LEANDRO PAIOLA ALBRECHT

BIORREGULADOR NO DESEMPENHO AGRONÔMICO, ECONÔMICO E NA QUALIDADE DE SEMENTE DE SOJA

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
AGOSTO – 2009

LEANDRO PAIOLA ALBRECHT

BIORREGULADOR NO DESEMPENHO AGRONÔMICO, ECONÔMICO E NA QUALIDADE DE SEMENTE DE SOJA

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

MARINGÁ

PARANÁ – BRASIL

AGOSTO – 2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Albrecht, Leandro Paiola
A341 Biorregulador no desempenho agronômico, econômico e na qualidade de semente de soja / Leandro Paiola Albrecht. -- Maringá: [s.n.], 2009.
100 f. : il.

Orientador : Prof° Dr° Alessandro de Lucca e Braccini.
Co-orientador : Prof° Dr° Carlos Alberto Scapim.
Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual de Maringá.

1. *Glycine max* 2. Regulador vegetal. 3. Rendimento. 4. Germinação. I. TÍTULO

CDD 21. ed. 633.3421

LEANDRO PAIOLA ALBRECHT

BIORREGULADOR NO DESEMPENHO AGRONÔMICO, ECONÔMICO E NA QUALIDADE DE SEMENTE DE SOJA

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 28 de agosto de 2009.

Prof. Dr. **João Domingos Rodrigues**

Prof. Dr. **Carlos Alberto Scapim**

Prof. Dr. **Carlos Moacir Bonato**

Drª. **Stella Consorte Cato**

Prof. Dr. **Alessandro de Lucca e Braccini**
(Orientador)

Dedico

Ao Meu Amado Senhor **Jesus Cristo.**

Aos meus pais e,

aos meus avós

Helmeth Gottlieb Wilhelm Albrecht,

Giuseppe Paiola *“in memoriam”*

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelas bênçãos, oportunidades, inspiração, paz, satisfação, amor e sentido que concede à minha vida.

Aos meus pais, Alfredo e Geni, pelo amor, apoio e compreensão.

Ao meu irmão, Alfredo Júnior, meu fiel amigo.

A minha amada irmã, Beatriz.

A minha grande paixão, Gleicielle Tozzi Würzler.

Aos amigos e “Irmãos na fé”, pela ajuda, estímulo e companheirismo.

Ao meu “pai acadêmico”, Prof. Dr. Alessandro de Lucca e Braccini, por tudo que contribuiu, pelo que fez e faz.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim, pelo amparo.

A todos os Professores, pelo seu saber compartilhado comigo.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e servidores da UEM.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

BIOGRAFIA

LEANDRO PAIOLA ALBRECHT, filho de agricultores, nasceu em Maringá, Paraná. Residiu, trabalhou e trabalha no meio rural. Morou, entre outros lugares, em Marialva, conhecida como capital da Uva Fina do Estado do Paraná; atualmente está em Umuarama, onde trabalha como Professor de Fitotecnia, do curso de Agronomia, na Universidade Estadual de Maringá.

Cursou o Ensino Fundamental e Médio em escolas estaduais, concluíndo Ensino Médio noturno, no ano de 1998. Ingressou no Ensino Superior no ano de 1999, com 17 anos de idade.

Graduando-se em Agronomia no ano letivo de 2003, concluiu o curso com a terceira maior média global. Foi Monitor da disciplina de Bioquímica e especialmente de Fisiologia Vegetal. Estagiou em diversos locais dentro e fora da Universidade. Participou de inúmeros cursos, projetos e eventos. Foi bolsista do Pibic/CNPq-UEM.

Como Engenheiro Agrônomo, percorreu regiões produtoras do Centro-oeste, Nordeste e do próprio Paraná. Fez cursos de aperfeiçoamento e prestou serviços técnicos/comerciais para a FMC *Agricultural Products*, até fevereiro de 2005.

É Mestre em Agronomia, desde de julho de 2006. Iniciou o Doutorado em março de 2007.

Como doutorando, foi bolsista do CNPq, classificado em primeiro lugar na seleção de bolsas. Publicou trabalhos em conjunto com a equipe de pesquisa coordenada pelos Professores Doutores Alessandro de Lucca e Braccini e Carlos Alberto Scapim.

Já atuou por mais de 24 meses como docente, ministrando, entre outras disciplinas, as Grandes Culturas. Possue afinidade, na área Científica, por assuntos como Filosofia da Ciência, Fisiologia Vegetal, Ecofisiologia, Experimentação, Biologia e Manejo de Plantas Daninhas e Cultura da Soja.

Almeja continuar desempenhando atividades acadêmicas, na área de docência e pesquisa científica; ser um formador de opinião e de seres ‘pensantes’, além de exercer seu papel como cidadão e Cristão que é.

"A sabedoria é suprema; portanto, adquire a sabedoria. Sim, com tudo o que possuis, adquire o entendimento".

Livro de Provérbios, Velho Testamento, cap. 4, ver. 7, Bíblia Sagrada. Tradução de João Ferreira de Almeida, Edição Contemporânea, Sociedade Bíblica do Brasil.

"Há luz suficiente para aqueles que desejam ver, e trevas suficientes para aqueles de disposição contrária"

Pascal, Blaise; Pensamentos – Pensées – 1670; Francês; Matemático, Físico, Filósofo e Cristão Convertido.

"... É obra da verdadeira educação desenvolver a faculdade de pensar e agir, adestrar os jovens para que sejam pensantes, e não meros refletores do pensamento de outrem. Toda pessoa tem de enfrentar as realidades práticas da vida – suas oportunidades, suas responsabilidades, suas derrotas e seus triunfos ..."

White, Ellen G.; Mente, Caráter e Personalidade – Espírito de Profecia – Vol.1; Americana; Escritora Cristã – Adventista.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS viii
LISTA DE FIGURAS x
RESUMO xiii
ABSTRACT xiv
1 INTRODUÇÃO 1
2 REVISÃO DE LITERATURA 2
2.1 Importância da soja 2
2.2 Ecofisiologia da soja 4
2.3 Fitormônios na produção vegetal 8
2.3.1 desenvolvimento vegetal 8
2.3.2 Hormônios vegetais 10
2.3.2.1 Auxinas 10
2.3.2.2 Giberelinas 11
2.3.2.3 Citocininas 12
2.3.2.4 Etileno 13
2.3.2.5 Inibidores de crescimento 14
2.4 Biorreguladores na cultura da soja 15
2.5 Qualidade de sementes e uso de biorreguladores 22
3 MATERIAL E MÉTODOS 26
3.1 Condução do experimento 26
3.2 Avaliação do desempenho agronômico 31
3.3 Avaliação das sementes 32
3.4 Delineamento experimental e análise estatística 34
3.5 Avaliação econômica e finaceira 35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
4.1 Desempenho agronômico 36
4.1.1 Safra 2007/2008 36
4.1.2 Safra 2008/2009 41
4.2 Qualidade das sementes 49

4.2.1 Safra 2007/2008 49
4.2.2 Safra 2008/2009 56
4.3 Teores de óleo e proteínas 62
4.3.1 Safra 2007/2008 62
4.3.2 Safra 2008/2009 69
4.4 Análise econômico/financeira..... 71
4.4.1 Safra 2007/2008 71
4.4.2 Safra 2008/2009 74
5 CONCLUSÕES 77
REFERÊNCIAS 78
APÊNDICE 97
APÊNDICE A 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Caracterização química e fertilidade do solo da área experimental, a partir de coletas na profundidade de 0-20 cm, antes da semeadura (FEI – UEM, Maringá, 2007) 29

Tabela 2 Esquema dos tratamentos com o biorregulador Stimulate® constituídos de duas formas de aplicação e cinco doses do produto, via foliar, com as respectivas épocas de aplicação ... 30

Tabela 3 Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de aplicação foliar e doses de aplicação foliar de biorregulador, no ano agrícola de 2007/2008 36

Tabela 4 Desempenho agronômico da soja sob efeito do uso de biorregulador via tratamento de sementes (TS) e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2007/2008 37

Tabela 5 Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de aplicação foliar e doses de aplicação foliar de biorregulador, no ano agrícola de 2008/2009 42

Tabela 6 Desempenho agronômico da soja sob efeito do uso de biorregulador via tratamento de sementes (TS) e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2008/2009 43

Tabela 7 Produtividade da soja (kg ha^{-1}), na ausência e presença de tratamento de sementes, em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2008/2009 43

Tabela 8 Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas via foliar, no ano agrícola de 2007/2008 50

Tabela 9 Plântulas normais obtidas na primeira contagem (vigor) e na contagem final do teste de germinação das sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2007/2008 50

Tabela 10 Condutividade elétrica e sanidade das sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2007/2008 51

Tabela 11 Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas via foliar, no ano agrícola de 2008/2009 56

Tabela 12 Qualidade das sementes de soja sob o efeito do uso de biorregulador em tratamento de sementes e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2008/2009 57

Tabela 13 Plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação das sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2008/2009 58

Tabela 14 Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola de 2007/2008 63

Tabela 15 Teores de óleo e proteínas obtidos nas sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2007/2008 63

Tabela 16 Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola de 2008/2009 67

Tabela 17 Teores de óleo e proteínas obtidos nas sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2008/2009 67

Tabela 18 Indicadores de resultados na análise da viabilidade econômico/financeira dos tratamentos com efeito estatístico significativo sobre a produtividade, na safra 2007/2008 72

Tabela 19 Indicadores de resultados na análise da viabilidade econômico/financeira dos tratamentos com efeito estatístico significativo sobre a produtividade, na safra 2008/2009 74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Dados climáticos diários de temperaturas máxima e mínima, precipitação pluvial, no ano agrícola 2007/2008 e 2008/2009, na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) 27

Figura 2 Balanço hídrico em dados quinzenais, ano agrícola 2007/2008 (A) e 2008/2009 (B), na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) 28

Figura 3 Regressão polinomial do número de vagens por planta em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2007/2008 39

Figura 4 Regressão polinomial da produtividade em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2007/2008 39

Figura 5 Regressão polinomial do número de vagens por planta em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2008/2009 44

Figura 6 Regressão polinomial da produtividade de sementes (kg ha^{-1}) em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009 45

Figura 7 Regressão polinomial da porcentagem das plântulas normais obtida no teste de germinação das sementes (contagem final), em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008 52

Figura 8 Regressão polinomial da percentagem das plântulas normais obtida na primeira contagem (vigor) do teste de germinação das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008 53

Figura 9 Regressão polinomial da condutividade elétrica das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e com tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008 53

Figura 10 Regressão polinomial da porcentagem total de fungos obtida no teste de sanidade das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008 54

Figura 11 Regressão polinomial da sanidade das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na ausência e presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009 58

Figura 12 Regressão polinomial da porcentagem das plântulas normais obtidas na primeira contagem (vigor) do teste de germinação das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009 59

Figura 13 Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008 64

Figura 14 Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008 65

Figura 15 Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008 65

Figura 16 Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009 68

Figura 17 Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009 68

Figura 18 Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009 69

Figura 1A Desenvolvimento vegetativo da cultura da soja na área experimental na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), na safra 2007/2008 98

Figura 2A Colheita e avaliações de campo na área experimental da FEI-UEM, na safra 2007/2008 98

Figura 3A Início do desenvolvimento da cultura na área experimental da FEI-UEM, na safra 2008/2009 99

Figura 4A Estádio reprodutivo da cultura da soja na área experimental na FEI-UEM, na safra 2008/2009 99

Figura 5A Ambiente e avaliações de laboratório conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri) – UEM 100

RESUMO

ALBRECHT, Leandro Paiola, D.S., Universidade Estadual de Maringá, agosto de 2009. **Biorregulador no desempenho agronômico, econômico e na qualidade de semente de soja**. Orientador: Prof. Dr. Alessandro de Lucca e Braccini. Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características agronômicas das plantas, os componentes de produção, a qualidade fisiológica, sanitária e composição química das sementes, bem como a viabilidade econômica, em resposta à aplicação do biorregulador Stimulate® na cultura da soja. Para tanto, sementes de soja da cultivar BRS 246 RR foram semeadas no mês de outubro dos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, no delineamento experimental em blocos completos com os tratamentos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos, arranjados em esquema fatorial, foram compostos pela combinação do tratamento de sementes com o biorregulador (sem e com 0,500 L 100 kg^{-1} de sementes) e cinco doses do produto (0; 0,125; 0,250; 0,375 e 0,500 L ha^{-1}) aplicadas via foliar, em dois estádios de desenvolvimento da cultura (V_5 ou R_3). O biorregulador é composto por três reguladores vegetais nas seguintes concentrações: 0,005% do ácido indolbutírico; 0,009% de cinetina e 0,005% de ácido giberélico. O uso do biorregulador Stimulate® na cultura da soja influencia nas características agronômicas e elevar a produtividade; o biorregulador utilizado altera a qualidade das sementes, sobretudo quando as aplicações foliares ocorrem no estádio V_5; os teores de óleo e proteínas são alterados pela ação do biorregulador, com tendência de favorecimento do conteúdo proteico em detrimento ao óleo; do ponto de vista econômico, doses foliares lucrativas estiveram iguais ou superiores à dose de registro; o tratamento de sementes pode ser opção de retorno econômico satisfatório e, ao optar entre aplicações foliares no V_5 e R_3, o recomendado seria o estádio V_5.

Palavras-chave: *Glycine max*, regulador vegetal, rendimento, germinação.

ABSTRACT

ALBRECHT, Leandro Paiola, D.S., Universidade Estadual de Maringá, 2009, august. **Bioregulator performance in economic, agronomic and soybean seeds quality**. Adviser: Prof. Dr. Alessandro de Lucca and Braccini. Co-adviser: Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim.

The objective of this study was to evaluate the plants agronomic characteristics, yield components, seed physiological and health quality, and seed chemical composition, and also the economic viability in response to the Stimulate® bioregulator application in soybean crop. Thus, seeds of soybean cultivar BRS 246 RR was sown in October of the agricultural years of 2007/2008 and 2008/2009, using the experimental design in randomized blocks with four replications. The treatments, arranged in factorial design, were composed by combining the bioregulator seed treatment (without and with 0.500 L 100 kg^{-1} seed) and five doses of the product (0, 0.125, 0.250, 0.375 and 0.500 L ha^{-1}) in foliar pulverization in two stages of development of soybean crop (V_5 or R_3). The product consists of three plant growth regulators in the following concentrations: 0.005% of IBA, 0.009% of kinetin and 0.005% of gibberellic acid. The use of growth regulator Stimulate® in soybean agronomic traits influences and increases productivity, the used growth regulator influences the seeds quality, especially when the applications were done at V_5; the concentrations of oil and protein are altered by the action of growth regulator with a tendency to favor the protein content rather than oil; from the economic point of view, single leaf profitable were equal or exceed the record dose; the seed treatment may be an option of a safety economic return and, when choosing between the foliar V_5 and R_3, the recommended is the V_5.

Key words: *Glycine max*, plant growth regulator, yield, seed germination.

1. INTRODUÇÃO

A soja, uma espécie de vasta aplicabilidade, tem sido cultivada por extensas áreas em todo o globo terrestre; é, atualmente, uma das principais atividades agrícolas, apresentando-se extremamente relevante no agronegócio mundial, em decorrência de maciços investimentos e, por consequência, de avanços tecnológicos dirigidos.

A soja está entre as principais espécies cultivadas, juntamente com o milho, arroz e o trigo. Essa leguminosa é fonte proteica para a alimentação humana e animal, além de ser uma das principais oleaginosas, mostrando-se uma “commodity” bastante expressiva para o mercado. O Brasil, atualmente, é o segundo maior produtor mundial, seguido dos Estados Unidos, com grande potencial para ultrapassar, pelas áreas ainda passíveis de exploração e o desenvolvimento de pesquisas dirigidas ao aumento da produtividade.

Com o intuito de alcançar maiores retornos econômicos, incremento na produtividade da cultura, a fim de melhorar a qualidade e composição química das sementes em níveis satisfatórios, faz-se necessária a continuidade no processo de geração de informações, provenientes da pesquisa dirigida, que avalie práticas inovadoras de manejo, como o uso de biorreguladores. Reguladores vegetais ou biorreguladores são substâncias ou associações, podendo elas ser análogos químicos de hormônios vegetais. Os reguladores vegetais possuem ampla aplicabilidade fitotécnica em inúmeras culturas, porém, perduram posicionamentos técnico-científicos a ser consolidados diante do seu emprego em espécies como a soja, que já atingiram elevado nível tecnológico.

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação do biorregulador Stimulate® nas características agronômicas das plantas, nos componentes de produção, na qualidade e composição química das sementes e na viabilidade econômica na cultura da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma leguminosa cultivada pelos chineses há cerca de cinco mil anos e que foi introduzida no Brasil no final do século XIX, tendo apresentado maior expressão a partir do final da década de 40, do século XX (MARCOS FILHO et al., 1982). Atualmente, a soja é cultivada em praticamente todas as regiões do território brasileiro, em virtude do grande avanço nos trabalhos de pesquisa, representando cerca de 25% da produção mundial, o que coloca o Brasil como segundo maior produtor dessa leguminosa, com área de cultivo superior a 21 milhões de hectares (EMBRAPA, 2004; 2008; CONAB, 2008a e b).

A soja tem grande importância no sistema de produção brasileiro e mundial. No Brasil, essa cultura ocupa posição de destaque e se apresenta como a mais importante cultura em produção de grãos e em exportação, com produção superior a 57 milhões de toneladas na safra 2006/2007 (CONAB, 2007), e com perspectiva de produção entre 58 e 60 milhões de toneladas para a safra 2008/2009 (CONAB, 2008a e b). Em 2005, a participação do agronegócio da soja no PIB brasileiro esteve próximo dos 15%, representando 40,44% das exportações referente ao complexo agroindustrial. Entre 2000 e 2005, o superávit comercial cresceu de US$ 14 bilhões para US$ 45 bilhões fundamentalmente sustentados pelas exportações do agronegócio da cultura. Também, no período entre 2000 e 2005, as exportações do complexo soja cresceram 80% (MORAES, 2006). A expectativa é que o Brasil, para a safra 2008/2009, ultrapasse os Estados Unidos, assumindo a posição de maior fornecedor mundial desse grão, com exportações em torno de 27,5 milhões de toneladas (CONAB, 2008b).

A soja é considerada, mundialmente, a principal fonte de produção de óleos e proteínas vegetais para alimentação humana e animal (MANARA, 1988; CONAB, 2008b). A soja constitui, atualmente, um dos produtos de maior importância na economia brasileira, ocupando lugar de destaque na oferta de

óleo para consumo interno, na alimentação animal como principal fonte proteica, bem como, na pauta de exportação do país (SEDIYAMA et al., 1993; LOPES et al., 2002; CONAB, 2008b).

Atualmente, a importância da soja também vem sendo enfatizada como alternativa na prevenção de doenças e na alimentação humana, podendo ser transformada em diversos alimentos proteicos, tais como a farinha, o leite, a proteína texturizada e o creme, bem como para uso industrial na fabricação de derivados não-tradicionais, como biodiesel, tintas, vernizes, entre outros. Isso configura aumento na demanda do produto, além de ser alvo de exportações para outros países (EMBRAPA, 2004).

Em termos agrotecnológicos, aliado ao conhecimento das exigências nutricionais e hídricas e o uso de cultivares com elevadas produtividades, tolerantes e/ou resistentes a pragas e doenças e adaptadas às mais diversas condições edafoclimáticas, faz-se necessária a busca por tecnologias inovadoras que auxiliem na expressão do rendimento da cultura. Nesse contexto, entra o papel dos reguladores vegetais, os quais têm apresentado resultados válidos em algumas culturas, tais como arroz (VIEIRA, 2001), amendoim (CATO, 2006), sorgo (CATO, 2006), trigo (CATO, 2006); feijão (ALLEONI et al., 2000; VIEIRA, 2001), milho (MILLÉO et al., 2000; DOURADO NETO et al., 2006; FERREIRA, 2006; FERREIRA et al., 2007; VASCONCELOS, 2006), algodão (SANTOS; VIEIRA, 2005; VIEIRA; SANTOS, 2005; ALBRECHT et al., 2009), citros (CASTRO et al., 1998; SANCHES, 2000) diversas hortaliças (STOLLER DO BRASIL, 1998), frutíferas (CASTRO, 1998; CASTRO, 2006), ornamentais (CASTRO, 1998; CASTRO, 2006), florestais (PRADO NETO, 2007) e, na cultura da soja (CASTRO, 1981; VIEIRA; CASTRO, 2001; VIEIRA, 2001; RODRIGUES et al., 2002; CASTRO et al., 2003a e b; VIEIRA; CASTRO, 2004; BRACCINI et al., 2005; DARIO et al., 2005; BRACCINI et al., 2006a e b; KLAHOLD et al., 2006; VASCONCELOS, 2006; ÁVILA et al., 2008; CAMPOS et al., 2008; CAMPOS et al., 2008 CASTRO et al., 2008; MOTERLE et al., 2008).

A cultura da soja tem apresentado intensa atividade de pesquisa dirigida à obtenção de informações que possibilitem aumentos na produtividade e redução nos custos de produção (EMBRAPA, 2004). Isso tem exigido a

constante reformulação, adaptação de tecnologias e introdução de novas tecnologias, como o uso e manejo de biorreguladores.

2.2 Ecofisiologia da soja

Em qualquer lugar que as plantas cresçam, elas estarão sujeitas às condições de múltiplos estresses, os quais limitarão seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência (LARCHER, 2000). A soja, sendo uma cultura termo e fotossensível, está sujeita a uma gama de alterações fisiológicas e morfológicas, quando as suas exigências não são satisfeitas (EMBRAPA, 2002).

Para a cultura da soja, as maiores exigências de água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação dos grãos. Durante a primeira fase, na emergência, tanto o excesso, quanto a falta de água, são prejudiciais à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas. Deficiências hídricas expressivas durante a floração e no enchimento de grãos provocam alterações fisiológicas nas plantas, que podem paralisar o crescimento, bem como retardar o desenvolvimento reprodutivo das plantas. Entende-se como a fase mais crítica, com relação ao estresse hídrico, o enchimento de grãos (SEDIYAMA et al., 1993; BERGAMIN et al.,1999; EMBRAPA, 2000; 2002; 2003; 2005a e b; SANTOS, 2008).

As temperaturas ideais para o desenvolvimento da soja oscilam entre 20 e 30ºC, pois é a faixa térmica que favorece o desenvolvimento da cultura. Valores abaixo desta faixa de temperatura tendem a prejudicar a germinação e a emergência das plântulas. A temperatura mínima para o início do estádio reprodutivo da soja é variável de acordo com a exigência de cada variedade; porém, para as cultivares brasileiras estima-se a temperatura mínima em 13ºC, pois o florescimento da soja somente é induzido em temperaturas acima desse valor. A maturação pode, também, ser acelerada pela ocorrência de altas temperaturas (SEDIYAMA et al., 1993; BERGAMIN et al.,1999; EMBRAPA, 2000; 2002; 2003; 2005a e b; SANTOS, 2008).

No caso da soja, a aclimatação de diferentes cultivares a determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, de sua exigência fotoperiódica. A sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre

cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, abaixo do qual o processo de florescimento é estimulado. O efeito típico do fotoperíodo na soja é a redução do período compreendido entre a emergência das plântulas e o início do florescimento e, consequentemente, do ciclo da cultura. Entretanto, cultivares, que apresentam a característica de período juvenil longo, possuem maior adaptabilidade, a fim de possibilitar sua utilização em faixas mais amplas de latitudes (locais) e de épocas de semeadura. É importante mencionar, ainda, que o aumento da temperatura e a falta de umidade resultam na antecipação do florescimento da soja (GREEN et al., 1965; SEDIYAMA et al., 1972; SEDIYAMA et al., 1993; BERGAMIN et al., 1999; EMBRAPA, 2000; 2002; 2003; 2005a e b; SANTOS, 2008).

