronegócio da soja**. Disponível em:<http://www.abiove.com.br/sustent/sustenta_agronegocio_soja_br.pdf> Acesso em 17 outubro 2012

ANDRADE JÚNIOR et al. **Classificação climática do Estado do Piauí**. Teresina. Embrapa Meio-Norte. 2004. 86 p. (Série Documentos, 86).

ADUBAÇÃO FOLIAR. Universidade Federal de Uberlândia. 15f. 2004. Disponível em:<<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Adubacao%20Foliar%2004.pdf>>Acesso em: 18 outubro 2012.

AGROBYTE – **Soja** (*Glycine max*). Disponível em:<<http://www.agrobyte.com.br/soja.htm>>. Acesso em: 17 outubro 2012.

ALBRECHT, L. P. et al. Sementes de soja produzidas em épocas de safrinha na região oeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 01, p. 121-127, 2009.

ARAÚJO, M. R. S. **Expansão da fronteira agrícola nos cerrados piauienses, (des)territorialização e os desafios para o desenvolvimento territorial: o caso do município de bom Jesus**. 2006. 188 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.

BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 31-34, 2002.

BEN, J.R.; POTTKER, D.; MEDEIROS, L.A. Avaliação de fertilizantes foliares para a soja. In: **Reunião de pesquisa de soja da região sul**, 21, 1993. Santa Rosa. Soja; Resultados de Pesquisa 1992-1993. Santa Rosa: Cooperativa Mista Missões. Embrapa-CNPT.Documentos, 9.199p.

BINNECK, E.; BARROS, A.C.S.A.; VAHL, L.C. Inoculação com *rhizobium*, aplicação de molibdênio e secagem das sementes tratadas de trevo branco. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.1, p.35-38, 2000.

BLEVINS, D. G.; LUKASZEWSKI, K. M. Boron plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 49, p. 481-500, 1998.

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K.: **A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul**

1970-2000. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

BRUSCKE, E. L. et al. Desempenho agrônômico de linhagens de soja de ciclo semitardio/tardio. In. **I SEPEX – Seminário de Pesquisa e Extensão Rural**. Rolim de Moura, 2007. Disponível em:< <http://www.campus-rm.unir.br/sepex/8.pdf>>. Acesso em: 30 agosto 2012.

BURTON, M.G.; LAUER, M.J.; McDONALD, M.B. **Crop Science**, Madison, v.40, p.476-482, 2000.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 193, n. 1/2, p. 71-83, June 1997.

CALONEGO, J.C; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C.H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n.2, Jul-Dez., p. 20-26. 2010.

CÂMARA, G.M.S. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e maturação de cultivares de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill)**. Viçosa, 1991. 266p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: Publique, 1998, p. 293.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GASTALDI, L. F.; PIPOLO, A. E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, jan./mar. 2005.

CARNEIRO, L. C. **Caracterização epidemiológica da resistência parcial e análise da tolerância de genótipos de soja à ferrugem asiática**. 2007. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia. Área de concentração: Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CASTAGNEL, J.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar de boro na cultura do feijão. **Cultivando o saber**. Cascavel, v.2, n.3, p.7-16, 2009

CERETTA, C.A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P.S.; MOREIRA, I.C.L.; GIROTTI, E.; TRENTIN, E.F. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.576-581, 2005.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GASTALDI, L. F.; PIPOLO, A. E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, jan./mar. 2005.

CISOJA - Centro De Inteligência da Soja. **Sobre soja – A soja no Brasil**. 2012 Disponível em: < <http://www.cisoja.com.br/index.php?p=artigo&idA=269> >. Acesso em: 27 Agosto 2012.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2011/2012: décimo primeiro levantamento: agosto de 2012.** Brasília: **Conab**, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_27_09_50_57_boletim_portugues_agosto_2012.pdf> Acesso em: 30 setembro 2012

DANTAS, J.P. Boro. In: FERREIRA, M.E.F.; CRUZ, M.C.P.C., (Eds.) **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba, Potafos, 1991. p.113-130.