Portanto, o efeito típico do fotoperíodo na soja é a redução do período compreendido entre a emergência das plântulas e o início do florescimento e, consequentemente, do ciclo da cultura, quando uma cultivar é levada para regiões com menor latitude ou quando a sua semeadura é retardada. Isto resulta, também, no surgimento de plantas mais baixas, com menor altura de inserção de primeira vagem, redução na área foliar e menor produtividade (GREEN et al., 1965; SEDIYAMA et al., 1972).

Portanto, ecofisiologicamente, a cultura da soja é exigente em diversos fatores, como o fotoperiódico, o térmico e o hídrico (EMBRAPA, 2000; 2001; 2002; 2003; 2005a e b; 2006; SANTOS, 2008). Nesse contexto, em condições naturais e agricultáveis, as plantas estão frequentemente expostas ao estresse ambiental (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os estresses ambientais são fatores externos que comumente levam a respostas, os “strain” dos quais decorrem baixas produtividades na cultura da soja, além de afetar a qualidade das sementes e os teores de óleo e proteínas (ALBRECHT, 2006).

Considerando que a cultura da soja é influenciada por diversos fatores ao longo de seu ciclo, é relevante destacar que o manejo da cultura pode influenciar o desenvolvimento das plantas e a produção da lavoura e, também, a qualidade e a composição química das sementes. Menciona-se, como exemplos de manejo, a época de semeadura, a seleção de cultivares, a escolha da população a ser implantada, a adubação e as práticas fitossanitárias. Dentre as práticas de manejo, sugestiona-se a inserção do uso de reguladores vegetais, como uma tática que possibilite minimizar alguns dos

efeitos deletérios provocados pelos fatores bióticos e abióticos na produtividade, qualidade e composição química das sementes, tal afirmativa condiz com o posicionamento da Embrapa (2008), que inclui o uso de biorreguladores dentre as práticas recomendados para a cultura.

A disponibilidade de água é um dos mais importantes fatores ambientais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O déficit hídrico causado pela seca ou salinidade nos solos é um dos problemas ambientais mais sérios que limita a produção agrícola em várias regiões do mundo. As plantas respondem ao estresse hídrico dependendo do estádio em que se encontram, bem como da sua severidade e duração. A aclimatação ao estresse ambiental resulta de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular. O murchamento de folhas em resposta ao déficit hídrico reduz a perda de água pela folha e, também, a exposição à luz incidente, diminuindo, assim, o estresse pelo calor sobre as folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Em nível celular, as membranas e proteínas podem ser danificadas pela redução na hidratação e pelo aumento de espécies reativas de oxigênio (ARTLIP; WISNIEWSKI, 2002). As espécies reativas de oxigênio são tóxicas e podem resultar em uma série de danos ao metabolismo da planta, tais como deterioração dos componentes fotossintéticos, inativação de proteínas e enzimas e destruição da estrutura e da permeabilidade da membrana celular, pela peroxidação dos lipídios (PRICE; HENDRY, 1989; ZHANG; ERVIN, 2004).

As células das plantas são protegidas contra os efeitos danosos das espécies reativas de oxigênio (ROS) por um complexo sistema antioxidante composto por antioxidantes enzimáticos, tais como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) (NOCTOR; FOYER, 1998). A relação íntima entre a atividade antioxidante e a tolerância ao estresse tem sido identificada em muitas culturas, tais como milho (*Zea mays* L.) (MALAN et al., 1990), tabaco (*Nicotiana tabacum*) (PERL et al., 1993) e gramíneas (ZHANG et al., 2005; ZHANG; ERVIN, 2004; ZHANG; SCHMIDT, 2000).

Os níveis das atividades das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) têm sido determinados e, de maneira geral, aumentam com o uso de biorreguladores

(ZHANG; ERVIN, 2004; HAMZA; SUGGARS, 2001; KARNOK, 2000; ZHANG; SCHMIDT, 1999). Outra variável que tem sido melhorado na planta com a aplicação de biorreguladores e bioestimulantes é a eficiência fotossintética (RICHARDSON et al., 2004).

Segundo alguns autores (CASTRO, 1980; HICKS, 1983; STUTTE; DAVIS, 1984; BERGAMIN et al., 1999; SANTOS, 2008), a fisiologia e, consequentemente, a produção da soja é afetada pela aplicação de reguladores vegetais, seja sob condição de estresse ou não. Reguladores são usados em diversas culturas, e com propósitos distintos, como é no caso do algodão, aplicado como retardadores de crescimento; no entanto, em todos os destinos, o que se deseja é a melhoria de aspectos quantitativos e qualitativos do que é produzido, por meio do uso de biorreguladores.

Casillas et aI. (1986) e Zhang e Schmidt (2000) afirmam que biorreguladores são eficientes quando aplicados em pequenas concentrações, favorecendo o bom desempenho dos processos vitais da planta e permitindo, assim, a obtenção de maiores colheitas e produtos de melhor qualidade. Russo e Berlyn (1990) sugerem que essas substâncias podem promover aumentos na produtividade e na resistência das plantas ao estresse ambiental.

Os biorreguladores que possuem caráter bioestimulante ou promotor são componentes que produzem respostas no crescimento das plantas por meio da melhoria na tolerância aos estresses abióticos (LONG, 2006), como, por exemplo, o déficit hídrico. Segundo Vasconcelos (2006), vários trabalhos têm apresentado resultados na melhoria da resistência das plantas ao estresse hídrico, quando estas são submetidas à aplicação de bioestimulantes.

No caso da soja, quando se trabalha com reguladores vegetais, a capacidade que tem em favorecer o desenvolvimento ou evitar as limitações na produção é plausível, no entanto, podem não ocorrer aumentos significativos na produtividade, uma vez que outros fatores (umidade, temperatura e radiação, por exemplo) podem ser severos limitantes (CASTRO, 1980). Porém, várias pesquisas já atestam a funcionabilidade de biorreguladores como o Stimulate® e outros produtos caracterizados como reguladores vegetais, em culturas como o milho, alcançados por Milléo et al. (2000), Dourado Neto et al. (2006) e Ferreira et al. (2007), para o feijão (ALLEONI et al., 2000), algodão (SANTOS; VIEIRA, 2005; VIEIRA; SANTOS, 2005; ALBRECHT et al., 2009) e

essências florestais (PRADO NETO et al., 2007), assim como na sojicultura (KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008; CAMPOS et al., 2008; MOTERLE et al., 2008).

2.3 Fitormônios na produção vegetal

2.3.1 Desenvolvimento vegetal

Uma espécie vegetal de interesse econômico, como uma planta de ciclo anual de desenvolvimento, apresenta diferentes fases. No início, como depende de reservas contidas na semente, o crescimento é lento; posteriormente, após a formação do sistema radicular e a abertura das folhas, a planta tem rápido crescimento por meio da absorção de água e de nutrientes e da síntese de compostos orgânicos, promovida pela atividade fotossintética. Após atingir o tamanho definitivo e reproduzir-se, entra em fase de senescência, que resulta em um decréscimo no acúmulo de matéria seca (FLOSS, 2006).

Portanto, durante o seu desenvolvimento, o vegetal ocupa, nas diferentes estádios, períodos de crescimento e, consequentemente, é de fundamental importância o conhecimento dos principais processos fisiológicos e fatores externos e internos da própria planta que podem afetar cada uma das fases até o final do seu ciclo (LEOPOLD; KRIEDEMANN, 1978).

Alguns autores conceituam de forma diferencial termos como crescimento e desenvolvimento, enquanto outros incorporam o conceito de crescimento em termo mais amplo que seria o desenvolvimento. O crescimento é um fenômeno geral dos seres vivos, sendo entendido como aumento quantitativo; ou seja, aumento do protoplasma vivo. O crescimento de plantas, órgãos vegetais e colônias de microrganismos pode ser visualizado na clássica curva sigmoide.

Desenvolvimento é o fenômeno em conjunto ao crescimento, podendo ser entendido como aumento qualitativo; ou seja, incremento de caracteres, que consiste na aquisição de capacidade funcional (CASTRO, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2004; FLOSS, 2006).

Nos meristemas está ocorrendo a divisão celular, distensão ou alongamento celular e crescimento e diferenciação celular. Estes eventos são

regulados por fatores intra e intercelulares (genéticos e hormônios vegetais, respectivamente) e extracelulares (temperatura, luz, suprimento mineral e hídrico, entre outros). O pleno desenvolvimento das plantas cultivadas é condicionado à interação de fatores intrínsecos (planta) e extrínsecos (ambiente e manejo), resultando no fenótipo. O ambiente é constituído por um conjunto de condições externas que atuam no desenvolvimento das plantas, desde a germinação até a senescência. Observa-se que a planta, diferentemente de outros seres vivos, explora dois ambientes: a atmosfera (parte aérea) e o solo (raízes) (FLOSS, 2006).

O desenvolvimento das plantas é regulado tanto por fatores endógenos como por fatores externos. Os fatores endógenos são ativos não somente em nível celular e molecular, afetando os processos metabólicos via transcrição e tradução, mas têm também a função de coordenação do organismo como um todo, realizada por meio dos hormônios vegetais. Importâncias ecológicas dos hormônios vegetais estão associadas à sua função transdutora, seguindo a percepção dos estímulos ambientais, e respostas das plantas, por meio da síntese ou mudança de concentração de um ou mais fitormônios (LARCHER, 2000).

Como hormônio vegetal, que está envolvido em determinada ação, depende do estádio de desenvolvimento e da atividade da planta, da natureza do estímulo externo, da parte da planta que está recebendo o estímulo e do tempo deste impacto. A reação resultante, seja ela sinergista ou antagonista, pode variar muito, dependendo do órgão em questão e da predisposição da planta. Junto com fatores externos, os fitormônios iniciam o processo do crescimento e de diferenciação, bem como sincronizam o desenvolvimento da planta com as mudanças sazonais do ambiente. Outras funções dos hormônios vegetais são a regulação da intensidade e orientação do crescimento, da atividade metabólica, do transporte, do estoque e da mobilização de materiais nutritivos (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009). O metabolismo, crescimento e morfogênese de plantas superiores dependem de sinais de uma parte à outra da planta por mensageiros químicos e por hormônios endógenos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Fatores externos como a duração, a intensidade e a distribuição espectral da radiação, temperatura, gravidade, forças impostas pelo vento, disponibilidade de água e a grande variedade de influências químicas que interferem no o desenvolvimento das plantas de diferentes formas: pela

indução por meio da iniciação ou encerramento do processo de desenvolvimento e, dessa forma, influenciando a regulação temporal; de maneira quantitativa, afetando a velocidade e a extensão do crescimento; de maneira formativa, influenciam a morfogênese e o tropismo. Os diferentes modos de ação sobrepõem-se e o resultante final envolve o inter-relacionamento de muitos processos (LARCHER, 2000).

A resposta do vegetal, a um determinado hormônio, seja de promoção, inibição ou alteração metabólica, deve se atrelar aos seguintes quesitos: estar na quantidade suficiente nas células adequadas; ser reconhecido e capturado, em geral, por receptores específicos localizados na membrana plasmática de células vegetais; e ter seus efeitos amplificados por mensageiros secundários (SALISBURY; ROSS, 1994; CATO, 2006).

Pode-se considerar a intenção de regular exogenamente o desenvolvimento vegetal, interferindo na biossíntese, no transporte ou no metabolismo dos hormônios naturais ou, mais frequentemente, suplementando os hormônios. Desta forma, suplementando ou reduzindo o conteúdo endógeno de hormônios, é possível modificar a velocidade de um processo e, ainda, provocá-lo ou suprimi-lo, o que objetiva proporcionar benefícios econômicos. Alguns desses efeitos podem ser conseguidos com a manipulação física da planta, como na poda, mas com maior frequência esses objetivos são alcançados mediante a aplicação de substâncias químicas produzidas industrialmente (SANCHES, 2000).

Até recentemente, apenas seis tipos de hormônios eram considerados: auxinas, giberelinas, citocininas, inibidores e etilieno. Contudo, atualmente, outras moléculas com efeito similares têm sido descobertas, tais como brassinosteroides, ácido jasmônico (jasmonatos), ácido salicílico e poliaminas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

2.3.2 Hormônios vegetais

2.3.2.1 Auxinas

A auxina foi o primeiro hormônio em plantas descoberto, considerado um agente químico sinalizador que regula o desenvolvimento vegetal. A mais comum de ocorrência natural é o ácido indol-3-acético (AIA); seu precursor é o

aminoácido triptofano. Uma das principais funções é a regulação do crescimento por alongamento celular (de caules e coleóptilos). Baixos níveis de auxina são necessários para o alongamento da raiz, ao passo que, em altas concentrações, inibe o crescimento desse órgão. O transporte das auxinas em órgãos aéreos é polar, e se faz do ápice para a base (basípeta) (BARATA et al., 2002; TAIZ; ZEIGER, 2004; FLOSS, 2006).

Após a descoberta do AIA, foram descobertas outras substâncias indólicas, tais como o ácido indolil-3-propiônico (AIP) e o ácido indolil-3-butírico (AIB), observando que este último tem a capacidade de promover a formação de primórdios radiculares, útil no enraizamento de estacas para propagação vegetativa. Existem substâncias de ação auxínica, tais como o 2,4-D e o 2,4,5-T, que possuem ação herbicida em determinada concentração (OLIVEIRA JR, 2001; CASTRO, 2006; FLOSS, 2006).

Os principais efeitos fisiológicos das auxinas são: crescimento celular (aumenta o tamanho das células pela extensão da parede celular); crescimento do caule (vários hormônios agem sobre a distensão celular, destacando-se as auxinas, que são encontradas em altos níveis nas regiões do caule); crescimento foliar (folhas bem jovens funcionam como centros ativos de síntese de auxinas); crescimento da raiz (o AIA estimula o crescimento radicular em baixíssimas concentrações, na ordem de 10^{-8} g L^{-1}, sendo o AIA presente nas raízes de origem da parte aérea da planta); produção de raízes adventícias (a ação hormonal se faz estimulando a formação de novas regiões meristemáticos, a exemplo do AIB); reativação da atividade cambial em plantas lenhosas; dominância apical (uma possível explicação da dominância apical aceita que as auxinas produzidas nos ápices proporcionam eficiente transporte de nutrientes para essa região, em detrimento das gemas laterais, no entanto, preponderante é o balanço auxina/citocininas); desenvolvimento floral (as auxinas e giberelinas); desenvolvimento do ovário em frutos; e partenocarpia (SANTOS et al., 2000; SANCHES, 2000; BRITO; CASTRO, 2002; DEFAVARI; MORAES, 2002a e b; SANTOS; DOMINGUES, 2002; FLOSS, 2006).

2.3.2.2 Giberelinas

As giberelinas são diterpenos (terpenoides), assemelhadas ao ácido giberélico (principal representante), que promovem principalmente o alongamento de caules de plantas. Constituem uma família com mais de 137

compostos, alguns somente encontrados no fungo *Giberella fujikuroi*. Possuem várias aplicações comerciais como, por exemplo, no aumento do tamanho de uvas sem sementes e na maltagem da cevada (NICKELL, 1983a e b; AWAD; CASTRO, 1992; BARATA et al., 2002; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O transporte das giberelinas se faz via floema numa velocidade de cerca de 1,4 a 1,8 mm h^{-1}, mesmo tratando-se de giberelinas exógenas. Seu principal precursor é o ácido mevalônico. Não são sintetizadas em laboratório, sendo produzidas por microrganismos, pois são mais complexas (BARATA et al., 2002).

Os principais efeitos fisiológicos das giberelinas são: indução da floração em alguns casos (a aplicação de giberelinas pode substituir a necessidade de dias longos e abreviar o estado juvenil de algumas espécies); expressão sexual com as auxinas (giberelinas induzem a formação de flores masculinas em determinadas condições); partenocarpia (de forma idêntica às auxinas, as giberelinas podem induzir a formação de frutos sem o processo normal de fecundação); atraso na senescência; podendo auxiliar na retenção da clorofila; quebra da dormência de sementes; acelerar a germinação de sementes não-dormentes, aumentando a hidrólise de reservas por meio da síntese de enzimas; quebra da dormência de gemas; alongamento do caule (ocorre em plantas inteiras e não em partes ou segmentos da planta, pela ativação do meristema subapical normalmente inativo) (LARCHER, 2000; SANTOS et al., 2000; DEFAVARI; MORAES, 2002a e b).

2.3.2.3 Citocininas

As citocininas participam ativamente dos processos de divisão e diferenciação celular. As principais regiões de síntese de citocininas encontram-se provavelmente nos ápices radicais, pois a análise de exsudados de raiz ou de seiva de xilema revelam alta concentração desses hormônios. Porém, aceita-se que sejam sintetizadas em partes aéreas da planta, principalmente em frutos em desenvolvimento (GALSTON; DAVIES, 1972; SANTOS et al., 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009).

A primeira citocinina natural extraída foi a zeatina, a mais ativa (principal representante). Seu precursor é purínico, como a base adenina, e

não-purínico (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os efeitos fisiológicos das citocininas são: divisão celular (a propriedade mais comumente associada às citocininas, pois a cinetina age sobre a citocinese – a divisão celular é promovida em concentrações extremamente baixas, da ordem de 5 x 10^{-11} M); alongamento celular; diferenciação celular (a cinetina promove o desenvolvimento da parte aérea e as auxinas incentivam a formação de raízes, em cultura de tecidos); retardamento da senescência em tecidos; inibe a saída de nutrientes das partes jovens e mobiliza os nutrientes das partes mais velhas da planta; quebra da dormência de sementes; atuam, ainda, na hidrólise das reservas da semente; podem, também, contrabalançar os efeitos de inibidores da germinação, como o ácido abscísico e a cumarina; quebra da dominância apical (SANTOS et al., 2000; CASTRO, 2006; FLOSS, 2006).

Em maior disponibilidade, as citocininas promovem o desenvolvimento das gemas laterais. As citocininas libertam as gemas laterais da dominância imposta pela gema apical. Parecem estar relacionadas com a diferenciação de tecidos vasculares, ou seja, facilita o crescimento e a união dos elementos condutores, o que permite a chegada de nutrientes à gema lateral. A conexão caule-gema é, normalmente, inibida pela auxina endógena do ápice. Portanto, citocininas e auxinas têm papéis antagônicos na dominância apical (LARCHER, 2000; SANTOS et al., 2000; COLL et al., 2001; BRITO; CASTRO, 2002; DEFAVARI; MORAES, 2002a e b; VIEIRA; CASTRO, 2003).

2.3.2.4 Etileno

O etileno é um composto orgânico simples e juntamente com os jasmonatos são os únicos fitormônios gasosos (transporte por difusão) que participa da regulação dos processos fisiológicos das plantas. É considerado um hormônio, já que é um produto natural do metabolismo; atua em concentrações muito baixas, e participa da regulação de praticamente todos os processos de crescimento, desenvolvimento e senescência das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Sabe-se que o etileno é produzido em quase todas as células das plantas superiores (a partir da metionina), em praticamente todos os órgãos, bem como de alguns fungos e bactérias. A produção de etileno aumenta em

órgãos injuriados, folhas e flores cortadas, gemas dormentes, como também durante a senescência e abscisão de tecidos foliares e florais. O nível de etileno aumenta nas flores após a polinização, e nos frutos à medida que amadurecem (LARCHER, 2000).

Sabe-se que o ethrel®, tendo como princípio ativo o ethephon (ácido 2-cloro-etil-fosfônico) é uma substância liberadora de etileno. Análogos químicos de etileno foram encontrados entre os hidrocarbonetos, dentre os quais, propileno, acetileno e monóxido de carbono; efeito antagonista é demonstrado pelo dióxido de carbono. O etileno em plantas superiores tem como provável precursor o aminoácido metionina (FELIPPE, 1985; SANTOS et al., 2000).

Citam-se alguns de seus efeitos fisiológicos em vegetais, como a quebra de dormência de sementes associada às giberelinas e quebra de dormência de gemas de plantas lenhosas; no caso de sementes, o efeito promotor do etileno seria aumentar a liberação e o movimento de enzimas cuja síntese é induzida pela giberelina. Observam-se outros efeitos como, por exemplo, a inibição do crescimento do caule, a indução da formação de raízes adventícias em folhas, indução do tubo polínico, indução da floração, aceleração da senescência, indução da abscisão de folhas e promoção do amadurecimento de frutos (FELIPPE, 1985; SANTOS et al., 2000; CASTRO, 2006; FLOSS, 2006).

2.3.2.5 Inibidores de crescimento

Os inibidores de crescimento são substâncias reguladoras que retardam os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, tais como o alongamento de raízes e caules, a germinação de sementes e o brotamento de gemas. Eles são também capazes de reprimir o crescimento de segmentos isolados de caule e podem agir como antagonistas de promotores, como as auxinas, giberelinas e citocininas. A presença de inibidores de crescimento tem como finalidade proteger a planta ou suas partes contra condições desfavoráveis do meio ambiente, como baixas temperaturas e déficit hídrico. Deve-se observar que a denominação de retardador, é comumente aplicada a substâncias sintéticas (CASTRO et al., 2002; NOGUEIRA et al., 2006; PAIVA; OLIVEIRA, 2006).

Entre os compostos fenólicos, algumas substâncias apresentam efeito inibitório, como é o caso da cumarina e do ácido cinâmico; comenta-se, também, o ácido cumárico, a escopoletina e o ácido clorogênico, que inibem o crescimento de raízes, germinação de sementes e de esporos de fungos de crescimento micelial (TAIZ; ZEIGER, 2004).

No entanto, o maior representante dos fitormônios inibidores é o ácido abscísico (ABA). O ABA, cujo precursor é o ácido mevalônico, o mesmo das giberelinas, é um dos mais frequentes inibidores naturais de sementes. Entre seus efeitos gerais, cita-se a inibição da divisão celular, indução da dormência de gemas, inibição da germinação de sementes e promoção da senescência da planta inteira ou de seus órgãos (LARCHER, 2000; SANTOS et al., 2000; DEFAVARI; MORAES, 2002a e b).

2.4 Biorreguladores na cultura da soja

O uso de biorreguladores na agricultura é uma prática de ampla aplicabilidade. Reguladores vegetais são usados no controle do crescimento, como retardadores do crescimento (algodão e trigo), na quebra da dormência (sementes de muitas espécies, gemas de videira, pessegueiro etc.), como herbicidas (2,4-D e 2,4,5-T), maturadores (algodão, café, tomate e frutíferas) e promotores (hortaliças, frutíferas, ornamentais, feijão, algodão, milho e soja), na forma de isolados análogos ou em misturas com outras substâncias, como é o caso dos bioestimulantes.

No entanto, muito ainda precisa ser pesquisado, em culturas como a soja. Há necessidade da geração de resultados de consistência científica para nortear as recomendações técnicas no manejo agrotecnológico de cultivo da soja. Precisam ser estabelecidos os reais efeitos da aplicação de biorreguladores, na forma de bioestimulantes ou promotores, que incluam posicionamentos quanto à concentração, forma e momento mais adequado de uso.

Os hormônios vegetais ou fitormônios são substâncias produzidas pelas próprias plantas que, em baixas concentrações promovem, inibem ou modificam o desenvolvimento vegetal (FLOSS, 2006). Tanto hormônios, quanto

reguladores de crescimento, são mensageiros químicos que controlam os processos de crescimento e desenvolvimento vegetal (LONG, 2006).

Os biorreguladores são substâncias sintéticas que, aplicadas exogenamente, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (citocininas, giberelinas, ácido indolacético e etileno) ou atuam sobre o metabolismo e ação fisiológica de fitormônios (VIEIRA; CASTRO, 2002; CASTRO, 2006; CAMPOS et al., 2008; 2009).

Weaver (1976) relata que os órgãos vegetais podem ser influenciados por fitorreguladores, de maneira que a morfologia e a fisiologia da planta podem ser alteradas. De acordo com Castro et al. (2001), essas substâncias, em baixas concentrações, inibem, promovem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos nos vegetais. Observa-se ação herbicida, em alguns casos, como é o caso de alguns análogos de auxina, tais como, o 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) (OLIVEIRA JR, 2001), ou bioação de maturador, como é o caso do ethephon, que é um produto com capacidade de liberar etileno, tido como o biorregulador mais utilizado na agricultura (CASTRO, 2006).

Stutte e Cothren (1977), citados por Santos (2008), demonstraram que alguns reguladores vegetais podem aumentar e outros podem reduzir a absorção de água e por consequência, de alguns minerais que são grandemente absorvidos via fluxo em massa, como o nitrogênio na forma de nitrato pela planta de soja. Nesse caso, os produtos que aumentam a absorção podem ser aplicados no florescimento ou no período de enchimento de vagens para permitir maior translocação de assimilados para as sementes em desenvolvimento.

Alguns produtos, como o TIBA (ácido 2,3,5 – tri-iodobenzoico) podem reduzir a altura das plantas, evitando acamamento, além de proporcionar redução no número de vagens e do conteúdo de nitrogênio (CATO; CASTRO, 2006). Segundo Santos (2008), esse redutor do crescimento, o TIBA, pode aumentar de maneira significativa o florescimento, em resposta à indução fotoperiódica.

Cathey et al. (1966 apud SANTOS, 2008), verificaram que o metilnanoato e o metildecanoato inibiram o desenvolvimento da região apical do caule principal das plantas de soja. Concentrações mais altas dos produtos

podem, também, inibir os ápices dos ramos axilares, e as gemas dormentes não são afetadas.

Alguns produtos agroquímicos, notoriamente, não considerados reguladores de crescimento, podem eventualmente apresentar algum tipo de efeito, seja negativo ou positivo, sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal. Alguns inseticidas usados no tratamento de sementes são considerados potencialmente como produtos de ação fitotônica, com características muito similares às demonstradas por biorreguladores; cita-se o carbofuran, carbosulfan, aldicarb e o tiametoxam, porém muita polêmica persiste sobre esse assunto. Tavares et al. (2007) observaram que aplicações de tiametoxam no tratamento de sementes de soja aumentou o rendimento de grãos na ausência de pragas; no entanto, Castro et al. (2005) descartaram experimentalmente que a molécula do tiametoxam seja do grupo dos promotores de crescimento, já que o melhor desempenho da cultura da soja provavelmente ocorra em virtude de outros fatores, ainda debatidos.

Para Santos (2008), alguns experimentos demonstraram a atividade do ácido giberélico (GA) sobre cultivares de soja, como o aumento da altura de plantas e melhoria na eficiência de utilização de ferro. O desenvolvimento de gemas cotiledonares em plantas de soja é controlado por interação entre hormônios, sendo dependente da idade da planta e da atividade meristemática das gemas. A aplicação de 5 a 10 mg L^{-1} da GA no início do desenvolvimento das plantas de soja, que produzem vagens nas proximidades do colo, pode aumentar a altura de inserção facilitando a colheita mecanizada.

Trabalhando com citocinina, Crosby (1978) determinou a atividade da citocinina em vagens em crescimento, caule e tecido foliar de soja, chegando à conclusão de que aplicações de citocinina aumentaram a produção de sementes nos racemos terminais.

Sabe-se que há necessidade de equilíbrio entre auxinas e giberelinas para ocorrer florescência em soja e que pulverizações de plantas de soja com sulfato de nicotina induziu o florescimento precoce e, florescência em nós mais basais e aumento no número de flores por inflorescência. Pulverizações com ácido indolilacético (AIA) tenderam a atrasar o florescimento. Além disso, AIA evitou efeitos tóxicos de altas concentrações de sulfato de nicotina, sugerindo ação antagônica (SANTOS, 2008).

Segundo Castro e Vieira (2001) e Vieira (2001), a mistura de dois ou mais biorreguladores ou de biorreguladores com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas) dá origem ao 'bioestimulante' ou 'estimulante vegetal'. Levando-se em conta que um determinado produto comercial, como o Stimulate®, que tem em sua concentração 0,005% do ácido indolbutirico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico (giberelina), sendo eles análogos sintéticos de hormônios vegetais, que atuam como mediadores de processos morfológicos e fisiológicos, acredita-se que este biorregulador, chamado também de bioestimulante, revela, em função da sua composição, concentração e proporção de substâncias, incrementar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimular a divisão celular, podendo, também, aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas (VIEIRA; CASTRO, 2001; VIEIRA; CASTRO, 2002). Este produto tem sido especialmente eficiente quando aplicado com fertilizantes foliares, sendo, também, compatível com defensivos agrícolas (CASTRO et al., 1998). Menciona-se que, possui efeito fitotônico, quando associado ou não a inseticidas (CASTRO et al., 2008).

De acordo com Castro e Melotto (1989), essas substâncias naturais ou sintéticas permitem aplicação diretamente nas plantas (folhas, frutos e sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, tendo a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Por meio dessas substâncias, interfere-se em processos fisiológicos fundamentais das plantas, tais como a germinação das sementes, o vigor inicial das plântulas, o crescimento e o desenvolvimento radicular e foliar e a produção de compostos orgânicos (VIEIRA; CASTRO, 2004). Esta interferência ocorre pela aplicação dessas substâncias via sementes, via solo ou, via foliar, porém precisam ser absorvidas para que possam exercer sua função (CASTRO; MELOTTO, 1989).

Segundo Hicks (1983), uma vez que a soja aborta grande quantidade de flores, um dos objetivos principais dos reguladores vegetais é aumentar a produção de vagens, utilizando substâncias que retardem o crescimento vegetativo durante a floração, principalmente nas cultivares com hábito indeterminado. Para Bergamin et al. (1999), os reguladores vegetais que podem ser utilizados na soja, agrupam a ação hormonal das auxinas,

giberelinas, citocininas, inibidores, retardadores e o etileno. Bergamin et al. (1999) e Castro (1980) trazem uma lista histórica de citações referentes à pesquisa com reguladores com ação bioestimulante na cultura da soja.

Comenta-se agora algumas das referências citadas por Bergamin et al. (1999) e Castro (1980). Como efeito da auxina, por meio de pulverizações de plantas com AIA, houve tendência em atrasar o florescimento (FISHER, 1955 apud CASTRO, 1980; BERGAMIN et al., 1999). Com giberelinas exógenas, via tratamento de sementes, a emergência foi mais rápida e as plantas tiveram incremento na altura (HOWELL, 1963 apud CASTRO, 1980; BERGAMIN et al., 1999). A elevação no acúmulo de matéria seca e no teor de clorofila nas folhas, principalmente em estação seca, com o uso de giberelinas, foi verificado por Chirelei et al. (1964 apud CASTRO, 1980) e Bergamin et al. (1999). Aumento no teor de óleo nas sementes com aplicação de GA, 40 dias após a semeadura, foi observado por Souza et al. (1973 apud CASTRO, 1980) e Bergamin et al. (1999). Incremento na produção de sementes nos racemos terminais, utilizando citocinina, foi relatado por Crosby et al. (1978). Segundo Castro (1980), o emprego de uma determinada mistura de biorreguladores elevou a taxa de assimilação líquida na soja, cultivar Davis. Vieira e Castro (2004) notaram que aplicação de um biorregulador composto por análogos de auxina, citocinina e giberelina aumentou a produção de grãos da soja.

Usando o biorregulador Stimulate®, incrementos no desempenho fisiológico das sementes tratadas, foram encontrados por Vieira e Castro (2001), assim como melhoria no crescimento e desenvolvimento das plantas sob aplicação foliar (CAMPOS et al., 2008; CAMPOS et al., 2009) e, aumentos na produtividade de sementes (VIEIRA; CASTRO, 2001; MILLÉO, 2002; RODRIGUES; DOMINGUES, 2002; CASTRO et al., 2003). Também foram encontrados outros trabalhos realizados com Stimulate® 10X (BRACCINI et al., 2005; ÁVILA et al., 2008) na cultura da soja, que apresentaram aumentos no rendimento pelo uso do produto. Além de outros resultados que reportam a modificações do potencial fisiológico e teores de óleo e proteínas das sementes colhidas sob utilização de Stimulate® 10X (ÁVILA et al., 2008).

Klahold et al. (2006), com o objetivo de verificar o efeito do biorregulador Stimulate®, aplicado via sementes e pulverização foliar, na cultura da soja, conduziram um experimento em vasos, em ambiente protegido. Os

tratamentos constaram da combinação de doses aplicadas via semente (0,3 a 5 mL kg^{-1} de sementes) na semeadura e via foliar (0; 0,075; 0,150 e 0,225 mL L^{-1}), aos 58 dias após a emergência (DAE). Realizaram-se coletas de plantas aos 73 e 129 DAE. Para algumas das variáveis estudadas, nas doses utilizadas, houve efeito negativo na resposta à aplicação de bioestimulante, em algumas doses testadas. Respostas positivas foram verificadas para massa seca de flores, raízes, razão raiz/parte aérea, número de flores, vagens e grãos e produção por planta.

Moterle et al. (2008) verificaram que a altura das plantas, altura de inserção das primeiras vagens e número de vagens por planta não foram influenciadas pelo Stimulate® 10X. Quando as sementes não foram tratadas, a maior produtividade foi obtida por meio da pulverização foliar na dose de 37,5 mL ha^{-1}, efetuada no estádio R_3. O tratamento de sementes aumentou a produtividade de sementes somente quando foi associado à pulverização foliar na dose de 25 mL ha^{-1} no mesmo estádio de desenvolvimento. A maior produtividade de sementes (2.927 kg ha^{-1}) foi alcançada pela aplicação da dose de 21 mL ha^{-1} de Stimulate® 10X, via foliar, no estádio R_3, associado com o tratamento de sementes, caracterizando uma resposta quadrática em função das doses. Tal efeito denota que doses crescentes têm limite no tocante ao efeito promotor; ultrapassando determinado limite, ocorrem efeitos de antagonismo ao crescimento e desenvolvimento vegetal, provavelmente em função do desbalanço hormonal.

Ávila (2006) e Ávila et al. (2008), utilizando o produto Stimulate® 10X, obtiveram resultados interessantes com a utilização desse biorregulador. O Stimulate® 10X, aplicado por meio de tratamento de sementes, nas concentrações de 25 e 50 mL 100 kg^{-1} de sementes, aumentou a porcentagem de emergência das plântulas. Stimulate® 10X mostrou-se eficiente agronomicamente para a cultura da soja, quando aplicado por meio do tratamento de sementes, nas doses de 25, 50 e 75 mL 100 kg^{-1} de sementes, e por meio de pulverização foliar, nas doses de 25, 50 e 75 mL ha^{-1}, pois proporcionou incremento na produtividade da cultura; o melhor resultado de produtividade de grãos foi obtido com a aplicação foliar do produto na dose de 75 mL ha^{-1}.

No trabalho de Ávila (2006), a melhor qualidade de sementes e os maiores teores de óleo e proteínas foram obtidos por plantas que tiveram suas sementes tratadas antes da semeadura com 75 mL 100 kg^{-1} de Stimulate® 10X. Plantas de soja pulverizadas com Stimulate® 10X, entre os estádios V_5 e V_6, apresentaram maior massa de 1.000 sementes e maior produtividade à medida que houve aumento na dose do biorregulador utilizado. Os resultados supracitados corroboraram com os de Braccini et al. (2006a e b).

Em termos de fitotoxicidade de biorreguladores, como o Stimulate®, Oliveira e Monferdini (2004) constataram, por meio de estudos com a cultura da soja, que o uso de biorreguladores não afeta a eficiência dos fungicidas, quando utilizados em associação no tratamento de sementes. A germinação das sementes e o vigor das plântulas não foram afetados pelos fungicidas ou pela associação com o biorregulador. Dessa forma, o tratamento de sementes com fungicidas e bioestimulante tem a possibilidade de ser realizado em uma única operação, trazendo vantagens econômicas para o produtor. Para Ávila (2006), Stimulate® 10X não foi fitotóxico à soja, quando aplicado por meio do tratamento de sementes, nas doses de 25, 50 e 75 mL 100 kg^{-1} de sementes, ou por meio de pulverização foliar, nas doses de 25, 50 e 75 mL ha^{-1}; corroborando com Castro et al. (2008).

Segundo Santos (2008), foi observada melhoria na produção de soja com o uso de biorreguladores, e isso tem recebido ênfase nas pesquisas realizadas na indústria, em universidades e agências do governo. No entanto, o desenvolvimento de compostos potencialmente ativos, que poderiam aumentar significativamente as produções, tem sido limitado por diversos fatores, tais como variáveis fisiológicas como a fotossíntese e eficiência da fixação biológica do nitrogênio. Fatores ambientais também modificam o desenvolvimento da semente e a maturação.

De acordo com Castro (1980), a habilidade de um regulador vegetal em favorecer o desenvolvimento, pode não aumentar significativamente a produtividade como esperado, já que fatores como umidade, temperatura e radiação possuem o potencial de torna-se limitantes.

Em soja, como em outras culturas, quando se trabalha com reguladores vegetais, deve-se considerar a variedade, o ambiente e as práticas agrícolas utilizadas. Com as numerosas cultivares disponíveis, com as

diferentes condições climáticas atuantes e com as diversas táticas de manejo empregadas, o número de variáveis sob as quais um regulador vegetal agirá torna-se quase infinito (STUTTE; DAVIS, 1984). Porém, é necessário investigar ao máximo possível, no intuito de obter informações, que agrupadas, gerem posicionamentos adequados, diante da ampla gama de circunstâncias existentes nos agroecossistemas, como é o da soja.

2.5 Qualidade de sementes e uso de biorreguladores

As sementes constituem o principal veículo de multiplicação de espécies cultivadas. Além disso, a população de plantas, um dos aliados no rendimento final, em uma determinada área cultivada, é influenciada, entre outros fatores, pela germinação das sementes, que começa com a absorção de água e culmina com o alongamento do eixo embrionário e protrusão da radícula. Práticas de manejo que permitam maximizar o potencial fisiológico das sementes após a semeadura são de grande importância na obtenção de elevadas produtividades (MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade de sementes pode ser definida como um conjunto de características que determinam seu valor para a semeadura, indicando que o potencial de desempenho das sementes somente permite ser identificado, de maneira consistente, quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (HAMPTON; TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 2005).

Para obtenção de maiores rendimentos é indispensável, além de técnicas adequadas de cultivo, a utilização de sementes com elevado potencial genético e com boa qualidade fisiológica (FRAGA, 1980).

É reconhecido que a máxima qualidade das sementes de soja é alcançada por ocasião da maturidade fisiológica, que coincide com o máximo acúmulo de matéria seca, vigor e germinação (JACINTO; CARVALHO, 1974; MARCOS FILHO, 1979; POPINIGIS, 1985). Por outro lado, o processo de deterioração inicia-se na maturidade fisiológica, com maior agravamento quando a umidade das sementes decresce em níveis inferiores a 25% (HARRINGTON, 1973; MONDRAGON; POTTS, 1974).

A deterioração pode ser definida como um processo que envolve mudanças citológicas, bioquímicas e físicas que, eventualmente, causam a morte das sementes. O processo deteriorativo das sementes é a principal causa do prejuízo na sua viabilidade, influenciando o rendimento de uma cultura pelo decréscimo na germinação, que leva a uma população subótima de plantas por unidade de área e resultando em menor desempenho das plantas sobreviventes (ROBERTS, 1974). Este processo tem sido caracterizado por Delouche (1982) como inexorável e irreversível, mínimo na época de maturação fisiológica e variável entre lotes de sementes da mesma espécie e cultivar. Tal processo é determinado por fatores genéticos, ataque de percevejos, condições ambientais no período pós-maturação/pré-colheita, procedimentos de colheita e beneficiamento, além das condições de armazenamento e transporte; supõe-se, também, que o uso de biorreguladores possa influenciar a fisiologia das sementes, possivelmente minimizando os impactos do processo deteriorativo.

Segundo Tekrony et al. (1980), o índice de redução de germinação e de vigor das sementes de soja variou de acordo com a época de semeadura e com as condições de temperatura, umidade relativa e chuvas durante as fases de maturação e colheita. Diversos autores citaram a existência de condições que dificultam a obtenção de sementes com qualidade aceitável (CARTTER; HARTWIG, 1962; GREEN et al., 1965; PEREIRA et al., 1979; VIEIRA, 1982; FRANÇA NETO; HENNING, 1984; MARCOS FILHO et al., 1985; KEIGLEY; MULLEN, 1986; COSTA et al., 1995; PEREIRA et al., 2000; MARCOS FILHO, 2005; ALBRECHT et al., 2008b), como, por exemplo, temperatura elevada e alta pluviosidade na maturação, déficit hídrico e temperatura elevada, na fase de enchimento de grãos, ataque de percevejos etc. Considerando a ação dos biorreguladores na fisiologia vegetal, alguns promotores podem atenuar os efeitos dos estresses ambientais sobre o processo de formação e produção das sementes à campo.

Em regiões tropicais é comum a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis durante a fase final de maturação da soja. Frequentemente, o excesso de chuvas, associado à ocorrência de altas temperaturas nessa fase, ocasiona sérios danos à produção de sementes. Além do aumento no processo de deterioração, causado pelas flutuações no grau de umidade das sementes,

estas apresentam altos índices de infecção, causados principalmente por fungos. Tem-se observado que, em razão dessas condições, a presença de patógenos nas sementes de soja pode estar associada à sua baixa qualidade fisiológica (HENNING; FRANÇA NETO, 1980; COSTA, 1987; ALBRECHT et al., 2008b).

Os patógenos têm sido citados na literatura como um dos principais agentes causadores de deterioração, dentre os fatores que comprometem a qualidade das sementes de soja (DHINGRA; ACUÑA, 1997). Vários autores apresentam a sanidade das sementes como um dos fatores preponderantes no desempenho das sementes e outros relacionam a qualidade sanitária com as condições climáticas vigorantes nas fases finais de desenvolvimento da cultura (NAKAGAWA et al., 1983; FRANÇA NETO; HENNING, 1992; PATRÍCIO et al., 1995; PEREIRA et al., 2000; BRACCINI et al., 2003; MARCOS FILHO, 2005). Admite-se, nesse trabalho, a possibilidade de que biorreguladores possam contribuir no sentido de minimizar consequências oriundas da infecção fitopatogênica ou, até mesmo, diminuir a infecção das sementes por patógenos, por criar condições mais favoráveis ao desenvolvimento das sementes, independente das circunstâncias vigorantes no ambiente, como o clima desfavorável.

Muitas práticas de manejo, como a instalação da cultura da soja em determinada época, expõe as plantas a estresse ambiental no campo, em uma determinada fase do seu ciclo, ou, até mesmo, no decorrer de vários estádios vegetativos e/ou reprodutivos e modificar a sua composição química. Segundo Wilcox e Cavens (1992) e Rao et al. (1993), as quantidades de óleo e proteínas também podem ser influenciadas pelo ambiente no qual a espécie é cultivada.

Tanto Rangel et al. (2004) como Pípolo (2002) concordam que, em princípio, os teores de óleo e proteína das sementes de soja são governados geneticamente, porém fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos, tipificando a interação genótipo x ambiente. Porém, o conteúdo de proteína nas sementes é quatro vezes mais dependente das condições ambientais do que da variedade (BENZAIN; LANE, 1986).

Hartwig e Kilen (1991), Singh et al. (1990) e Benzain e Lane (1986) relataram efeito positivo entre temperatura e conteúdo de proteínas na soja, grão-de-bico e trigo, portanto, diferentes espécies em estações distintas, são

afetadas pelo mesmo fator. Entretanto, Shafii et al. (1992) relataram relação inversa entre temperatura e teor de óleo em canola.

Essa influência ambiental carece de estudos mais detalhados, em virtude das várias interações possíveis (PÍPOLO, 2002; ALBRECHT et al., 2008a). Disponibilidade de nitrogênio para as sementes, induzida pelo meio ambiente, potencialmente será o mecanismo que explica as variações no teor de proteína nas sementes em condições de campo (HAYATI et al., 1996).

Rangel et al. (2004) afirmaram que, assim como o estresse hídrico, o efeito da temperatura pode explicar as variações na concentração de proteínas, tanto entre locais como entre anos em um mesmo local. Pípolo (2002), citado por Rangel et al. (2004), observou tendência das sementes coletadas nos locais com temperaturas médias mais amenas (21 a 23^{o}C) e com maior altitude (maior que 650 m) apresentarem maior concentração de proteínas do que aquelas coletadas nos locais com temperaturas mais altas (23 a 27^{o}C).

Os resultados obtidos por Rangel et al. (2004) sugerem que os níveis de proteína das sementes, característica de importância estratégica na definição de preços de exportação do farelo, como também nos custos para obtenção do mesmo para a indústria, devem merecer atenção especial dos pesquisadores envolvidos com a cultura da soja. Estudos sobre a influência de genótipos, ambiente, manejo cultural, fixação biológica de nitrogênio, uso de biorreguladores, entre outros, devem ser conduzidos de maneira o mais integrada possível buscando a obtenção de sementes com elevada qualidade e teores desejáveis de certos compostos.

Algumas pesquisas demonstram o efeito de biorreguladores com ação promotora na cultura da soja, como os de Klahold et al. (2006), Campos et al. (2008) e Moterle et al. (2008), que apontam resultados concernentes ao desempenho das plantas e componentes da produção. Porém, poucos trabalhos, como o de Ávila et al. (2008), abarcam aspectos sobre a qualidade de sementes e teores de óleos e proteínas. Mesmo considerando a enorme contribuição desses trabalhos supramencionados na elucidação de questões pertinentes ao uso de biorreguladores em soja, ainda persistem avaliações a serem feitas e resultados a serem investigados, seja no âmbito do desempenho agronômico, na avaliação da qualidade e composição química das sementes e, também, na análise econômico/financeira dessa prática.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condução do experimento

O experimento foi instalado no campo experimental da FEI-UEM (Fazenda Experimental de Iguatemi – Universidade Estadual de Maringá), localizando-se a uma latitude de 23º25' Sul e longitude de 51º57' a Oeste de Greenwhich com altitude média de 540 m. As avaliações de produtividade e de qualidade foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho distroférrico de textura média (EMBRAPA, 1999). Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante na área é o Cfa – subtropical úmido mesotérmico. Esse tipo de clima se caracteriza pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e possível concentração de chuvas no período de verão (IAPAR, 1987). Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar, referentes ao período de duração do experimento foram coletados diariamente na FEI-UEM (Figura 1), sendo também confeccionado um balanço hídrico para as safras 2007/2008 e 2008/2009 (Figura 2). Foi realizada a análise química do solo, antes da instalação do experimento (Tabela 1), no primeiro ano agrícola.