DUPAS, E. **Nitrogênio, potássio e boro: aspectos produtivos, morfológicos, nutricionais e frações fibrosas e proteicas do capim-tanzânia.** 2012. 89f. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de produção de soja Região Central do Brasil 2004. Londrina: **Embrapa Soja**, 2005. 237 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de produção 11: Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2007. Londrina: **Embrapa Soja**, 2006, 225p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias para a cultura da soja na região central do Brasil 2009/2010.** Londrina: CNPSO, 2002. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 27 Agosto 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro. **Documentos 319.** 2011. Embrapa Soja Londrina, PR 2011. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc319_3ED.pdf> Acesso em 22 outubro 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas:** princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. p.209-243.

FAO. **Agriculture** – Agricultural Production. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 10 Setembro 2012.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FARIAS, J. R. B. et al. Caracterização do risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 09, n. 03, p. 415-421, 2001.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. (Circular técnica, n. 48).

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; SOUZA, F.S.; PIEDADE, A.R.; LEMOS, L.B.: Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.34. n.1 p.59-65, 2006.

FAVARIN, J.L; MARINI, J.P. **Importância dos micronutrientes para a produção dos grãos**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.snagricultura.org.br>>. Acesso em: 20 Setembro 2012.

FEDERIZZI, Luiz Carlos. A soja como fator de competitividade no mercosul: histórico, produção e perspectivas futuras. In. III Encontro CEPAN: Vantagens Competitivas dos Agronegócios no Mercosul, Porto Alegre, **CD dos Anais**, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios – CEPAN/UFRGS, 2005.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1981. (Special Report, 80). 12 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FEY, R.; SEIDEL, E.P.; ZOZ, T; STEINER, F.; COSTA, L. Resposta da cultura do trigo à aplicação foliar de cálcio e boro. **Anais do IV Seminário Internacional da Cadeia do Trigo**. maio de 2009. FAG, Cascavel – Paraná – Brasil.

FOLONI, J.S. S.; GARCIA, R. A.; CARDOSO; C. L.; TEIXEIRA, J. P; GRASSI FILHO, H. Desenvolvimento de grãos e produção de fitomassa do Girassol em função de adubações boratadas **Biosciense. Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 273-280, Mar./Apr. 2010

GALLI, J.A.; PALHARINI, M.C.A; FISCHER, I.U.; MICHELOTTO, M.D.; MARTINS, A.L.M. Boro: efeito na produção e qualidade de frutos de diferentes variedades de manga. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012

GARCIA, L. R.; HANWAY, J. J. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. **Agronomy Journal**, Madison, v. 4, n. 68, p. 653-657, 1976.

GAUDÊNCIO, C. et al. **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o centro-sul do Estado do Paraná**. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1990. (Comunicado técnico, 47).

GILIOLI, J. L. **Agricultura tropical: desafios, perspectivas e soluções**. Brasília: ABCBSB, 2000, 128 p.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. **Boron in soils and plants: Reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 35-48.

GUERRA, C. A.; MARCHETTI, M. E.; ROBAINA, A. D.; DE SOUZA, C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Soybean seed physiological quality in

function of phosphorus, molybdenum and cobalt fertilization. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, n.1, p.91-97, 2006.

GUIMARÃES, F. S. et al. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 04, p. 1099-1106, 2008. n

GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 31, p. 273-307, 1979.

HARTER, F.S.; BARROS, A.C.S.A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, nº 1 p. 054 - 060, 2011

HANSON, E.J.; BEGGS, J.L.; BEAUDRY, R.M. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. **Hort Science**, Alexandria, v.28, n.10, 1993.

HUNGRIA, M.; MILTON, A. T.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, p. 151-164, 2000.