A área experimental foi dessecada com 2,5 L ha^{-1} do herbicida Roundup Original® (Glyphosate) em mistura com 0,5 L ha^{-1} de óleo mineral Assist®. As sementes foram previamente tratadas com o fungicida Vitavax-Thiran® 200 SC (Carboxin + Thiram), na dose de 250 mL + 150 mL 100 kg de $sementes^{-1}$ de Co-Mo Plantinum® (15% Mo e 1,5% Co). A adubação de semeadura (N-P-K+S+Ca+micronutrientes) foi realizada com base na análise de solo e seguindo recomendações da Embrapa (2006), objetivando produzir 3.500 kg ha^{-1} de sementes.

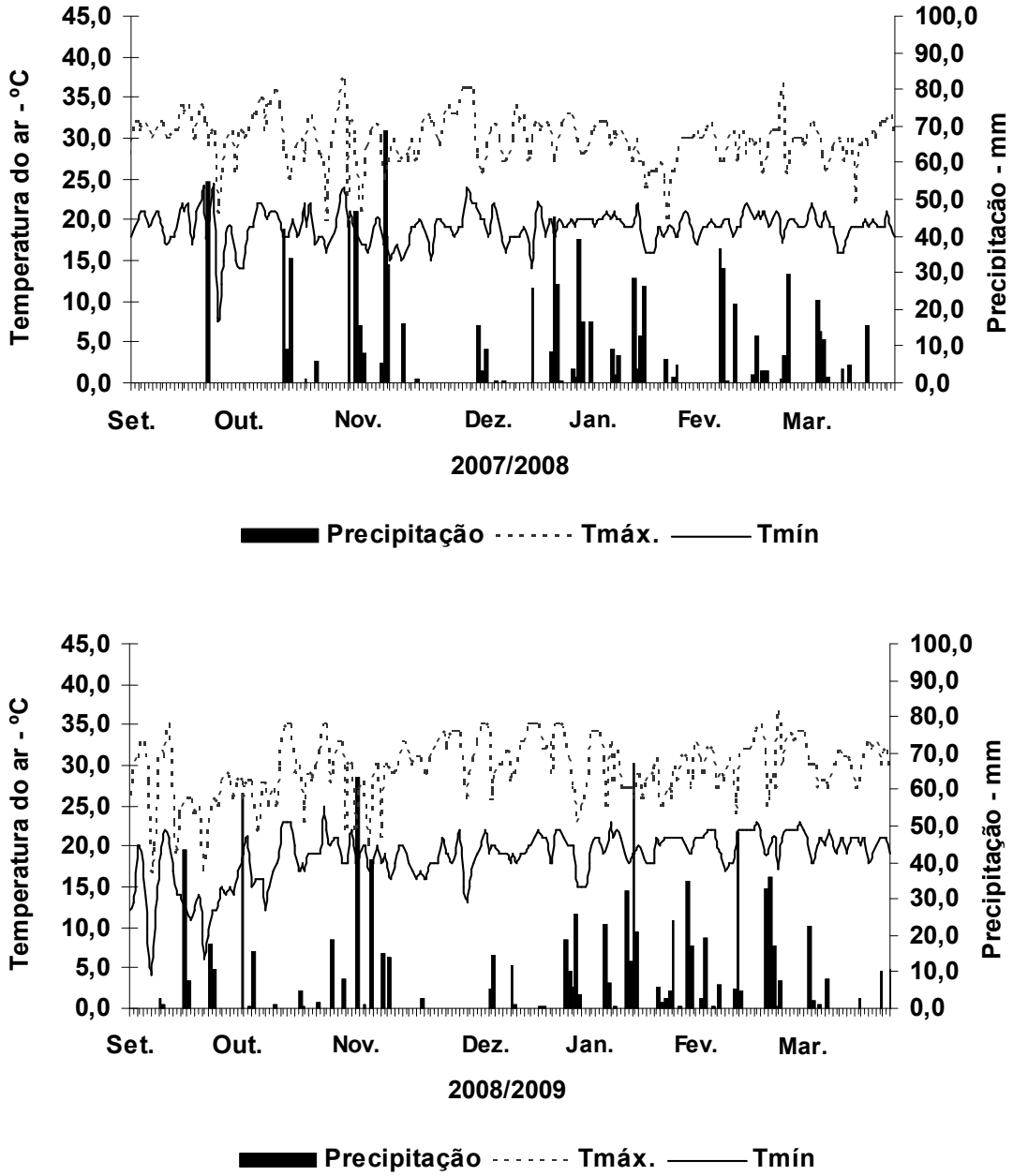

Figura 1 – Dados climáticos diários de temperaturas máxima e mínima, precipitação pluvial, no ano agrícola 2007/2008 e 2008/2009, na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI).

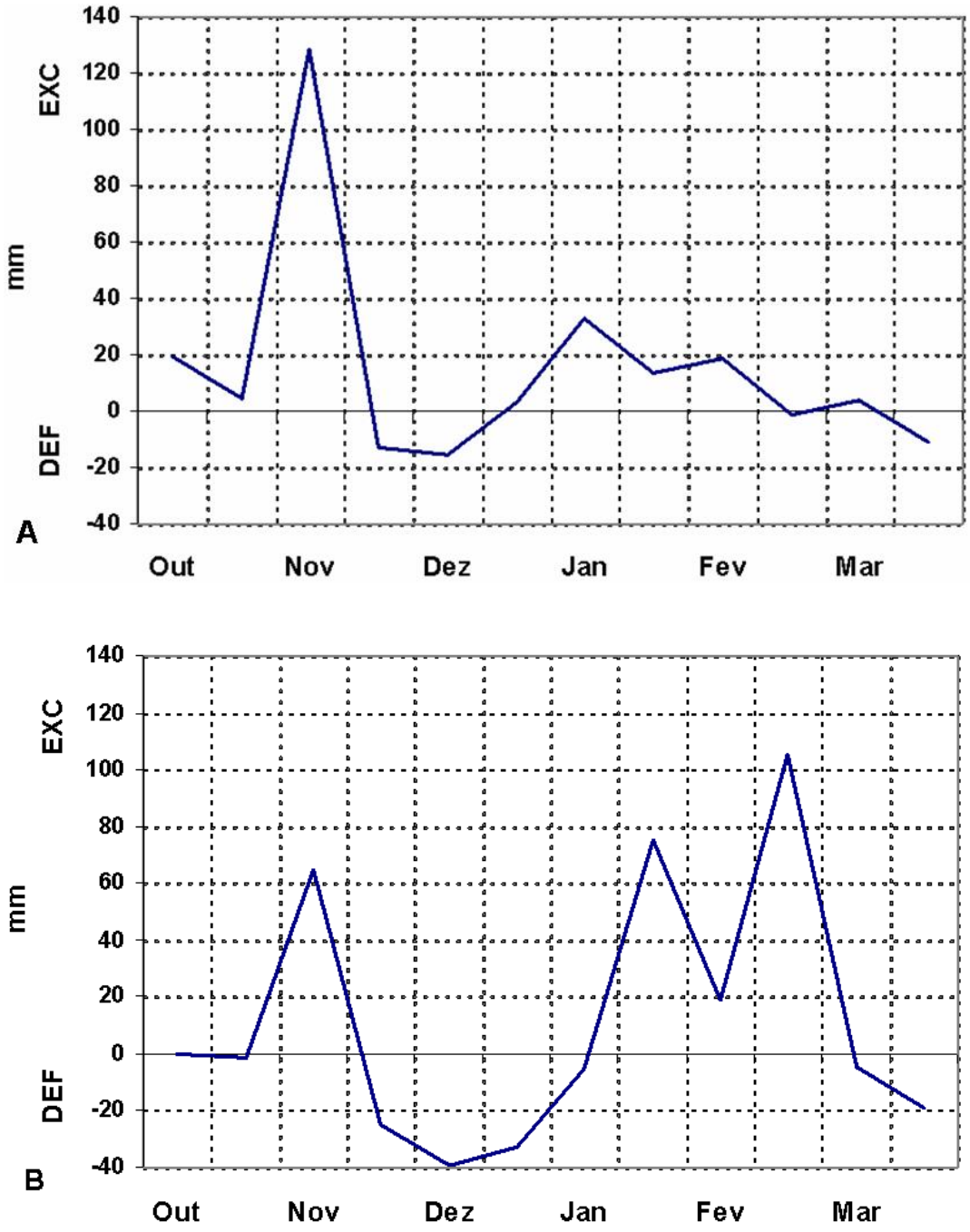

Figura 2 – Balanço hídrico em dados quinzenais, ano agrícola 2007/2008 (A) e 2008/2009 (B), na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI).

Tabela 1 – Caracterização química e fertilidade do solo da área experimental, a partir de coletas na profundidade de 0-20 cm, antes da semeadura (FEI – UEM, Maringá, 2007).

Teores, Níveis, Percentagens e Relações		Unidades	Métodos ou Extratores	Classificação Embrapa (2006)
pH	5,10		$CaCl_2$	Médio
pH	5,80		H_2O	Médio
Al^{3+}	0,00	$cmol_c\ dm^{-3}$	KCl 1 mol L^{-1}	Ótimo
$H^+ + Al^{3+}$	4,28	$cmol_c\ dm^{-3}$	SMP	
K^+	0,34	$cmol_c\ dm^{-3}$	Mehlich	Alto
P	4,50	$mg\ dm^{-3}$	Mehlich	Médio
Ca^{2+}	3,25	$cmol_c\ dm^{-3}$	KCl 1 mol L^{-1}	Médio
Mg^{2+}	1,23	$cmol_c\ dm^{-3}$	KCl 1 mol L^{-1}	Alto
S	5,45	$mg\ dm^{-3}$	Fosfato monocálcico	Médio
Fe	188,70	$mg\ dm^{-3}$	Mehlich	Alto
Zn	4,57	$mg\ dm^{-3}$	Mehlich	Alto
Cu	12,00	$mg\ dm^{-3}$	Mehlich	Alto
Mn	234,30	$mg\ dm^{-3}$	Mehlich	Alto
C	12,01	$g\ dm^{-3}$	Walkey & Black	Médio
SB	4,82	$cmol_c\ dm^{-3}$		Médio
CTC	9,10	$cmol_c\ dm^{-3}$		Médio
V	52,97	%		Média
Ca	35,71	%		Próximo do Equilíbrio
MG	13,52	%		Equilibrada
K	3,74	%		Próximo do Equilíbrio
M	0,00	%		Ótimo
Ca/Mg	2,64			Equilibrada
Ca/K	9,56			Equilibrada
Mg/K	3,62			Equilibrada
Ca+Mg/K	13,18			Próximo do Equilíbrio

Foi utilizada, no experimento, a cultivar de soja BRS 246 RR, pertencente ao grupo de maturação médio, com ciclo de aproximadamente 130 dias. A semeadura foi realizada em 20/10/2007 (1º Ano) e 20/10/2008 (2º Ano), com espaçamento de 0,45 m entre as linhas, na profundidade de aproximadamente 3 cm e densidade de semeadura de 16 plantas por metro linear (aproximadamente 18 sementes por metro), totalizando 355.555 plantas ha^{-1}, em área de semeadura direta, com a cultura da aveia no inverno. As parcelas foram constituídas de seis linhas de 5 m de comprimento. Para as avaliações, utilizou-se área útil de 5,4 m^2, em que foram consideradas apenas as quatro fileiras centrais, descartando-se 1 m de cada extremidade das fileiras (bordaduras).

Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas capinas manuais e aplicações do herbicida Fusiflex® (fluazifop-p + fomesafen) para o controle das plantas daninhas, bem como o controle de pragas e doenças respeitando o nível de dano econômico para um manejo integrado, com o uso

dos respectivos tratamentos: aplicação de Dipel PM® (*Bacillus thuringiensis*) a 500 mL ha^{-1}, Certero® 480 (Triflumuron) a 30 mL ha^{-1} e Buldock® 125 (Beta-ciflutrina) a 20 mL ha^{-1}, para o controle de lagartas; Thiodan CE® (Endossulfan) a 1.250 mL ha^{-1} e Tamaron® (Metamidophos) a 500 mL ha^{-1} para o controle de percevejos; aplicação de Opera® (Epoxiconazole + Pyraclostobin) a 500 mL ha^{-1} e Priori Xtra® (Azoxystrobin + Ciproconazole) a 300 mL ha^{-1}, para o controle da ferrugem asiática e complexo de doenças de final de ciclo.

Os tratamentos foram compostos pelo tratamento de sementes, com e sem o produto Stimulate®, além de cinco doses do Stimulate® aplicadas, via foliar, em dois estádios de desenvolvimento da cultura, ou seja, V_5 ou R_3, constituindo-se um fatorial 2 x 5 x 2. As dosagens utilizadas foram as seguintes: via tratamento de sementes – 0 e 0,500 L 100 kg^{-1} de sementes; pulverização foliar – 0; 0,125; 0,250; 0,375 e 0,500 L ha^{-1}. O arranjo detalhado dos tratamentos, para os anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009, encontra-se no Tabela 2.

Tabela 2 – Esquema dos tratamentos com o biorregulador Stimulate® constituídos de duas formas de aplicação e cinco doses do produto, via foliar, com as respectivas épocas de aplicação.

Tratamento de sementes[1]	**Dose em aplicação foliar**	**Estádio de desenvolvimento***
Sem TS	0,0 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,125 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,250 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,375 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,500 L ha^{-1}	V_5
		R_3
Com TS	0,0 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,125 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,250 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,375 L ha^{-1}	V_5
		R_3
	0,500 L ha^{-1}	V_5
		R_3

TS = Tratamento de sementes (0,500 L 100 kg^{-1} sementes); * aplicação foliar é feita nos dois estádios para a mesma dose.

O Stimulate® é um biorregulador líquido da Stoller do Brasil Ltda., composto por três reguladores vegetais na seguinte concentração: 0,005% do ácido indolbutirico – IBA (análogo de auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico – GA_3 (giberelina) (STOLLER DO BRASIL, 1998).

O tratamento de sementes com o biorregulador foi realizado por ocasião da semeadura, juntamente com a aplicação do fungicida e CoMo, em que, utilizando-se sacos plásticos para o condicionamento das sementes e, por meio de agitação manual, se promoveu maior contato entre as sementes e o produto. Logo após o tratamento com fungicida + CoMo + Stimulate®, foi realizada a inoculação das sementes com o produto comercial turfoso MasterFix® (*Bradyrhizobium japonicum*), na dose 250 g 50 kg^{-1} de sementes.

Para as aplicações foliares, efetuadas nos estádios V_5 e R_3, foi utilizado pulverizador costal propelido a CO_2, com pressão constante de 2 BAR (ou 29 PSI), uma vazão de 0,65 L $min.^{-1}$, equipado com lança contendo 1 bico leque da série Teejet tipo XR 110 02, que, trabalhando a uma altura de 50 cm do alvo e a uma velocidade de 1 m $segundo^{-1}$, atingindo uma faixa aplicada de 50 cm de largura, propiciou um volume de calda de 200 L ha^{-1}. Observando que juntamente com o biorregulador foi adicionado o adjuvante Natur'l Óleo® (ésteres de ácido graxos com glicerol), na concentração de 0,5% da calda.

3.2 Avaliação do desempenho agronômico

Por ocasião do estádio R_8, ou seja, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura (FEHR et al., 1971), foram efetuadas as seguintes determinações: altura média das plantas, altura de inserção das primeiras vagens e número de vagens por planta.

Para a determinação da altura das plantas e altura de inserção das primeiras vagens, foram avaliadas dez plantas (as mesmas para ambas as avaliações), escolhidas ao acaso na área útil das parcelas, realizando as medições com o auxílio de régua milimetrada de madeira, sendo os resultados expressos em centímetros. O número de vagens por planta foi avaliado por ocasião da maturação plena (estádio R_8), por meio da contagem manual do número de vagens presentes nas mesmas dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela.

As plantas foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estádio de desenvolvimento R_8. Após a colheita das plantas, as vagens foram debulhadas em máquina trilhadora estacionária, limpas com o auxílio de peneiras, secas em condições naturais e acondicionadas em sacos de papel kraft.

Partindo-se do rendimento de sementes nas parcelas, foram estimadas as produtividades em kg ha^{-1}, para cada tratamento. Em seguida, foi determinada a massa de 1.000 sementes, por meio da pesagem de oito subamostras de 100 sementes, para cada repetição de campo, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama, multiplicando-se os resultados por 10. Para o cálculo do rendimento e da massa de 1.000 sementes, o grau de umidade das sementes, determinado por meio do método de estufa a 105 $\pm$ 3^{o}C (BRASIL, 1992), foi corrigido para 13% base úmida.

3.3. Avaliação das sementes

A qualidade fisiológica das sementes colhidas foi avaliada por meio dos testes de germinação, primeira contagem do teste de germinação e condutividade elétrica. A qualidade sanitária das sementes colhidas foi avaliada por meio do método do papel-filtro ou “blotter test”. Foram, também, determinados os teores de óleo e proteínas. Os referidos testes estão descritos a seguir.

Teste de germinação: foi realizado com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento e repetição de campo. As sementes foram semeadas entre três folhas de papel-toalha umedecidas com água destilada, utilizando-se a quantidade de água equivalente a três vezes a massa do papel seco. Foram confeccionados rolos, sendo estes levados para germinador do tipo Mangelsdorf, regulado para manter constante a temperatura de 25°C, por um período de oito dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, segundo as prescrições contidas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Primeira contagem do teste de germinação: foi efetuada em conjunto com o teste anterior, computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia após a semeadura (BRASIL, 1992).

Teste de condutividade elétrica: foi conduzido utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento e repetição. Inicialmente, as sementes referentes a cada subamostra foram colocadas em copos plásticos (200 mL) e pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Após a pesagem, foram adicionados 75 mL de água deionizada nos copos plásticos contendo as sementes. Estes foram, então, mantidos em câmara de germinação (tipo B.O.D.) a 25^{o}C por 24 h (LOEFFLER et al., 1988). O grau de umidade das sementes foi previamente determinado pelo método da estufa a 105°C±3°C durante 24 h (BRASIL, 1992), utilizando-se duas repetições de 10 g. Posteriormente, a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição foi realizada utilizando-se um condutivímetro microprocessado digital de bancada, modelo ACA 150, da marca Alpax. O valor indicado pelo aparelho foi anotado e dividido pela massa obtida de cada subamostra. Desse modo, o resultado obtido foi expresso em μS cm^{-1} g^{-1} (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Teste de sanidade: foi efetuado por meio do método do papel-filtro, utilizando-se 100 sementes, divididas em cinco subamostras de 20 sementes para cada repetição de campo, e colocadas em caixas plásticas do tipo “gerbox”, sobre quatro folhas de papel-filtro esterilizadas e umedecidas com água destilada e autoclavada. A incubação foi realizada em condição ambiente de laboratório, à temperatura de aproximadamente 25^{o}C, em regime de 12h de iluminação com lâmpadas fluorescentes, alternadas com 12h de escuro, durante sete dias. Após esse período, foram avaliados os fungos presentes nas sementes, com o auxílio de lupa com iluminação e microscópio estereoscópio (HENNING, 1987; HENNING, 1994; GOULART, 1997).

Determinação de proteínas: foi realizada utilizando-se o método de Kjeldahl, na quantificação de nitrogênio total, conforme recomendação da Association of Official Analytical Chemist (A.O.A.C., 1990) e Vitti et al. (2001), com modificações. Foram analisadas quatro subamostras de 0,2 g da farinha de soja moída, provenientes de amostras das sementes de cada repetição de campo. A farinha de soja moida foi condicionada em tubos de ensaio, junto com 2 g de uma mistura catalítica (sulfato de cobre e selênio em pó) e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado; estes tubos foram, então, levados para aquecimento em um bloco digestor para a fase de digestão da matéria

orgânica. O aquecimento foi gradual e, assim que a temperatura de 350ºC foi atingida, o material permaneceu a esta temperatura constante por mais 2,5 h. Após a obtenção do material digerido, iniciou-se a fase de destilação da amônia liberada, após a reação com hidróxido de sódio (50%), sendo recolhida em solução de acido bórico a 4%. A titulação foi realizada em solução-padrão de ácido clorídrico a 1 N, em que os indicadores foram o vermelho de metila (0,2%) e o azul de metila (0,2%). Obteve-se para esse procedimento a recuperação de 99,7% de nitrogênio. Para o cálculo da conversão de nitrogênio em proteínas, foi utilizado o fator 6,25 e a porcentagem de proteínas foi obtida com base na matéria seca.

Determinação de óleo: na avaliação dos lipídios totais (óleo), utilizou-se o aparelho extrator de Soxhlet e éter de petróleo como solvente, segundo o procedimento descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (I.A.L., 1985), com refluxo de 6h. Foram avaliadas quatro subamostras de 2 g de cada repetição de campo, provenientes de sementes previamente moídas. Os resultados foram expressos em porcentagem de óleo extraído, determinado por diferença de pesagem.

3.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos com tratamentos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados no esquema fatorial 2 x 5 x 2 (tratamento de sementes x aplicação foliar x estádio de desenvolvimento).

Atendidas as pressuposições básicas para a análise de variância (modelo matemático aditivo; erros do modelo independentes; erros com distribuição normal; erros homocedásticos), os dados foram submetidos à Anova e, independente da significância pelo teste F (P<0,05), nas interações, prosseguiram-se os desdobramentos necessários para diagnosticar possíveis efeitos da interação.

O teste F foi conclusivo na comparação das médias dos efeitos de tratamento de sementes e de estádios fenológicos. A análise de regressão foi utilizada para verificar o ajuste de modelos polinomiais para variáveis

dependentes, em função das doses de biorregulador aplicados, via foliar, em nível de 5% de probabilidade.

3.5. Avaliação econômica e financeira

Na análise econômica e financeira, o cálculo dos custos com a aplicação do biorregulador e demais produtos, foi efetuado levando-se em consideração os valores médios regionais de compra dos produtos e insumos, no mês de outubro do ano de 2007 e 2008. Os custos horários das operações agrícolas utilizadas foram obtidos a partir de levantamento realizado nos arquivos da Cocamar® (Cocamar Cooperativa Agroindustrial) e Integrada® (Integrada Cooperativa Agroindustrial). Os valores foram convertidos para dólar (US$), considerando a conversão média do dólar no respectivo mês. Foi embutida no cálculo a estimativa do custo com combustíveis e outras práticas comuns no manejo da cultura da soja e, que foram assumidas na condução do ensaio. Foi configurado o Sistema de Custo Operacional Total, proposto por Matsunaga et al. (1976), e empregado por autores como Leal et al. (2005) e, geralmente contidos nas planilhas de custos de produção (REIS, 2000; SANTOS et al., 2008).

A variação na receita obtida, com a aplicação ou não do biorregulador, foi realizada levando-se em conta a simulação do valor de venda da soja produzida nos diferentes tratamentos, no mês de junho de 2008 e 2009, mês no qual, normalmente, o produtor realiza a comercialização da sua produção na região Sul. Os valores foram expressos em dólar e a conversão realizada pela média nos respectivos meses. O pressupostos tomados se baseiam no trabalho de Ceretta et al. (2005), entre outras referências (ANTUNES; ENGEL, 1999; REIS, 2000; SANTOS et al., 2008).

Observando que a análise econômico/financeira foi apenas empregada nos tratamentos que apresentaram resultados com diferenças significativas (P<0,05) na análise estatística empregada, e seus diferentes desdobramentos, para a variável produtividade. Porém, atenção especial foi dedicada às análises de regressão aplicadas, em que foram considerados os valores estimados de produtividade para cada tratamento quantitativo; e na presença de resposta quadrática, também para o máximo da função, alcançado pelo ponto de máximo, que se originou pela derivação da equação obtida na regressão polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho agronômico

4.1.1 Safra 2007/2008

Não ocorreu nenhum efeito significativo, tanto isolado (efeito principal) como nas interações, para as variáveis altura de inserção de primeira vagem, altura de plantas e massa de 1.000 sementes. Para número de vagens por planta e produtividade, ocorreu efeito significativo para o fator isolado tratamento de sementes e doses aplicadas via foliar (Tabela 3). Mesmo efetuando todos os desdobramentos, não foi constatado significância (*P*>0,05).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de aplicação foliar e doses de aplicação foliar de biorregulador, no ano agrícola de 2007/2008.

F.V.[1]	G.L.[2]	Quadrados médios[3,4]				
		ALT	INS	VAG	PRD	MAS
S	1	78,013 ^{NS}	0,200 ^{NS}	627,200*	1777868,450*	2,113 ^{NS}
F	1	132,613 ^{NS}	0,800 ^{NS}	4,050 ^{NS}	18060,050 ^{NS}	0,013 ^{NS}
D	4	63,238 ^{NS}	1,450 ^{NS}	160,550*	686698,106*	2,231 ^{NS}
SXF	1	6,613 ^{NS}	3,200 ^{NS}	3,200 ^{NS}	9592,200 ^{NS}	2,813 ^{NS}
SXD	4	17,200 ^{NS}	0,57 ^{NS}	20,200 ^{NS}	31381,731 ^{NS}	2,019 ^{NS}
FXD	4	5,175 ^{NS}	0,175 ^{NS}	3,988 ^{NS}	14926,831 ^{NS}	2,294 ^{NS}
SXFXD	4	69,738 ^{NS}	1,075 ^{NS}	53,013 ^{NS}	198455,231 ^{NS}	2,406 ^{NS}
Blocos	3	203,813	1,400	100,984	355747,700	1,513
Resíduo	57	44,409	1,180	31,641	166108,726	1,776
Total	79					
Média Geral		62,230	10,300	47,730	3925,700	133,600
C.V. (%)		10,710	10,550	11,790	10,380	9,970

[1] Fontes de Variação: S = tratamento de sementes; F = estádio de aplicação foliar; D = dose em aplicação foliar;

[2] Graus de Liberdade.

[3] Variáveis: altura de plantas em cm (ALT); altura de inserção de primeira vagem em cm (INS); número de vagens por planta (VAG); produtividade em kg ha^{-1} (PRD); massa de 1.000 sementes em gramas (MAS).

[4] * significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. ^{NS} não-significativo.

Observa-se na Tabela 4 a superioridade estatística do tratamento de sementes com o biorregulador, para as variáveis, número de vagens por planta e produtividade de sementes. Este fato explicita a eficiência agronômica do uso do biorregulador em questão, no caso de tratamento de sementes, na dose de 0,500 L 100 kg $^{-1}$ de sementes. O efeito benéfico do tratamento de sementes com biorregulador também foi identificado por Klahold et al. (2006) e Ávila et al. (2008).

Tabela 4 – Desempenho agronômico da soja sob efeito do uso de biorregulador via tratamento de sementes (TS) e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2007/2008.

Tratamentos	Altura de plantas	Inserção de 1ª vagem	Número de vagens	Produtividade	Massa de 1.000 sementes
	(cm)	(cm)	(vagens planta^{-1})	(kg ha^{-1})	(g)
TS					
Sem	63,20	10,35	44,93 B	3776,25 B	133,70
Com	61,23	10,25	50,53 A	4074,78 A	133,50
Foliar					
V_5	63,50	10,40	47,50 A	3092,90 A	133,70
R_3	60,93	10,20	47,95 A	3116,75 A	133,50
Média Geral	62,21	10,30	47,73	3925,70	133,60
CV (%)	10,71	10,55	11,79	10,38	9,97

* Letras maiúsculas iguais, na coluna, para cada variável resposta e dentro de cada tratamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A adição equilibrada de análogos de hormônios tem a possibilidade de incrementar a performance das plântulas (VIEIRA; CASTRO, 2001). Um adequado balanço hormonal favorece o desenvolvimento vegetal (JANN; AMEN, 1977; TAIZ; ZEIGER, 2004; MARCOS FILHO, 2005). Dentre as funções específicas dos fitormônios e seus análogos, verifica-se que o ácido giberélico regula a expressão do gene para síntese de α-amilase, a qual hidrolisa o amido, durante a germinação das sementes. Dessa forma, o ácido giberélico tem a função de regulação na mobilização de reservas do endosperma durante o desenvolvimento das plântulas (ARTECA, 1996; BEWLEY, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2004). De acordo com diversos autores, cita-se que o ácido indolacético é o hormônio que exerce maior influência sobre o crescimento das raízes (YOUNG; EVAN, 1996). Portanto, existem

relatos na literatura que atestam a ação promotora de hormônios e análogos no processo germinativo, no desenvolvimento das plântulas e por decorrência, no estabelecimento da cultura por meio de um bom estande.

Deste modo, inferir-se que a aplicação de reguladores vegetais, contendo análogos de hormônios promotores, poderia afetar o desempenho das plântulas, quando em tratamento de sementes, o que corrobora com Vieira e Castro (2001). Plântulas bem desenvolvidas potencialmente levam a um melhor crescimento e desenvolvimento inicial da cultura, o que criaria condições propícias, melhorando as características agronômicas e também a produtividade. O que justifica os resultados apresentados por esse trabalho e podem ser retificados por informações contidas na literatura, como os trabalhos de Vieira e Castro (2001) e Ávila et al. (2008).

Rodrigues et al. (2002), trabalhando com o biorregulador Stimulate®, concluíram que o tratamento de sementes com o produto na concentração de 4 mL kg^{-1} de sementes, combinado com a aplicação foliar, promoveu maiores valores de área foliar e maiores incrementos na produtividade da cultura.

Algumas constatações foram obtidas por Castro e Vieira (2001), usando produto composto por reguladores vegetais de ação promotora, que verificaram na cultura da soja, plantas com sistemas radiculares mais desenvolvidos, apresentando raízes mais vigorosas com valores de massa seca, crescimento e comprimento total superiores aos encontrados nas plantas não-tratadas. Essa condição, verificadas desde o vegetativo, possibilita melhor e maior exploração dos recursos disponíveis no solo, como água e nutrientes minerais, aspecto que certamente influi positivamente na produtividade da cultura. Essas informações são de Vieira e Castro (2001), que se identificaram em outras espécies vegetais cultivadas, como o feijão (ALLEONI et al., 2000) e o algodão (SANTOS; VIEIRA, 2005; CHIAVEGATO et al., 2007).

Nas Figuras 3 e 4, observa-se comportamento quadrático em função das doses para as variáveis número de vagens e produtividade. Esses resultados denotam a influência do biorregulador, em que aumentos no número de vagens são acompanhados por acréscimos na produtividade.

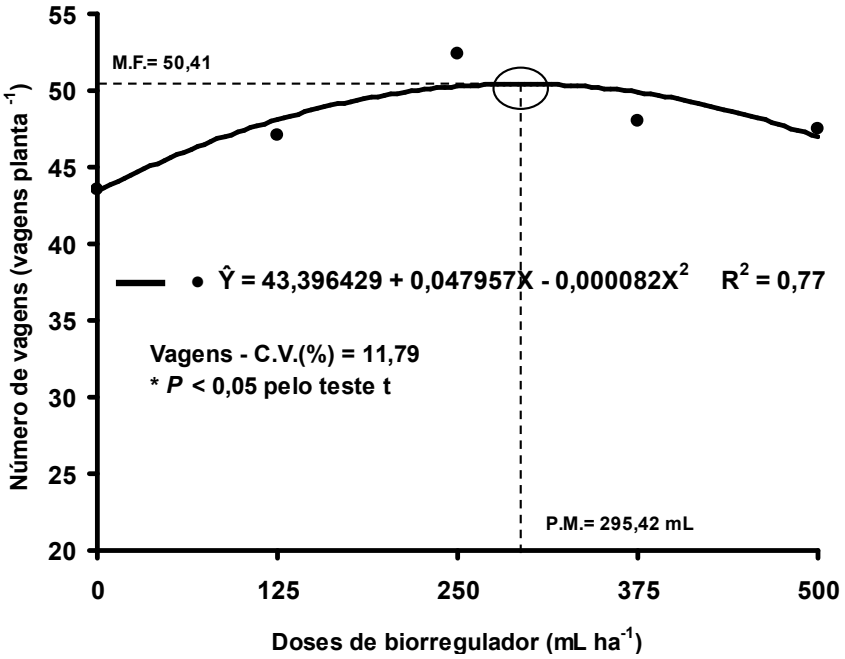

Figura 3 – Regressão polinomial do número de vagens por planta em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2007/2008.

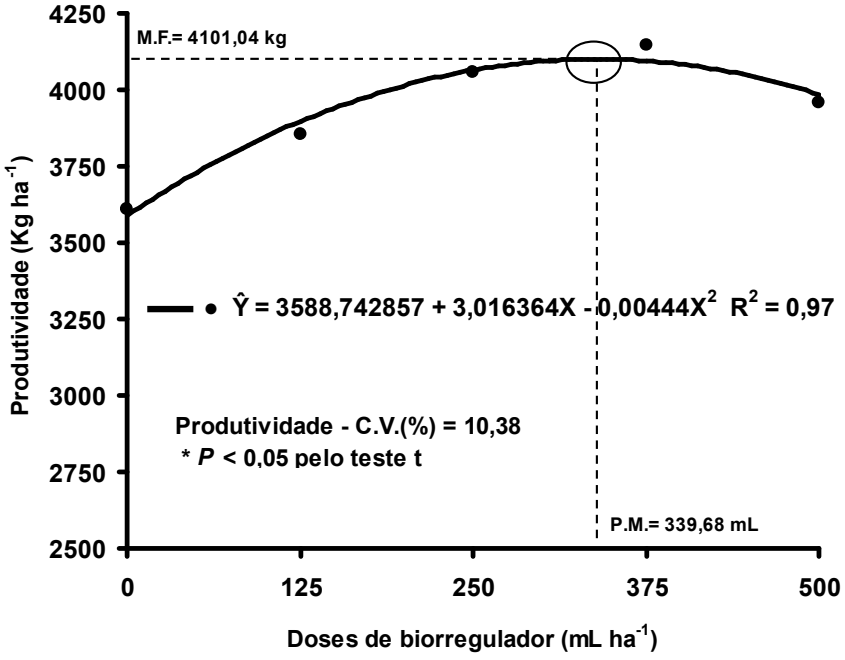

Figura 4 – Regressão polinomial da produtividade em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2007/2008.

O efeito do biorregulador levou a um ponto de máximo (PM) de 295,42 mL ha^{-1}, para a variável número de vagens, e de 339,68 mL ha^{-1}, para produtividade. O máximo da função (MF) para a variável número de vagens foi de 50,41 vagens por planta, enquanto que para produtividade (produtividade máxima) foi 4.101,04 kg ha^{-1} ou 68 sacas de 60 kg ha^{-1}. A dose foliar obtida no ponto de máximo para produtividade de sementes foi 89,68 mL superior à dose posicionada pela Embrapa (2008) e recomendada pelo fabricante, que é de 250 mL ha^{-1} para aplicação entre os estádios V_5 e V_6. Tal posicionamento é passível de ser revisto, em função de ensaios que forneçam resultados como os supramencionados. Doses poderão ser recomendadas em função da cultivar e época de aplicação.

Porém, doses crescentes têm um limite no tocante ao efeito promotor (ponto de máximo ou dose máxima recomendada); ultrapassando determinado limite (comportamento quadrático), ocorrem efeitos fisiológicos negativos ao crescimento e desenvolvimento vegetal, provavelmente em função do desbalanço hormonal (YANG et al., 1996; COENEN; LOMAX, 1997; VIEIRA; CASTRO, 2001; LEITE et al., 2003; TAIZ; ZEIGER, 2004; CASTRO, 2006a), o que corrobora com os resultados de outros autores (VIEIRA; CASTRO, 2001; KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008), que também obtiveram ou apontaram efeito desfavorável, quando do uso de altas doses do biorregulador avaliado; no entanto, os mesmos autores certificaram a eficácia do produto na elevação do desempenho agronômico da espécie em estudo. Portanto, certas doses talvez não beneficiem significativamente o desenvolvimento vegetal, e experimentos que forneçam resultados, como a presente pesquisa, são de válida contribuição ao definir limites no manejo de biorreguladores.

O provável desbalanço hormonal sugerido é ainda discutível, pois a compreensão do mecanismo de ação de hormônios e o controle hormonal exercido por agroquímicos precisa ser melhor esclarecido fisiologicamente (CASTRO, 2006a). Os hormônios e, seus análogos sintéticos, os reguladores de crescimento e/ou biorreguladores, participam na regulação de muitos processos do vegetal, incluindo divisão celular, morfogênese, alongamento, biossíntese de compostos e senescência (SANCHES, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2004); porém, pouco se conhece em relação às interações entre níveis de biorreguladores aplicados, momento de uso exógeno e reação do genótipo, em

determinado ambiente. Deste modo, ainda existem elucidações necessárias sobre os aspectos fisiológicos das interações mencionadas e seu efeito prático no desempenho agronômico da soja.

Apesar disso, diversos autores atestam o efeito promotor do biorregulador utilizado no desempenho das plântulas (VIEIRA; CASTRO, 2001), na performance das plantas (CATO et al., 2005; KLAHOLD et al., 2006; CAMPOS et al., 2008) e no incremento da produtividade da soja (CASTRO; VIEIRA, 2004; BRACCINI et al., 2006a e b; KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008; MOTERLE et al., 2008). Neste contexto, autores como Vieira et al. (2005) consideram que o Stimulate® deveria ser incorporado no sistema de produção da soja; seguindo essa tendência, a Embrapa Soja adotou em suas recomendações técnicas o uso de biorreguladores a partir de 2008 (EMBRAPA, 2008).

Aspecto que merece atenção, na safra 2007/2008, é o fato da regularidade climática, pois o período em estudo não foi marcado por extremos nos fenômenos climáticos, nem por circunstâncias de deficiência hídrica, ou falta de água associada a elevações exacerbadas de temperatura (Figura 1). A não-ocorrência de algum tipo de estresse marcante pode ter mitigado ou atenuado o efeito promotor do regulador utilizado em determinada fase fenológica distintivamente, já que existem trabalhos na literatura que relatam os benefícios do uso de biorreguladores com ação bioestimulante, em condições ambientais desfavoráveis (CASTRO, 2006; VASCONCELOS, 2006).

4.1.2 Safra 2008/2009

Não ocorreu nenhum efeito significativo, tanto isolado (efeito principal) como nas interações, para as variáveis altura de inserção de primeira vagem, altura de plantas e massa de 1.000 sementes. Para o número de vagens, houve efeito significativo para o fator isolado aplicação foliar e doses aplicadas via foliar (Tabela 5). No caso da variável produtividade, além de significância (P<0,05) para o efeito principal aplicação foliar e doses via foliar, também foram observados significâncias dentro dos desdobramentos na interação de segunda ordem (S x F x D). Nota-se que foram realizados todos os desdobramentos possíveis para todas as variáveis respostas averiguadas, independente do resultado da Anova (P<0,05).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de aplicação foliar e doses de aplicação foliar de biorregulador, no ano agrícola de 2008/2009.

F.V.[1]	G.L.[2]	Quadrados médios[3,4]				
		ALT	INS	VAG	PRD	MAS
S	1	0,200 ^{NS}	0,450 ^{NS}	0,450 ^{NS}	18150,313 ^{NS}	0,613 ^{NS}
F	1	9,800 ^{NS}	0,200 ^{NS}	61,250*	490314,613*	0,013 ^{NS}
D	4	4,438 ^{NS}	1,438 ^{NS}	42,857*	208361,157*	0,106 ^{NS}
SXF	1	9,800 ^{NS}	5,000 ^{NS}	4,050 ^{NS}	34903,013 ^{NS}	0,613 ^{NS}
SXD	4	24,450 ^{NS}	1,638 ^{NS}	6,294 ^{NS}	33327,969 ^{NS}	0,706 ^{NS}
FXD	4	40,675 ^{NS}	0,887 ^{NS}	29,219 ^{NS}	59565,144 ^{NS}	0,106 ^{NS}
SXFXD	4	6,738 ^{NS}	3,688 ^{NS}	8,957 ^{NS}	120202,981*	0,331 ^{NS}
Bloco	3	68,633	7,650	24,417	139665,579	0,046
Resíduo	57	30,195	2,729	13,531	47315,132	0,458
Total	79					
Média Geral		61,000	11,125	30,580	2859,190	13,360
C.V. (%)		9,010	14,850	12,030	7,610	5,090

[1] Fontes de Variação: S = tratamento de sementes; F = estádio de aplicação foliar; D = dose em aplicação foliar.
[2] Graus de Liberdade.
[3] Variáveis: altura de plantas em cm (ALT); inserção de primeiras vagens em cm (INS); número de vagens por planta (VAG); produtividade em kg ha^{-1} (PRD); massa de 1.000 sementes em gramas (MAS).
[4] * significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{NS} não-significativo.

Na Tabela 6, são visualizados os resultados referentes ao desempenho agronômico da soja sob efeito do biorregulador avaliado. Verifica-se que houve diferença significativa para a característica número de vagens por planta entre os estádios de aplicação foliar do produto, em que aplicações realizadas no estádio vegetativo (V_5) foram superiores as feitas na fase reprodutiva (R_3).

Em conformidade com os resultados analisados no primeiro ano agrícola (2007/2008), observa-se novamente que o número de vagens por planta foi a variável que melhor explicou os incrementos obtidos no rendimento com o uso do produto via pulverização foliar. Entende-se que aumentando o número de nós por planta e, por consequência, o número de vagens (SANTOS, 2008), é possível alcançar maiores produtividades, já que tais parâmetros são usados na seleção de genótipos para elevadas produtividades (CARVALHO et al., 2002).

Tabela 6 – Desempenho agronômico da soja sob efeito do uso de biorregulador via tratamento de sementes (TS) e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2008/2009.

Tratamentos	Altura de plantas	Inserção de 1ª vagem	Número de vagens	Produtividade	Massa de 1.000 Sementes
	(cm)	(cm)	(vagens planta^{-1})	(kg ha^{-1})	(g)
TS					
Sem	60,95	11,05	30,50 A	2844,13	132,80
Com	61,05	11,20	30,65 A	1874,25	134,50
Foliar					
V_5	61,35	11,08	31,45 A	2937,48	133,70
R_3	60,65	11,18	29,70 B	2780,90	133,50
Média Geral	61,00	11,13	30,50	2859,19	133,60
CV (%)	9,01	14,85	12,03	7,61	5,07

* Letras maiúsculas iguais, na coluna, para cada variável resposta e dentro de cada tratamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quanto à variável produtividade (Tabela 7), o desdobramento na análise estatística permitiu distinguir que a aplicação foliar no estádio V_5 foi superior àquela realizada no R_3, na dose de 375 mL ha^{-1}, quando houve tratamento de sementes. Por outro lado, o tratamento de sementes superou a ausência de tratamento, com aplicação de 125 mL ha^{-1} via foliar no estádio R_3, ou seja, o tratamento de sementes foi efetivo apenas quando realizado com dose baixa no estádio R_3.

Tabela 7 – Produtividade da soja (kg ha^{-1}), na ausência e presença de tratamento de sementes, em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2008/2009.

Doses (mL ha^{-1})	Sem tratamento de sementes		Com tratamento de sementes	
	Foliar - V_5	Foliar – R_3	Foliar - V_5	Foliar – R_3
	Produtividade (kg ha^{-1})			
0	2759,00 Aa	2599,25 Aa	2767,25 Aa	2741,25 Aa
125	2984,00 Aa	2711,75 Ba	2856,75 Aa	3157,50 Aa
250	3018,00 Aa	2780,75 Aa	2952,25 Aa	2862,75 Aa
375	3073,25 Aa	2947,25 Aa	3203,75 Aa	2712,25 Ab
500	2882,25 Aa	2705,75 Aa	2878,25 Aa	2610,50 Aa
Média	2943,30	2744,95	2931,65	2816,85
CV (%)	7,61			

* Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estádio e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F. Letras minúsculas iguais, na linha, entre estádios de aplicação e, dentro de cada tratamento de sementes e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os fatos supramencionados e visualizados na Tabela 7 apontam que a eficácia agronômica do biorregulador avaliado se refere a condições específicas de uso, para o ano agrícola em questão (2008/2009), já que na safra anterior (2007/2008) os dados não permitiram a discriminação de diferenças (P>0,05) dentro de estádios, tratamento de sementes e doses via aplicação foliar.

Os resultados diferenciados expressos dentro de cada ano agrícola, provavelmente foram reflexos de um comportamento climático distinto (Figura 1), em que se nota, de forma nítida, a ocorrência de déficit hídrico na safra 2008/2009 (Figura 2). O que permite inferir um conjunto de fatores ecofisiológicos que em conjunto, ou isoladamente, podem interferir na performance de biorreguladores.

Na Figura 5, é possível visualizar a curva quadrática ajustada, por meio de análise de regressão, para a característica número de vagens por planta; nota-se reciprocidade de comportamento para essa mesma variável na safra 2007/2008.

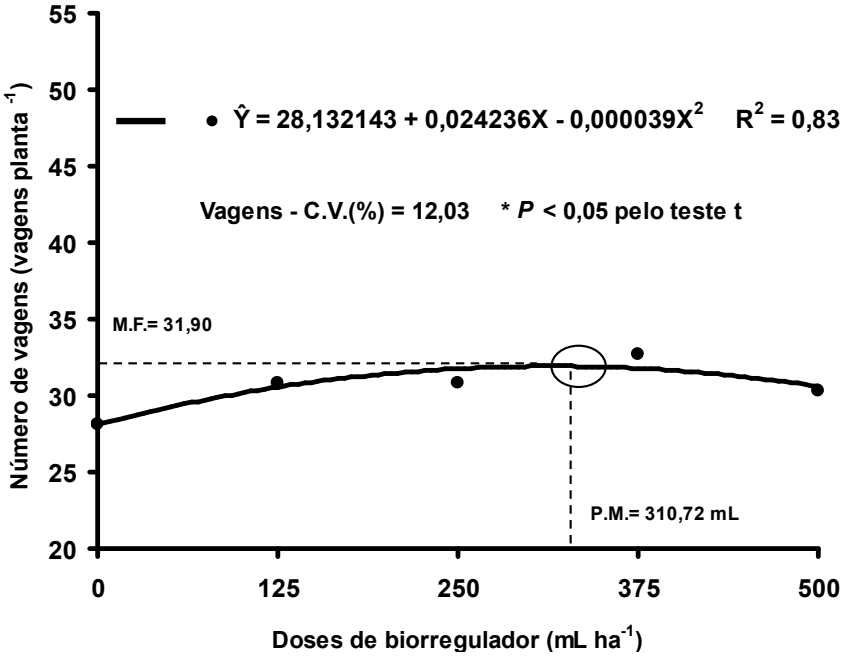

Figura 5 – Regressão polinomial do número de vagens por planta em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2008/2009.