ICONE - Instituto de Estudo do Comércio e Negociações Internacionais. **Análise estratégica para produção de soja responsável no Brasil e na Argentina.2011.** Disponível em: <<http://www1.ifc.org/wps/wcm/connect/cd60bf004a96003aad4aedeec99f439e/Soja+Gap+Analysis.portugues.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 17 outubro 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 03 Setembro 2012.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2012. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em 20 agosto 2012.

KAPPES, C.; GOLO, A.L.; CARVALHO, M.A.C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.291-297, 2008.

KUSS, R. C. P. et al. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 38, n. 04, p. 1133-1137, 2008.

LIMA, A.D. **Interação entre lâminas de irrigação e coberturas do solo, e adubação borácica na cultura do girassol.** 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2011.

LOPES, J. C. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 01, p. 51-58, 2002.

MACEDO, F. B.; TEIXEIRA, N. T.; LIMA, A. DE M.; BERNARDES, C. R.; FREITAS, D. J. B. DE; OLIVEIRA, R. F. Boro no Plantio e Cálcio e Boro em Adubação Foliar na Produção da Soja. **Rev. Ecosystema** Vol. 27, n. 1,2 jan. – dez. 2002.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p

MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja-perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes**. 2008. 103f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio**: Brasil 2011/19 a 2021/22. Brasília, 2012. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>> . Acesso em: 01 Setembro 2012.

MARUBAYASHI, O.M.; PEDROSO, P.A.C.; VITTI, G.C., et al. Efeito de fontes e formas de aplicação de boro e zinco na cultura do cafeeiro. **Científica**, São Paulo, v.22, p.289-299. 1994.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Nitrogênio: a soja aduba a lavoura da cana. **O Agrônomo**, v.01, n. 57, 2005.

MASCARENHAS, H.A.A. Cálcio no solo e na planta. In: MASCARENHAS, H.A.A. **Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta**. Campinas: Fundação Cargill, 1977. p.01-24.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MATSUO, E. **Estratégias para análise do comportamento de genótipos de soja ao nematoide de cistos (*Heterodera glycines*)**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

MEDEIROS, R. M. **Climatologia do município de Teresina**. Teresina: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Piauí, 2006, 28p.

MESCHEDE, D.K.; et al. Rendimento, teor de proteínas nas sementes e características agronômicas de plantas de soja em resposta a adubação foliar e ao tratamento de sementes com molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.26, n.2, p.139-145, 2004.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Dordrechth: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MONDINE, M. L.; VIEIRA, C. P.; CAMBRAIA, L. A. **Época de semeadura**: um importante fator que afeta a produtividade da cultura da soja. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 16p.: il. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 34).

MONTEIRO, F. A. **Níveis de cálcio e de magnésio em soja-perene Tinaroo**. 1993. 119p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1993.

MOREIRA, A.A.; LEITE, R.A.; NETO, I.P. Cultivo da soja (glycine max (l.) merrill) submetido à adubação foliar com cálcio. **Revista Eletrônica da Pesquisa**. Minas gerais, 2008. Disponível em: <http://www.unipam.edu.br/perquirere/file/file/2008_ca/cultivo_da_solja.pdf> Acesso em: 11 Setembro 2012.

MÜLLER, L. Morfologia, anatomia e desenvolvimento. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C., (Eds). **A soja no Brasil**. 1981, p. 65-104.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

MUSSKOPF, C.; BIER, V.A. Efeito da aplicação de fertilizante mineral cálcio e boro via foliar na cultura da soja. **Cultivando o Saber**. Cascavel, v.3, n.4, p.83-91, 2010

NAKAGAWA, J. ROSOLEM, C.A. MACHADO, J.R. **Épocas de semeadura de soja: I. Efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.18, n.11, p.1187-1198, 1983.

NAVARRO JUNIOR, H. M.; COSTA, J A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2002, v. 37, n. 3, pp. 269-274.

NUNES, A.S. Adubação de culturas. 2012. 72p. **Livro-texto**. Disponível em: <http://anisionunesdotcom.files.wordpress.com/2012/07/apostila_adubacao.pdf> Acesso em 18 outubro 2012.