Em contrapartida, no desdobramento da interação dose dentro de cada estádio de aplicação foliar e tratamento de sementes (Dose/Estádio*TS) foi possível ajustar modelos de regressão polinomial apenas para a variável produtividade, para aplicações em V_5 e sem tratamento de sementes, com comportamento quadrático (Figura 6).

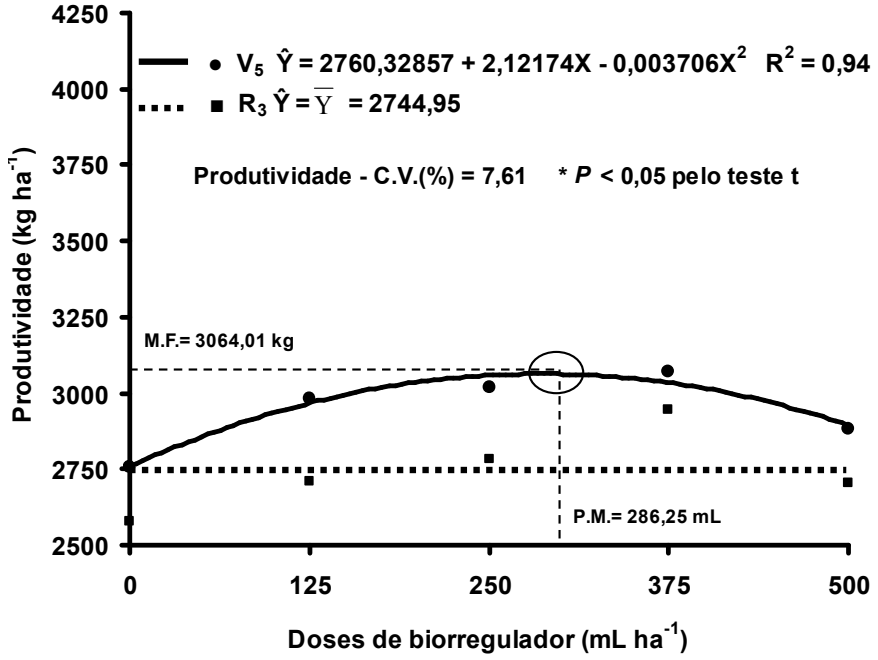

Figura 6 – Regressão polinomial da produtividade de sementes (kg ha^{-1}) em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009.

Para número de vagens por planta, o ponto de máximo (PM) foi igual a 310,72 mL ha^{-1} e o máximo da função (MF) foi de 31,90 vagens por planta. No tocante à produtividade, o ponto de máximo foi igual a 286,25 mL ha^{-1}, e o máximo da função de 3.064,01 kg ha^{-1} ou 51,07 sacas de soja ha^{-1} (em V_5 e sem tratamento de sementes). Deste modo, enquanto na safra anterior a produtividade máxima foi de 4.101,04 kg ha^{-1}, a da safra 2008/2009, obteve uma produtividade máxima 1.037,03 kg ha^{-1} menor em números absolutos. Esse resultado explica-se, provavelmente, em virtude de atipicidade climática

ocorrida nessa última safra, conforme consta no gráfico de balanço hídrico contido na Figura 2, que aponta a ocorrência de déficit hídrico para o ano em questão.

Diante dos resultados, é válido afirmar que quando efetuado o tratamento de sementes com o biorregulador, para o ano agrícola de 2008/2009, não houve respostas significativas para doses, no que se refere à produtividade de sementes. Porém, aplicações foliares realizadas em V_5 ou R_3, levaram a alteração no número de vagens por planta, em função das doses. Isso denota a efetividade da aplicação foliar do regulador de crescimento em modificar as características agronômicas das plantas de soja.

Quanto aos estádios, é marcante o fato de que somente aplicações em V_5 promoveram incrementos na produtividade de sementes (quando as sementes não foram tratadas).

Cato et al. (2005) sugerem que uma possível interação entre auxinas, giberelinas e citocininas (análogas), presentes no Stimulate®, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular, quando aplicação realizada em V_5.

Aplicações no período vegetativo podem propiciar condições de elevação do potencial produtivo que será consolidado na fase reprodutiva. Esse aspecto pode ser entendido pelo desenvolvimento da cultura (LUCCHESI, 1987; BERGAMIN et al., 1999; FARIAS et al., 2007; SANTOS, 2008; NOGUEIRA et al., 2009); observando que o número total de nós que a planta de soja produzirá é definido em V_5 (INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS, 1994; BERGAMIN et al., 1999). Elementos de manejo, que no processo fisiológico de desenvolvimento favoreçam o aumento no número de nós, podem gerar maior número de racemos, por decorrência, de flores e, possivelmente de vagem com sementes.

Klahold et al. (2006) constataram que a aplicação de biorregulador proporcionou incremento no número de vagens, no número de grãos e na produção por planta, na cultura da soja; há também a pesquisa de Fresoli et al. (2009) detectaram aumento no número de ramificações, inserções e vagens, que corresponderam em incremento na produtividade; e Crosby et al. (1978), que identificaram o aumento na produção de sementes pelo uso de citocininas.

Portanto, em termos de manejo de aplicação do biorregulador na cultura da soja e com base nos resultados obtidos em 2008/2009, deve-se

optar preferencialmente pela aplicação do produto via pulverização foliar e no estádio V_5, em dose não superior a 286 mL ha^{-1} (ponto de máximo da segunda safra), aproximando-se do posicionamento adotado pela Embrapa (2008), em termos de estádio de aplicação.

Argumentos que justificariam esse posicionamento solidificam-se na hipótese confirmada de que nem sempre o tratamento de sementes seria efetivamente funcional no incremento no desempenho agronômico, uma vez que, para o ano agrícola 2008/2009, o tratamento de sementes com o biorregulador só apresentou diferença significativa (P<0,05), quando foi associado com aplicação foliar no estádio reprodutivo, na dose de 125 mL ha^{-1}.

Outra conjectura está balizada na premissa de que, se for efetuada a aplicação foliar, que a mesma seja realizada em V_5, pois na safra 2007/2008 não foi possível distinguir qual dos estádios (entre os avaliados) foi o melhor. Contudo, ambos os estádios apresentaram resposta significativa para os tratamentos quantitativos (efeito principal significativo). No entanto, as condições ambientais proporcionaram que na safra 2008/2009 o estádio V_5 apresentasse resposta significativa na análise de regressão, permitindo o ajuste de uma equação quadrática, em resposta ao incremento nas doses do biorregulador.

A obtenção de resultados favoráveis com a aplicação foliar do produto no estádio V_5, conforme evidenciado no ano agrícola de 2008/2009 concorda com o proposto por outros autores que indicam o uso de biorreguladores e bioestimulantes com ação promotora com o propósito de atenuar o efeito deletério de algum estresse abiótico, como o hídrico ou o térmico (ZHANG; SCHMIDT, 1999; KARNOK, 2000; ZHANG; ERVIN, 2004). Desse modo, o biorregulador em questão, usado antes ou durante do estresse, poderia contribuir para mitigar os efeitos negativos das condições climáticas adversas, desde que estas condições não inviabilizem a tecnologia de aplicação do produto, a absorção e a metabolização do mesmo (SANCHES, 2000).

Contudo, os resultados apenas corroboram potencialmente, e não definitivamente, com a hipótese, sendo, portanto, necessários mais ensaios que atestem a real eficácia do uso de biorreguladores em condições de estresse abiótico. Experimentos que avaliem além de variáveis agronômicas, caracteres fisiológicos e bioquímicos.

Albrecht et al. (2009) observaram baixa produtividade média, obtida pela testemunha, em seu trabalho utilizando biorregulador na cultura do algodoeiro. Segundo os autores, esse resultado supostamente ocorreu em virtude das condições climáticas desfavoráveis observadas no decorrer do desenvolvimento da cultura, que se caracterizaram por um período de estiagem. O mesmo foi mais evidente no mês de dezembro de 2005 e início de janeiro de 2006, conforme observado nos resultados de balanço hídrico. Essas mesmas condições de estresse que desencadearam baixo rendimento da testemunha, ocasionado por um "*strain*" plástico (como queda das estruturas reprodutivas) (TAIZ; ZEIGER, 2004), proporcionaram a expressão dos efeitos benéficos da aplicação do biorregulador Stimulate® na cultura, apresentando comprovado efeito atenuador sobre os efeitos do estresse ambiental, segundo os autores.

Vários trabalhos que, hipotetizam por meio de resultados, a melhoria da resistência das plantas ao estresse hídrico, quando são submetidas à aplicação de produtos à base de biorreguladores ou de bioestimulantes. Os níveis das atividades das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) têm sido determinados e, de maneira geral, aumentam com o uso de bioestimulantes (ZHANG; ERVIN, 2004; KARNOK, 2000; ZHANG; SCHMIDT, 1999). A relação íntima entre a atividade antioxidante e a tolerância ao estresse tem sido identificada em culturas como o milho (*Zea mays* L.) (MALAN et al., 1990) e tabaco (*Nicotiana tabacum*) (PERL et al., 1993).

Outro variável que tem sido melhorado nas plantas com a aplicação de bioestimulantes e/ou biorreguladores é a eficiência fotoquímica (RICHARDSON et al., 2004). A tolerância ao estresse e o incremento fotossintético podem, portanto, promover aumentos na produtividade, conforme evidenciado nos resultados do trabalho de Albrecht et al. (2009). Fresoli et al. (2009) obtiveram efeitos benéficos e significativos do uso do Stimulate® sobre os componentes de rendimento da soja, em condições de estresse hídrico.

Considerando que o crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados por uma série de hormônios vegetais, cujas biossíntese e degradação se produzem em resposta a uma complexa interação de fatores fisiológicos, metabólicos e ambientais (DARIO et al., 2005). A introdução de

análogos desses hormônios promotores pode influenciar, condicionar, estimular e potencializar os resultados positivos, como realçado por resultados apresentados.

Portanto, o uso de biorreguladores com ação promotora, é passível de serem recomendados para uso na sojicultura, focando elevação na produtividade, conforme resultados da presente exposição. No entanto, quando a aplicação for via foliar, o que é mais indicado, doses elevadas tendem ser prejudiciais, e são mais responsivas quando aplicadas no estádio vegetativo.

4.2 Qualidade das sementes

4.2.1 Safra 2007/2008

As variáveis avaliadas, referentes à qualidade das sementes, dentre elas, condutividade elétrica e sanidade, apresentaram efeito significativo (P<0,05) da interação de segunda ordem (tratamento de sementes x aplicação foliar x estádio de desenvolvimento), sendo, portanto, realizados os desdobramentos necessários. Para as variáveis referentes à germinação (contagem final e primeira contagem), mesmo não apresentando diferença para as interações de primeira e segunda ordem, foi efetuado o desdobramento das interações, possibilitando que fossem encontradas diferenças, mesmo no desdobramento da interação tripla (P<0,05) (Tabela 8).

As duas contagens do teste de germinação (Tabela 9) apresentaram diferenças significativas entre estádios de aplicação foliar. Contudo, houve diferença entre ausência e presença de tratamento de sementes apenas para a variável primeira contagem do teste de germinação (indicativo do vigor). Destaca-se que, quando não houve tratamento de sementes, para a primeira e segunda dose do produto, aplicações foliares realizadas no estádio R_3 foram superiores às realizadas no estádio V_5, tanto para germinação quanto no vigor das sementes. Além disso, pulverizações realizadas no estádio R_3, na primeira e última dose, quando não se tratou as sementes com biorregulador, o vigor das sementes, avaliado por meio da primeira contagem, foi superior.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas via foliar, no ano agrícola de 2007/2008.

F.V.[1]	G.L.[2]	Quadrados médios[3,4]			
		GER	VIG	CE	SAN
S	1	28,800 ^{NS}	21,013 ^{NS}	460,800 ^{NS}	1087,813*
F	1	9,800 ^{NS}	7,813 ^{NS}	10951,200*	78,012 ^{NS}
D	4	29,956 ^{NS}	44,706 ^{NS}	2624,481*	1939,575*
SXF	1	369,800*	812,813*	11664,450*	16675,313*
SXD	4	74,394 ^{NS}	120,294*	1001,019 ^{NS}	603,813*
FXD	4	283,956*	262,031*	673,981 ^{NS}	191,700 ^{NS}
SXFXD	4	31,019 ^{NS}	20,094 ^{NS}	2640,544*	915,938*
Bloco	3	25,933	40,146	1083,350	147,946
Resíduo	57	47,556	47,041	912,613	174,928
Total	79				
Média Geral		76,350	71,540	143,080	55,490
C.V. (%)		9,030	9,590	21,110	23,840

[1] Fontes de Variação: S = tratamento de sementes; F = estádio de aplicação foliar; D = dose em aplicação foliar.
[2] Graus de Liberdade.
[3] Variáveis: contagem final do teste de germinação em percentagem (GER); primeira contagem do teste de germinação em percentagem (VIG); condutividade elétrica em μS cm^{-1} g^{-1} (CE); sanidade das sementes em percentagem (SAN).
[4] * significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{NS} não-significativo.

Tabela 9 – Plântulas normais obtidas na primeira contagem (vigor) e na contagem final do teste de germinação das sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2007/2008.

Doses (mL ha^{-1})	Sem tratamento de sementes		Com tratamento de sementes	
	Foliar - V_5	Foliar – R_3	Foliar - V_5	Foliar - R_3
	Germinação – contagem final (% plântulas normais)			
0	69,00 Ab	84,50 Aa	76,00 Aa	76,50 Aa
125	68,75 Ab	81,50 Aa	74,50 Aa	75,25 Aa
250	69,00 Aa	76,75 Aa	76,75 Aa	77,25 Aa
375	82,75 Aa	74,75 Aa	85,50 Aa	69,00 Ab
500	82,75 Aa	79,75 Aa	75,00 Aa	71,75 Aa
Média	74,45	77,55	79,45	73,95
CV (%)	9,03			
	Vigor – primeira contagem (% plântulas normais)			
0	63,50 Ab	81,00 Aa	72,75 Aa	71,25 Ba
125	63,00 Ab	78,00 Aa	70,25 Aa	70,50 Aa
250	61,75 Ba	71,00 Aa	75,00 Aa	71,25 Aa
375	79,00 Aa	72,25 Aa	79,75 Aa	65,25 Ab
500	75,50 Aa	75,50 Aa	71,75 Aa	62,50 Ba
Média	68,55	75,55	73,90	68,15
CV (%)	9,59			

* Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estádio e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F. Letras minúsculas iguais, na linha, entre estádios de aplicação e, dentro de cada tratamento de sementes e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na avaliação da condutividade elétrica das sementes (Tabela 10), houve diferença significativa (*P*<0,05) no tratamento de sementes e entre os estádios de aplicação foliar, somente dentro das doses mais elevadas do Stimulate®. Já, no teste de sanidade das sementes, houve maiores distinções dentro das doses.

Tabela 10 – Condutividade elétrica e sanidade das sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2007/2008.

Doses (mL ha^{-1})	**Sem tratamento de sementes**		**Com tratamento de sementes**	
	Foliar – V_5	Foliar – R_3	Foliar – V_5	Foliar - R_3
	Condutividade elétrica (µS cm^{-1} g^{-1})			
0	145,25 Aa	136,75 Aa	122,25 Aa	140,00 Aa
125	129,25 Aa	149,00 Aa	122,75 Aa	160,75 Aa
250	118,25 Aa	143,25 Aa	121,25 Aa	146,25 Aa
375	151,00 Aa	135,50 Aa	113,50 Ab	166,50 Aa
500	161,50 Aa	137,00 Aa	128,75 Ab	232,75 Ba
CV (%)	21,11			
	Sanidade (% Total de fungos)			
0	64,00 Aa	47,50 Aa	33,75 Bb	53,00 Aa
125	80,00 Aa	28,00 Bb	45,75 Bb	82,25 Aa
250	56,00 Aa	37,75 Aa	46,75 Aa	45,00 Aa
375	74,00 Aa	35,75 Bb	25,00 Bb	62,25 Aa
500	99,00 Aa	69,75 Ab	40,50 Bb	83,75 Aa
CV (%)	23,84			

* Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estádio e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F. Letras minúsculas iguais, na linha, entre estádios de aplicação e, dentro de cada tratamento de sementes e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para a variável condutividade elétrica, salienta-se que os valores observados dentro de tratamento de sementes com biorregulador e para as duas últimas doses, que as aplicações realizadas em R_3, em comparação com a pulverização foliar no V_5, propiciaram maiores valores de condutividade elétrica das sementes, o que indica maior lixiviação de íons; portanto, infere-se que tais sementes estejam com menor potencial fisiológico.

Ressalta-se, dentre as diferenças apontadas pelo teste F (*P*<0,05) na variável sanidade das sementes, que quando aplicações foram realizadas no V_5, com a exceção da dose de 250 mL ha^{-1}, ocorreu diferença entre ausência e presença de tratamento de sementes com biorregulador, e a ausência de

tratamento permitiu a obtenção de sementes com qualidade sanitária inferior do que a presença de tratamento. Quanto às distinções entre estádios, mencionam-se as ocorridas dentro das duas últimas doses do produto, tanto para ausência como presença de tratamento de sementes. Salienta-se que aplicações realizadas no estádio R_3 permitiram a obtenção de sementes com menor porcentagem de infecção por fungos, quando não foi efetuado o tratamento de sementes com biorregulador. Ao contrário, aplicações realizadas no estádio V_5 propiciaram a produção de sementes com qualidade sanitária superior, na presença de tratamento de sementes (Tabela 10).

O ajuste de modelos para análise de regressão (Figuras 7, 8, 9 e 10) somente foi possível dentro dos tratamentos em que o biorregulador foi usado nas sementes, para a variável condutividade elétrica, e nos tratamentos em que não foi usado nas sementes, para as duas contagens do teste de germinação e no teste de sanidade.

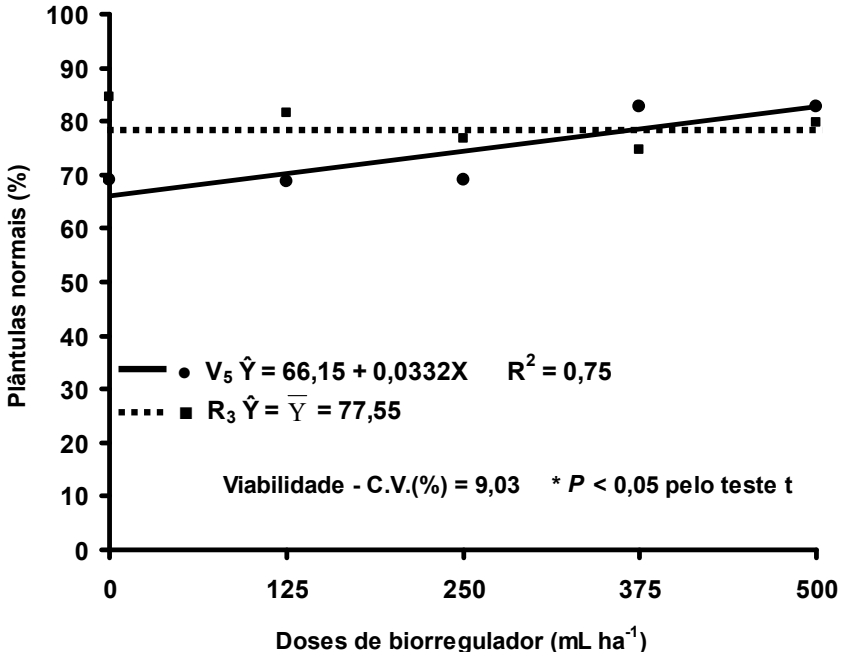

Figura 7 – Regressão polinomial da porcentagem das plântulas normais obtida no teste de germinação das sementes (contagem final), em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008.

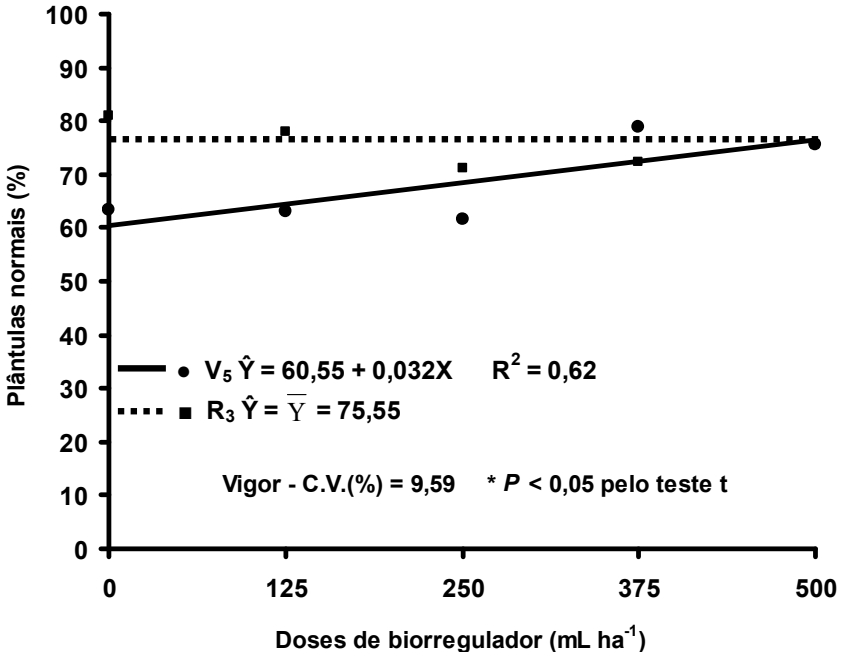

Figura 8 – Regressão polinomial da percentagem das plântulas normais obtida na primeira contagem (vigor) do teste de germinação das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008.

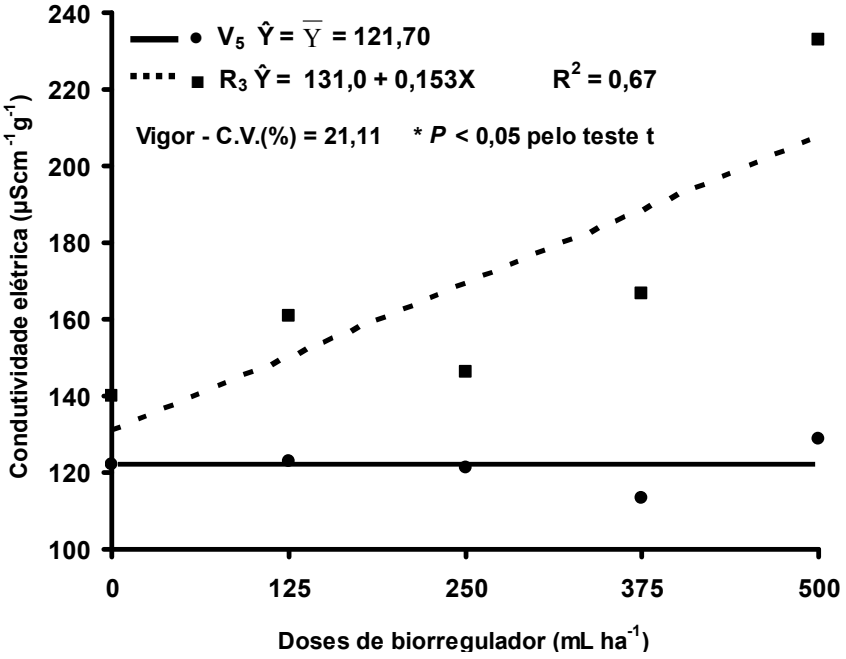

Figura 9 – Regressão polinomial da condutividade elétrica das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e com tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008.

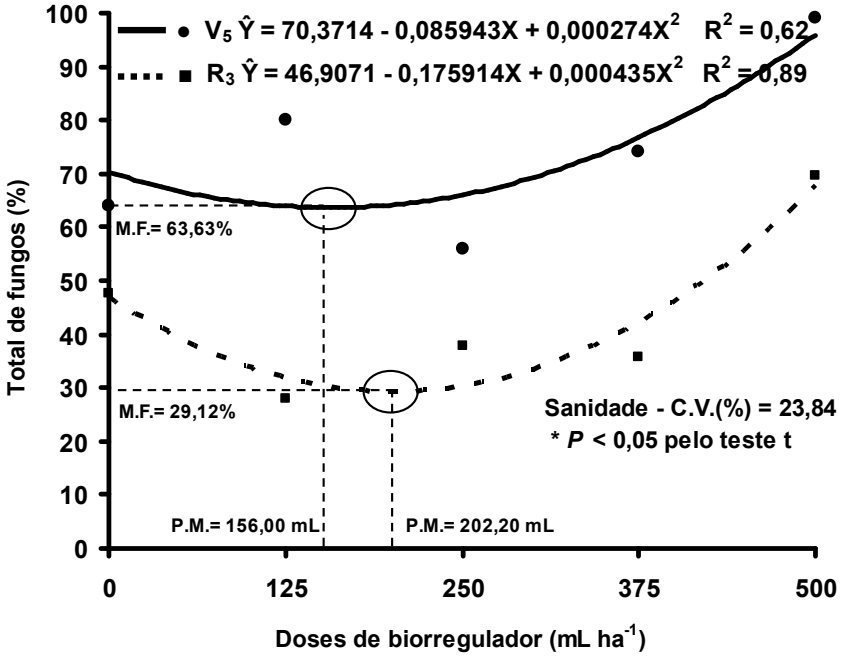

Figura 10 – Regressão polinomial da porcentagem total de fungos obtida no teste de sanidade das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008.

Os resultados referentes à regressão polinomial para o tratamento quantitativo dose (dentro de tratamento de sementes e estádio de aplicação), possibilitou vislumbrar que a aplicação de biorregulador na fase vegetativa, mais especificamente em V_5, possui efeito na germinação e vigor das sementes (Figuras 7 e 8), já que a resposta foi linear crescente. Porém, a resposta sucedeu quando não ocorreu o tratamento de sementes com o biorregulador Stimulate®. Esses resultados não corroboram plenamente com Ávila et al. (2008), que obtiveram alguns valores negativos, em relação à testemunha, quanto à germinação das sementes de soja e no teste de classificação do vigor das plântulas, utilizando o mesmo biorregulador, só que na formulação concentrada.

Os valores de condutividade elétrica (Figura 9) indicam que, aumentos nas doses do biorregulador aplicadas via foliar no estádio R_3, quando somadas ao tratamento de sementes, podem prejudicar o vigor das sementes, uma vez que a condutividade elétrica aumentou em 0,153 μS cm^{-1} g^{-1} (coeficiente

angular) a cada 1 mL ha^{-1} aplicado na fase reprodutiva. O potencial fisiológico diminuiu linearmente com o incremento da dose via foliar no estádio reprodutivo, quando foi realizado o tratamento das sementes com biorregulador. Essa condição denota menor qualidade fisiológica das sementes, quando biorregulador empregado em R_3.

Valores superiores de condutividade elétrica indicam problemas na permeabilidade seletiva das membranas (MARCOS FILHO, 2005), identificado pela maior presença de íons que conduzem a corrente elétrica na solução em que foi embebida as sementes. Danos as membranas podem derivar do processo deteriorativo nas sementes, e esse está atrelado à presença de radicais livres procedentes do metabolismo. Um desbalanço nos níveis hormonais, ocasionado pela introdução de análogos, via exógena, pode levar a distúrbios metabólicos, os quais potencialmente geram radicais livres.

Supõe-se que os mesmos reguladores vegetais que podem incrementar a síntese de substâncias antioxidantes, também induzir, quando mal manejados, a produção de radicais livres. Porém, as menções apenas se limitam a esfera das especulações científicas, as quais ainda precisam ser melhores esclarecidas experimentalmente.

Por outro lado, a análise da sanidade das sementes (Figura 10) permitiu determinar uma dose ótima (156,0 mL ha^{-1} em V_5 e 202,2 mL ha^{-1} em R_3, na ausência de tratamento de sementes), no qual é possível obter sementes com a menor porcentagem de patógenos, portanto, melhor qualidade sanitária. Esses resultados confirmam o exposto por Ávila et al. (2008) que indicaram alteração nos valores de incidência de fungos nas sementes de soja com o uso do mesmo biorregulador na formulação concentrada.

Os resultados obtidos demonstram a influência do biorregulador na cultura da soja, pelos efeitos notados na qualidade das sementes, o que corrobora parcialmente com a literatura pertinente, no que concerne aos aspectos agronômicos (CASTRO, 1980; VIEIRA; CASTRO, 2001; CASTRO, 2006; KLAHOLD et al., 2006; VASCONCELOS, 2006; ÁVILA et al., 2008; CAMPOS et al., 2008), bem como no que se refere aos poucos trabalhos disponíveis na literatura, oriundos da avaliação da qualidade das sementes (ÁVILA et al., 2008).

A questão a ressaltar é que nem sempre o tratamento de sementes contribui na elevação na qualidade das sementes, quando associado a aplicações foliares, sobretudo no estádio R_3, conforme indicado na Figura 9, relacionado à condutividade elétrica das sementes. Outro aspecto a ser observado se refere à germinação das sementes, que pode ser aumentada com o uso do biorregulador, porém, quando a aplicação é realizada via foliar no estádio V_5, somente quando não ocorre tratamento de sementes. No entanto, doses aplicadas no estádio vegetativo, assim como no reprodutivo, não devem ser muito elevadas, causando prejuízo na qualidade sanitária das sementes de soja, quando na ausência de tratamento de sementes com biorregulador.

4.2.2 Safra 2008/2009

No segundo ano agrícola, nas variáveis referentes à qualidade das sementes, apenas o vigor das sementes, obtido na primeira contagem de germinação, e a sanidade apresentaram algum efeito significativo (P<0,05) (Tabela 11).

Tabela 11 – Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas via foliar, no ano agrícola de 2008/2009.

F.V.[1]	G.L.[2]	Quadrados médios[3,4]			
		GER	VIG	CE	SAN
S	1	25,3125 ^{NS}	0,20 ^{NS}	9,8000 ^{NS}	23,1125 ^{NS}
F	1	1,0125 ^{NS}	7,201 ^{NS}	198,4500 ^{NS}	3,6125 ^{NS}
D	4	52,675 ^{NS}	50,875 ^{NS}	641,2000 ^{NS}	326,0500*
SXF	1	1,5125 ^{NS}	33,800 ^{NS}	352,8000 ^{NS}	70,3125 ^{NS}
SXD	4	17,50 ^{NS}	71,825*	205,3000 ^{NS}	74,4250 ^{NS}
FXD	4	52,70 ^{NS}	44,325 ^{NS}	392,6375 ^{NS}	167,8000 ^{NS}
SXFXD	4	43,325 ^{NS}	44,675 ^{NS}	298,1125 ^{NS}	158,3750 ^{NS}
Bloco	3	7,745830	10,133000	45,4830	123,8125
Resíduo	57	33,149342	24,308772	341,6346	109,8125
Total	79				
Média Geral		75,41	60,00	136,08	55,09
C.V. (%)		7,63	8,22	13,58	19,02

[1] Fontes de Variação: S = tratamento de sementes; F = estádio de aplicação foliar; D = dose em aplicação foliar.
[2] Graus de Liberdade.
[3] Variáveis: contagem final do teste de germinação em percentagem (GER); primeira contagem do teste de germinação em percentagem (VIG); condutividade elétrica em μS cm^{-1} g^{-1} (CE); sanidade das sementes em percentagem (SAN).
[4] * significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{NS} não-significativo.

Foi realizado o desdobramento das interações, para todos os caracteres analisados, possibilitando que fossem encontradas diferenças, mesmo no desdobramento da interação de segunda ordem (tratamento de sementes x aplicação foliar x estádio de desenvolvimento) (P<0,05) para a variável vigor (na primeira contagem do teste de germinação).

Na Tabela 12 encontram-se as médias obtidas nos efeitos principais pertinentes a cada fator avaliado. Reitera-se a ausência de distinção entre os valores pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Tabela 12 – Qualidade das sementes de soja sob o efeito do uso de biorregulador em tratamento de sementes e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2008/2009.

Tratamentos	**Germinação**	**Vigor – primeira contagem**	**Condutividade elétrica**	**Sanidade**
	(% plântulas normais)	(% plântulas normais)	(µS cm^{-1} g^{-1})	(% total de fungos)
TS				
Sem	75,98	59,95	136,43	55,63
Com	78,50	60,05	135,73	54,55
Foliar				
V_5	75,53	59,70	134,50	55,30
R_3	75,30	60,30	137,65	54,88
Média Geral	75,41	60,00	136,08	55,09
CV (%)	7,63	8,22	13,58	19,02

* Letras maiúsculas iguais, na coluna, para cada variável resposta e dentro de cada tratamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se que apenas para a variável sanidade das sementes houve diferença estatística dentro do efeito principal dose (Figura 11). Quanto à variável vigor das sementes, obtido na primeira contagem do teste de germinação, os resultados oriundos do desdobramento encontram-se na Tabela 13 e na Figura 12.

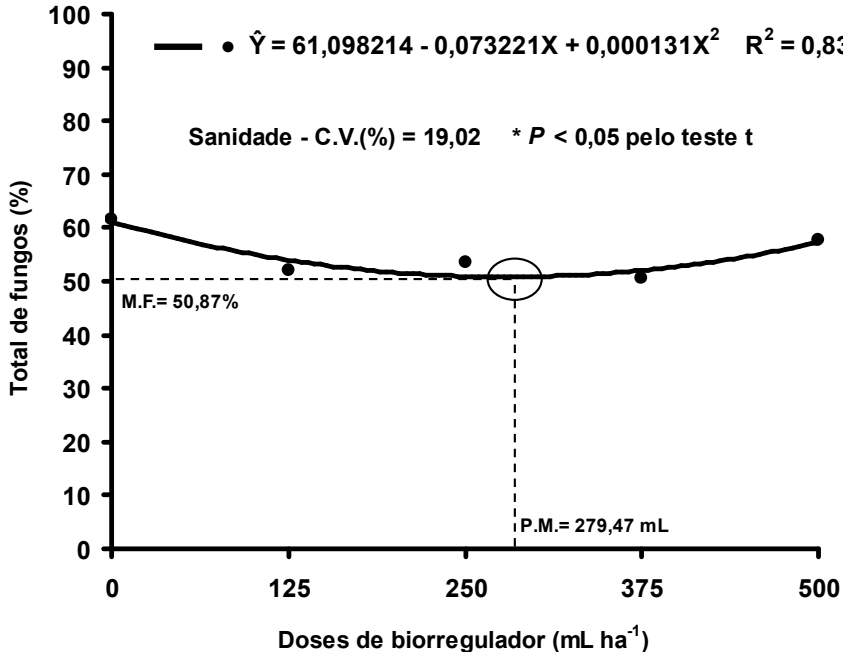

Figura 11 – Regressão polinomial da sanidade das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na ausência e presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009.

Tabela 13 – Plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação das sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2008/2009.

Doses (mL ha^{-1})	Sem tratamento de sementes		Com tratamento de sementes	
	Foliar - V_5	Foliar - R_3	Foliar - V_5	Foliar - R_3
	Vigor – primeira contagem (% plântulas normais)			
0	59,50 Aa	60,50 Aa	54,50 Aa	61,00 Aa
125	64,50 Aa	63,00 Aa	58,50 Aa	62,00 Aa
250	67,50 Aa	58,00 Ab	61,00 Aa	60,50 Aa
375	54,50 Aa	54,50 Ba	60,50 Aa	62,50 Ab
500	55,50 Aa	62,00 Aa	61,00 Aa	61,00 Aa
Média	60,30	59,60	59,10	61,00
CV (%)	8,22			

* Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estádio e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F. Letras minúsculas iguais, na linha, entre estádios de aplicação e, dentro de cada tratamento de sementes e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

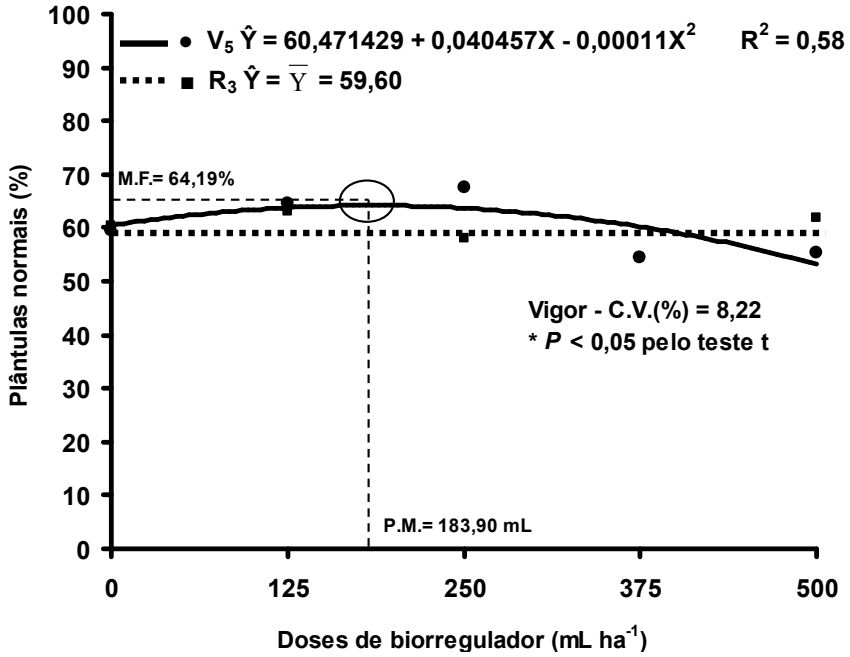

Figura 12 – Regressão polinomial da porcentagem das plântulas normais obtidas na primeira contagem (vigor) do teste de germinação das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009.

Os resultados do vigor das sementes de soja, apresentados na Tabela 13, caracterizaram diferença significativa entre ausência e presença de tratamento de sementes. Nota-se que o tratamento das sementes com 500 mL 100 kg^{-1} de sementes mostrou-se eficiente, quando associado com aplicação foliar em R_3 e na dose de 375 mL ha^{-1} do produto Stimulate®. No tocante às distinções entre estádios fenológicos, observa-se que pulverizações realizadas no estádio V_5 foram superiores às realizadas no R_3, quando foram usadas as doses de 250 e 375 mL ha^{-1}, na ausência e presença de tratamento de sementes, respectivamente. Portanto, o tratamento das sementes e as aplicações foliares em V_5 tendem a apresentar resultados superiores diante das condições experimentais ocorridas no ano agrícola de 2008/2009.

No que concerne ao desdobramento dos tratamentos quantitativos da mesma variável mencionada anteriormente (Figura 11), observa-se pela análise de regressão que apenas aplicações foliares em V_5 apresentaram efeito significativo em resposta as doses utilizadas e, particularmente quando

não ocorreu o tratamento de sementes com o biorregulador. O modelo matemático ajustado permitiu obter um ponto de máximo igual a 183,90 mL ha^{-1}, com o máximo da função em 64,19% de plântulas normais.

Já na Figura 12, observa-se o comportamento quadrático obtido para a variável sanidade das sementes, em função das doses aplicadas, independente do estádio de aplicação ou do tratamento de sementes que poderia ter precedido o uso foliar do produto. A derivada da equação permitiu obter um ponto de mínimo (PM) de 279,47 mL ha^{-1}, no qual o mínimo da função (MF) foi de 50,87% de fungos totais, ou seja, o ponto em que foi obtida a melhor sanidade das sementes em respostas às diferentes doses.

Menciona-se o fato de que algumas das respostas favoráveis ao uso do biorregulador tenham ocorrido quando as aplicações foliares foram realizadas no estádio V_5, em ambos as safras. Focando a qualidade fisiológica, é pertinente ressaltar que enquanto as respostas significativas na safra 2007/2008 foram lineares, as apresentadas na última safra caracterizaram comportamento quadrático.

Discorrendo sobre a sanidade das sementes, é válido caracterizar que para ambos os anos agrícolas, o biorregulador avaliado apresentou potencial de elevar a sanidade das sementes, por meio do ajuste de equações quadráticas pela análise de regressão polinomial. Porém, na safra 2007/2008, a sanidade foi melhorada tanto no estádio V_5 como em R_3; no entanto, quando não houve tratamento de sementes. Em contrapartida, no ano agrícola de 2008/2009, a sanidade das sementes de soja foi influenciada pelas doses, não ocorrendo diferenças para doses dentro de estádio de aplicação foliar do produto e do tratamento de sementes.

Os resultados obtidos por outros autores (ÁVILA et al., 2008; CAMPOS et al., 2008; CAMPOS et al., 2009) com o mesmo produto, ou com outros reguladores aplicados exogenamente, vem atestar que há real possibilidade do biorregulador Stimulate® alterar, não só o desempenho agronômico da soja, mas também produzir sementes com diferenciado potencial fisiológico e incidência de patógenos.

Plantas que possuem um balanço hormonal equilibrado possivelmente estarão crescendo adequadamente, tanto a parte aérea com o sistema radicular, com bom desenvolvimento de suas estruturas vegetativas e

reprodutivas, com seu aparato fotossintético apto a gerar fotoassimilados para incremento na fotossíntese líquida e, assim, permitir maior acúmulo de biomassa e apresentar maior tolerância a estresses ambientais; estas plantas provavelmente irão gerar sementes com maior probabilidade de apresentar melhor qualidade fisiológica e sanitária.

Um adequado balanço hormonal, no qual os biorreguladores podem contribuir, potencialmente cria condições para a produção adequada de compostos primários e secundários. Metabólitos e demais moléculas originárias do metabolismo secundário podem possuir expressivo papel na qualidade das sementes. Por exemplo, incrementos nos teores de lignina no tegumento, podem possibilitar condições de menor suscetibilidade ao dano mecânico das sementes (ALVAREZ, 1994), bem como minimizar a infecção por patógenos, por compor ou configurar uma barreira física (MARCOS FILHO, 2005). Outros compostos secundários, como os que possuem ação fitoalexínica, possivelmente aumentarão a defesa química das plantas contra microrganismos patogênicos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Baixas concentrações de lignina e de flavonoides são também responsáveis pela diminuição na resistência das plantas às doenças (RIZZARDI et al., 2003; TAIZ; ZEIGER, 2004). O estímulo a mecanismos de defesa envolve reações da planta ligadas à ativação de genes de defesa para reação de hipersensibilidade, resistência sistêmica adquirida e produção de lignina, enzimas hidrolíticas e fitoalexinas (PASCHOLETI; LEITE, 1995; DANGL et al., 2000; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os princípios implícitos nas conjecturações anteriormente mencionadas corroboram com as explanações abordadas por autores como Delouche (1980), França Neto e Henning (1984), Popinigs (1985), Carvalho e Nakagawa (1988), Bewley e Black (1994), Henning (1994), Dhingra e Acuña (1997) e Marcos Filho (2005).

Portanto, atualmente se conhece o efeito direto dos biorreguladores sobre a germinação e vigor das sementes, quando os mesmos são aplicados previamente sobre as mesmas e avalia-se em laboratório, casa-de-vegetação e, até mesmo, em campo o desempenho das plântulas resultantes (VIEIRA; CASTRO, 2001; VIEIRA; CASTRO, 2004; CASTRO, 2006; CASTRO et al., 2008). Porém, pouco ainda se conhece sobre o efeito de aplicações, seja em tratamento

de sementes ou no decorrer do desenvolvimento da cultura, na qualidade fisiológica e sanitária das sementes produzidas sob esse tipo de manejo. Infere-se apenas que, sementes bem formadas, em um determinado sistema de cultivo, podem gerar sementes com elevada performance fisiológica e qualidade sanidade satisfatória (MARCOS FILHO, 2005); nesse quesito, a utilização de biorreguladores no manejo da cultura potencialmente contribuiria na melhoria da qualidade das sementes. Deste modo, resultados como os mencionados anteriormente vêm preencher uma lacuna na pesquisa pertinente.

De acordo com as normas de produção de sementes vigentes no Brasil (BRASIL, 2005), a germinação mínima aceitável para comercialização de sementes de soja é de 80% para as categorias C1 e C2 de sementes certificadas. O padrão comercial para semente certificada de soja não foi alcançado satisfatoriamente nos dois anos agrícolas avaliados para a maioria dos tratamentos. No entanto, o padrão para semente básica foi atingido para, praticamente, todos os tratamentos. A porcentagem de germinação superior a 65% demonstrou aptidão da região edafoclimática de Maringá à produção de sementes genética e básica de soja (BRASIL, 2005) no período de condução do ensaio e para a cultivar avaliada (BRS 246 RR).

4.3 Teores de óleo e proteínas

4.3.1 Safra 2007/2008

Após análise estatística dos dados, assumindo uma probabilidade de 5% de erro, observou-se efeito significativo para praticamente todos os fatores e a interação dos mesmos, especialmente para o teor de proteínas (Tabela 14). Quanto ao teor de óleo, mesmo não havendo efeito significativo para a interação de segunda ordem na Anova, o desdobramento da mesma permitiu a obtenção de diferenças significativas.

No desdobramento da interação tratamento de sementes dentro de cada nível de dose e estádio de desenvolvimento (Tabela 15), a variável teor de óleo apresentou diferenças significativas dentro da dose de 375 mL ha^{-1}, quando a aplicação foi realizada no estádio V_5, e nas doses de 250 e 500 mL ha^{-1}, no estádio R_3.

Tabela 14 – Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola de 2007/2008.

F.V.[1]	G.L.[2]	Quadrados médios[3,4]	
		ÓLEO	PROTEÍNAS
S	1	3,508 ^{NS}	19,186*
F	1	101,124*	14,357*
D	4	19,132*	94,041*
SXF	1	68,343*	29,208*
SXD	4	11,789*	12,645*
FXD	4	4,059 ^{NS}	10,693*
SXFXD	4	7,850 ^{NS}	9,949*
Bloco	3	0,168	5,707*
Resíduo	57	4,179	2,946
Total	79		
Média Geral		19,190	41,120
C.V. (%)		10,650	4,170

[1] Fontes de Variação: S = tratamento de sementes; F = estádio de aplicação foliar; D = dose em aplicação foliar.
[2] Graus de Liberdade.
[3] Variáveis: teores de óleo extraídos das sementes de soja (ÓLEO); teores de proteínas determinados nas sementes de soja (PROTEÍNAS).
[4] * significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{NS} não-significativo.

Tabela 15 – Teores de óleo e proteínas obtidos nas sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2007/2008.