NEVES, J.A. **Desempenho agrônômico de genótipos de soja sob condições de baixa latitude em teresina-PI**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

NOGUEIRA, A.P.O.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H.B.; TEIXEIRA, R.C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenass, 2009, p.7-16.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em <<http://www.un.org/en/law/index.shtml>> Acesso em 22 outubro 2012.

PENDLETON, J. W.; HARTWIG, E. E. Management. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production, and uses**. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, 1973. p. 211-237.

PEREIRA, J. C.; NEVES, M. C. P.; DROZDOWICZ, A. influência da antibiose exercida por actinomicetos às estirpes de *Bradyrhizobium* spp., na nodulação da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 01, p. 99-108, 1999.

PINHO, C. A soja é pop. **Istoé**, São Paulo, 1796: 80-81, 2004.

PINHO, L. G. DA R. **Controle da mancha anelar dos frutos de coqueiro anão verde no noroeste do Estado do Rio de Janeiro: Efeitos da aplicação de ácido bórico**. 2004. 44f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - RJ, Campos dos Goytacazes.

POSSAN, A. **Avaliação na aplicação de cálcio e boro, no estágio de floração na cultura da soja (*glycine max* L. merril) nas regiões do oeste catarinense**. 2010. 46f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Comunitária da Região de Chapecó. Unochapecó. 2010.

POTAFOS - Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. **Como a planta de soja se desenvolve**. Piracicaba. 1997. 20 p.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundes, 2008. p. p.221-240.

PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO BRASIL 2011/2012 a 2021/2022 – Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-2012%20a%202021-2022%20%20Sintese\(2\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-2012%20a%202021-2022%20%20Sintese(2).pdf)> Acesso em 12 de setembro de 2012.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D. ; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranja Pêra. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 627-634, 2003.

REZENDE, P.M.; GRIS, C.F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L.L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. I. Épocas de aplicação de Fósforo na cultura da soja. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.6, p.1105-1111, nov./dez., 2005.

REZENDE, P. M. de; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 06, p. 1616-1623, 2007.

ROCHA, R.S. **Avaliação de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2009.

ROCHA, R.S.; SILVA, J.A.L; NEVES, J.A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C. Avaliação de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2011

ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A. E. A adubação foliar em soja. In: BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1989. 500 p.

SANTOS, A.R.; MATTOS, W.T.; SILVA, A.A.; MONTEIRO, F.A.; CORRÊA, B.D.; GUPTA, U.C. Boron nutrition and yield of alfalfa cultivar crioula in relation to boron supply. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, p. 496-500, 2004.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. **Cultura da soja**. Viçosa: UFV, 1985, 96p.

SEDIYAMA, T. et al. **Cultura da Soja – I Parte**. 3 Reimpressão. Viçosa: UFV, 1996. 96 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 969p., 2005.

SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1. ed. Londrina, PR: Mecenias, 2009, v. 1. 314 p.

SHIGIHARA, D; HAMAWAKI, O. T. Seleção de Genótipos para Juvenilidade em Progenies de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Eletrônica**. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG, p. 01-26, 2005.

SILVA, A.C.; LIMA, A.P.C.; BATISTA, H.R. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação** 2011. Disponível em: http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sessoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%2000%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf > Acesso em: 17 outubro 2012.

SILVA, T. R. B.; Soratto, R. P.; Bísaro, T.; Lemos, L. B. Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro. **Científica**, v..34, n.1, p. 46 - 52, 2006.

SIMIDU, H.M. **Doses e épocas de aplicação de cálcio em diferentes cultivares de soja sob sistema plantio Direto: produção e qualidade fisiológica das sementes**. 2005. 46f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, São Paulo, 2005.

SHORROCKS, V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. **Boron in soils and plants: Reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 121-148.

SOUZA, L.C.D.; SÁ, M.E.; CARVALHO, M.A.C.; SIMIDU, H.M. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. **Revista de biologia e ciências da terra**. V.8, n.2, 2008

SOUZA, L.L.; **A logística da soja na fronteira agrícola norte e nordeste**. Piracicaba, 2012. Disponível em: <<http://log.esalq.usp.br/home/uploadfiles/arquivo3939.PDF>>. Acesso em: 30/01/2013.

STAUT, L.A. **Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja**. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=413>>07/12/2007. Acesso em: 23 Agosto 2012

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Trad: SANTARÉM, E. R. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Agricultural Research Service, **Nutrient Database for Standard Reference**. Nutrient Data Laboratory. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl> Acesso em 01 de Setembro 2012.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M. de; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 02, p. 1-11, 2008.

8. ANEXOS

Foto 1. Área experimental com sistema de irrigação



SANTOS, E.A. (2012)

Foto 2. Plântulas recém-emergidas, representando o estágio VE



SANTOS, E.A. (2012)

Foto 3. Aplicação do fertilizante foliar (Ca e B) com o uso do pulverizador costal



SANTOS, E.A. (2012)

Foto 4. Plantas em estádios vegetativos avançados.



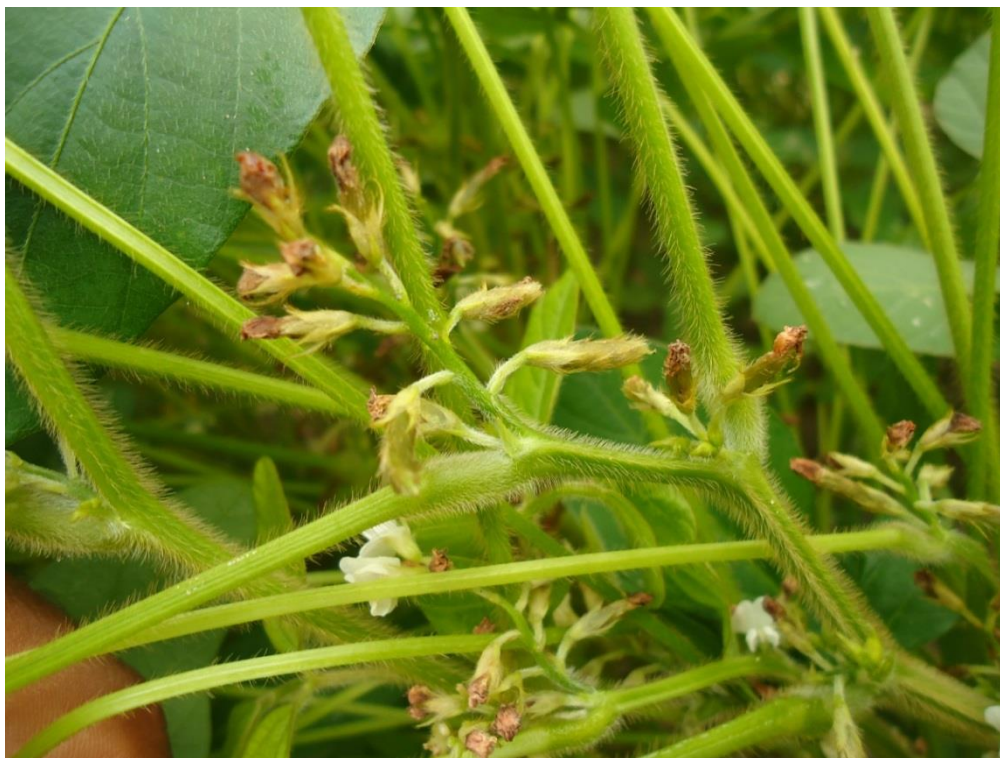
SANTOS, E.A. (2012)

Foto 5. Detalhe da planta da soja em florescimento pleno R2



SANTOS, E.A. (2012)

Foto 6. Detalhe da planta da soja em estágio R3



SANTOS, E.A. (2012)