Doses (mL ha^{-1})	Sem tratamento de sementes		Com tratamento de sementes	
	Foliar - V_5	Foliar – R_3	Foliar - V_5	Foliar – R_3
			Teor de óleo (%)	
0	20,89 Aa	19,27 Aa	21,68 Aa	19,03 Aa
125	21,15 Aa	17,61 Ab	20,76 Aa	16,77 Ab
250	18,13 Aa	18,78 Aa	19,92 Aa	13,99 Bb
375	16,89 Ba	18,34 Aa	21,90 Aa	17,53 Ab
500	20,95 Aa	22,01 Aa	20,91 Aa	17,34 Bb
Média	19,60	19,20	21,03	16,94
CV (%)	10,65			
			Teor de proteínas (%)	
0	40,51 Aa	40,68 Aa	41,36 Aa	41,38 Aa
125	45,80 Aa	47,34 Aa	42,47 Ba	43,76 Ba
250	39,19 Aa	45,96 Ab	40,30 Aa	40,45 Ba
375	39,07 Aa	41,27 Aa	41,42 Aa	38,61 Bb
500	38,34 Aa	37,93 Aa	38,51 Aa	38,05 Ba
Média	40,58	42,64	40,81	40,45
CV (%)	4,17			

* Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estádio e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F. Letras minúsculas iguais, na linha, entre estádios de aplicação e, dentro de cada tratamento de sementes e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Com exceção da dose que foi realizada em V_5, as demais apresentaram superioridade estatística da ausência de tratamento, em relação ao tratamento das sementes com 500 mL 100 kg^{-1}. Para a característica teor de proteínas, todas as diferenças significativas demonstraram que o tratamento de sementes com o produto Stimulate® proporcionou menor acúmulo de proteínas, em comparação com a ausência de tratamento das sementes.

Com relação ao desdobramento para estádio de aplicação, dentro de doses e tratamento de sementes (Tabela 15), é nítida a superioridade das aplicações realizadas no estádio V_5, comparadas às efetuadas em R_3, com presença de diferença significativa para o teor de óleo. Em relação à variável teor de proteínas, esse fato não foi observado, pois quando não ocorreu tratamento de sementes, na dose de 250 mL ha^{-1}, a aplicação foliar do produto em R_3 apresentou melhor resultado que em V_5, o oposto de quando a aplicação foi com a dose de 375 mL ha^{-1}, com tratamento de sementes.

Os desdobramentos realizados para o efeito de doses são apresentados nas Figuras 13, 14 e 15.

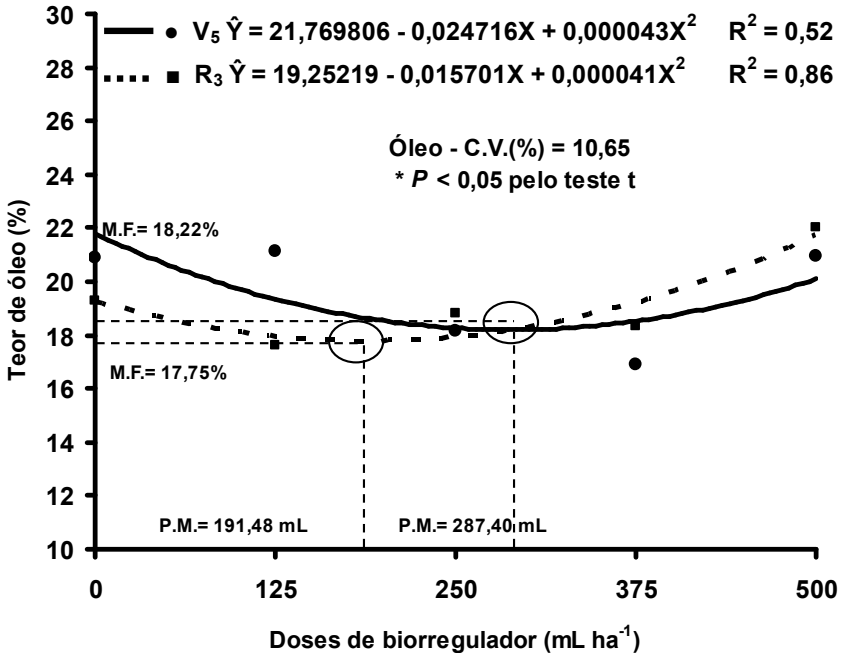

Figura 13 – Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008.

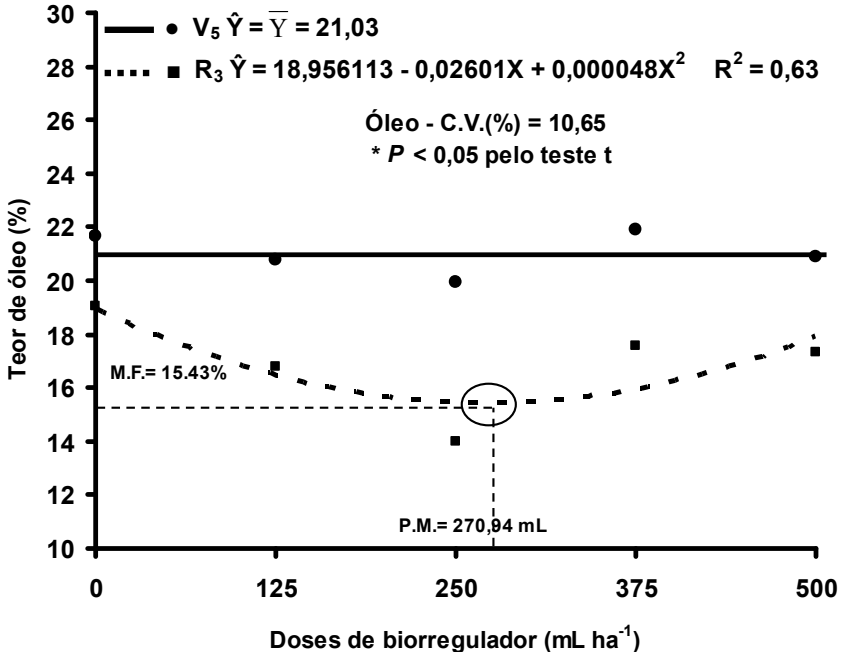

Figura 14 – Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008.

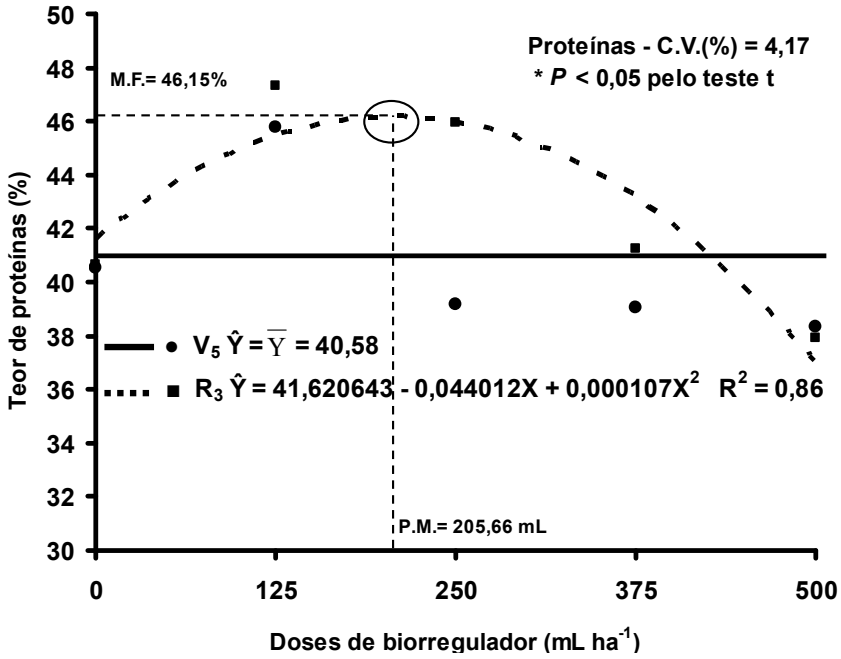

Figura 15 – Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008.

Foi possível verificar que para os teores de proteínas, apenas quando não ocorreu o tratamento de sementes houve diferença significativa (P<0,05), permitindo o ajuste de modelos quadráticos para o estádio de desenvolvimento R_3 (Figura 15). Quanto aos teores de óleo, foi empregado o ajuste de modelos de regressão polinomial de comportamento quadrático para aplicação do produto no estádio vegetativo V_5, quando na ausência de tratamento de sementes (Figura 13), e para aplicação no estádio reprodutivo R_3, no caso de ausência e presença do tratamento de sementes (Figuras 13 e 14).

Com o ajuste de modelos quadráticos, as equações para teores de óleo geraram pontos de mínimo (P.M.), com seus respectivos mínimos da função (M.F.); no entanto, no que se refere aos teores de proteínas, a equação obtida propiciou um ponto de máximo (P.M.), com seu respectivo máximo da função (M.F) (Figuras 13, 14 e 15). O P.M. para teores de óleo, quando as sementes não foram tratadas com biorregulador foram de 287,40 mL ha^{-1} (V_5) e 191,48 mL ha^{-1} (R_3); para óleos, quando foi efetuado o tratamento, o P.M. foi 270,94 mL ha^{-1} (R_3); para teores de proteínas, o P.M. foi de 205,66 mL ha^{-1}, quando as sementes na ausência de tratamento de sementes com fitorregulador e com aplicação foliar no R_3.

Esse contraste indica a correlação negativa existente entre os teores de óleo e proteínas nas sementes de soja, derivada da concorrência por carbono orgânico (RANGEL et al., 2004). Caracterizando que, para a safra em questão, o biorregulador empregado promoveu alterações nos conteúdos de óleo e proteínas nas sementes de soja; com incremento relativo nos teores de proteínas e decréscimo nos teores de óleo, em doses específicas e, predominantemente nas aplicações realizadas no estádio reprodutivo e na ausência de tratamento de sementes.

4.3.2 Safra 2008/2009

Na segunda safra avaliada (2008/2009), após a análise de variância, notou-se a presença de efeito significativo (P<0,05) para o fator isolado dose, em ambas as variáveis (óleo e proteínas) (Tabela 16). Porém, no desdobramento das interações, diferenças significativas foram obtidas dentro do desdobramento de segunda ordem, o que possibilitou gerar os resultados apresentados na Tabela 17 e nas Figuras 16, 17 e 18.

Tabela 16 – Resumo da análise de variância, referente às variáveis respostas, em função do tratamento de sementes, estádios de desenvolvimento e doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola de 2008/2009.

F.V.[1]	G.L.[2]	Quadrados médios[3,4]	
		Óleo	Proteínas
S	1	1,4125 ^{NS}	2,620 ^{NS}
F	1	1,243 ^{NS}	2,121 ^{NS}
D	4	19,259*	5,848*
SXF	1	1,729 ^{NS}	0,001 ^{NS}
SXD	4	7,381 ^{NS}	3,692*
FXD	4	4,325 ^{NS}	0,629 ^{NS}
SXFXD	4	4,404 ^{NS}	0,690 ^{NS}
Bloco	3	15,586	2,090
Resíduo	57	3,219	0,970
Total	79		
Média Geral		22,050	40,24
C.V. (%)		8,140	2,45

[1] Fontes de Variação: S = tratamento de sementes; F = estádio de aplicação foliar; D = dose em aplicação foliar.
[2] Graus de Liberdade.
[3] Variáveis: teores de óleo extraídos das sementes de soja (Óleo); teores de proteínas determinados nas sementes de soja (Proteínas).
[4] * significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{NS} não-significativo.

Tabela 17 – Teores de óleo e proteínas obtidos nas sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2008/2009.

Doses (mL ha^{-1})	Sem tratamento de sementes		Com tratamento de sementes	
	Foliar - V_5	Foliar – R_3	Foliar - V_5	Foliar – R_3
		Teores de óleo (%)		
0	24,55 Aa	24,62 Aa	22,14 Ba	22,54 Aa
125	20,45 Aa	20,97 Aa	21,12 Aa	20,83 Aa
250	21,18 Aa	21,41 Aa	23,20 Aa	21,43 Aa
375	21,43 Aa	22,16 Aa	19,14 Bb	22,34 Aa
500	21,97 Aa	23,11 Aa	24,10 Aa	22,34 Aa
Média	21,91	22,45	21,94	21,89
CV (%)	8,14			
		Teores de proteínas (%)		
0	40,13 Aa	40,23 Aa	39,65 Aa	39,85 Aa
125	39,75 Aa	40,08 Aa	39,92 Aa	39,72 Aa
250	41,49 Aa	41,18 Aa	41,64 Aa	40,80 Aa
375	39,45 Ba	39,07 Ba	41,68 Aa	40,79 Aa
500	40,26 Aa	38,92 Ab	40,03 Ba	40,09 Aa
Média	40,21	39,90	40,58	40,25
CV (%)	2,45			

* Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estádio e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F. Letras minúsculas iguais, na linha, entre estádios de aplicação e, dentro de cada tratamento de sementes e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

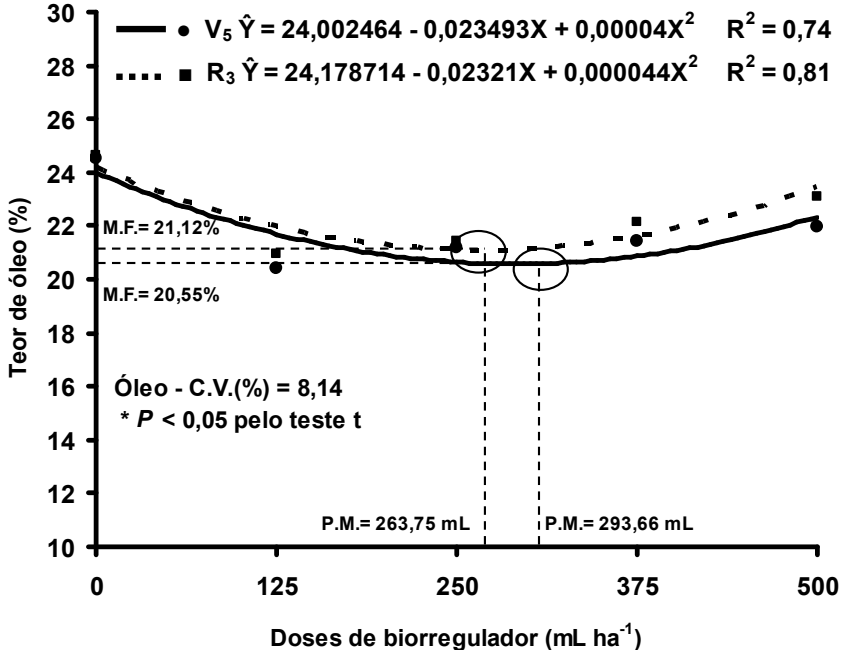

Figura 16 – Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009.

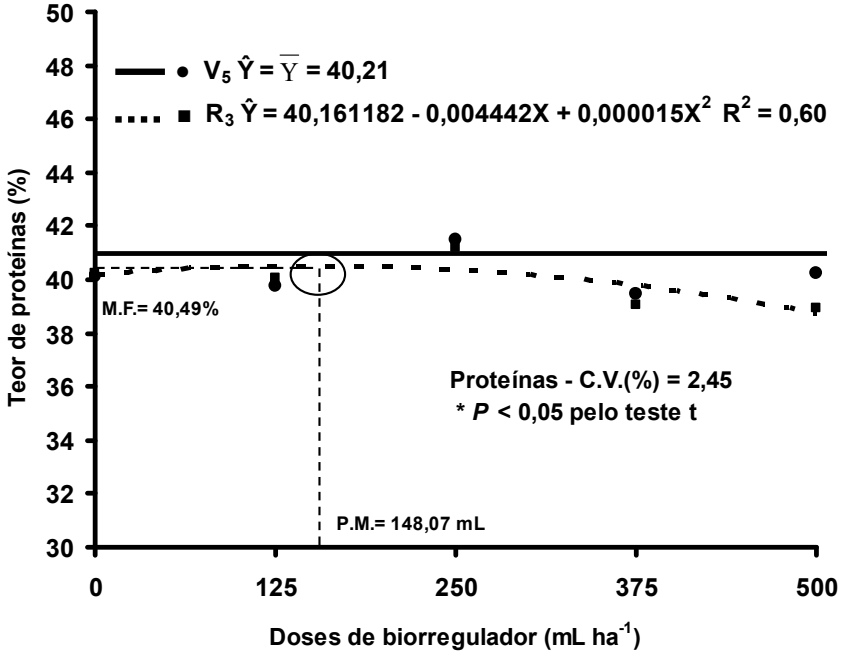

Figura 17 – Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009.

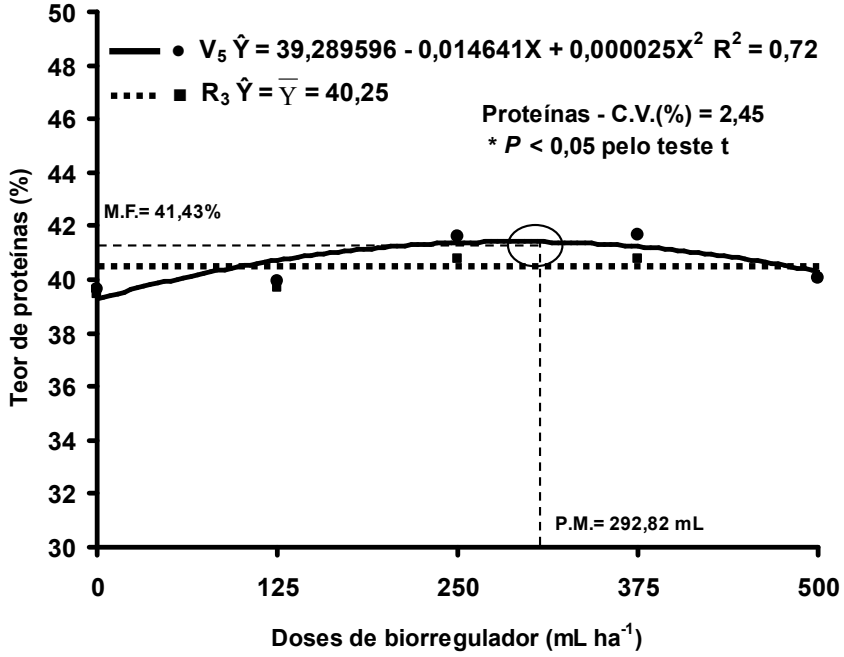

Figura 18 – Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009.

Na Tabela 17, analisando-se os teores de óleo entre ausência e presença de tratamento de sementes, houve diferença significativa apenas na testemunha (0 mL ha^{-1}) e na dose 375 mL ha^{-1} aplicada, via foliar, no estádio vegetativo, em que a ausência de tratamento foi superior a presença de tratamento de sementes. No caso dos teores de proteínas, ocorreu o inverso, ou seja, dentro da dose de 375 mL ha^{-1} aplicada, via foliar, em ambos os estádios de desenvolvimento, o tratamento de sementes com o biorregulador apresentou maiores valores que a ausência de tratamento.

Em relação à diferença entre os estádios de aplicação foliar, para os teores de óleo, houve apenas uma diferença. A aplicação foliar realizada no estádio R_3 foi superior a realizada na fase vegetativa, dentro da dose de 375 mL ha^{-1} e na presença do tratamento de sementes. O oposto em termos de superioridade foi observado nos teores de proteínas, porém, dentro da dose de 500 mL ha^{-1} e na ausência de tratamento das sementes com biorregulador.

Na safra 2008/2009, conforme ilustrado na Figura 16 para os teores de óleo, a análise de regressão permitiu o ajuste de equações quadráticas para os dois estádios de desenvolvimento, em função do aumento nas doses do produto, porém, somente na ausência do tratamento de sementes. Os pontos de mínimo foram de 293,66 e 263,75 mL ha^{-1}, para os estádios V_5 e R_3, respectivamente.

Visualiza-se, nas Figuras 17 e 18, o ajuste quadrático significativo para teores de proteínas, em função das doses do produto, dentro de aplicações foliares realizadas no estádio reprodutivo e na ausência de tratamento de sementes (Figura 17, com ponto máximo em 148 mL ha^{-1}) e, em função das doses do produto, dentro de aplicações realizadas no estádio vegetativo, porém, com tratamento de sementes (Figura 18, com ponto de máximo em 292,82 mL ha^{-1}).

Os resultados obtidos nessa última safra caracterizam bem a correlação negativa existente entre os teores de óleo e de proteínas, na composição química das sementes de soja, corroborando com Rangel et al. (2004). Esse fato condiz, também, com o relatado por Hanson (1991) e Pípolo (2002), segundo os quais haveria uma correlação negativa entre os níveis de óleo e proteínas das sementes, explicado pela concorrência pelos esqueletos carbônicos.

Interpretando os resultados e associando os mesmos com as condições climáticas vigentes na época (Figuras 1 e 2), supõe-se a interferência decisiva do clima nas tendências reinantes. Por meio do trabalho de Albrecht et al. (2008a), conjectura-se que o déficit hídrico, em geral, associa-se a baixos teores de proteínas, ao passo que, elevadas temperaturas relacionam-se a incrementos no conteúdo de óleo. No entanto, as combinações de baixa disponibilidade hídrica e altas temperaturas nos estádios reprodutivos podem desencadear elevações nos teores de proteínas, o que é o oposto quando esse tipo de estresse ocorre na fase vegetativa. Isso auxilia na compreensão dos resultados, especialmente no fato de que as médias de óleo estiveram em torno de 22% para o ano de 2008/2009, enquanto que na safra anterior, próximo de 19%, já que é factível perceber estresse hídrico associado a temperaturas elevadas na fase inicial da cultura e precipitação elevada e altas temperaturas na fase de enchimento das sementes na safra 2008/2009. Estes resultados estão de acordo com alguns autores (HOWELL; CARTTER, 1953; HYMOWITZ et al., 1972; FONTES et al., 1974; DELOUCHE, 1980; BEWLEY; BLACK, 1985; POPINIGS, 1985; BENZAIN; LANE, 1986; CARVALHO; NAKAGAWA, 1988; URBEN FILHO; SOUZA, 1993; RAO et al., 1993;

SEDIYAMA et al., 1993; HUNGRIA et al., 2000; PÍPOLO, 2002; RANGEL et al., 2004).

Aplicações nos estádios reprodutivos tendem a possibilitar maior quantidade de resultados significativos, porém não é uma regra. Conjecturando sobre tratamento de sementes, fica constatado que a presença de tratamento com o biorregulador em semeadura não foi eficiente no sentido de aumentar o conteúdo de proteínas e óleo, em diversos tratamentos, em aparente contradição com resultados de Ávila et al. (2008). Contudo, alguns tratamentos com a presença do biorregulador nas sementes, no processo de semeadura, proporcionaram incremento nos teores de proteínas, o que corrobora com Ávila et al. (2008).

A composição química é afetada pelo genótipo e pelo ambiente, e pela interação deles (HUNGRIA et al., 2000; PÍPOLO, 2002; RANGEL et al., 2004); o resultado dessa interação é passível de ser modificada por manejos agrotecnológicos (ALBRECHT et al., 2008a; MARCOS FILHO, 2005; ALBRECHT, 2006). E que o uso de biorreguladores pode ser uma tática a ser implementada, que viabilize melhoria no conteúdo químico das sementes, já que hormônios vegetais são imprescindíveis na formação e desenvolvimento das sementes (BEWLEY; BLACK, 1994; HUIZEN et al., 1996; NASCIMENTO; MOSQUIM, 2004; ÁVILA et al., 2008).

Infere-se que a ação do biorregulador avaliado, por ter ação fisiológica direta, propicie modificações no metabolismo, direcionando as reações anabólicas no sentido de permitir condições para maior acúmulo de proteínas em detrimento dos teores de óleo. Caso a comercialização do produto, na forma de grão, seja considerada a composição química e valorizada a presença de altos níveis proteicos, a margem líquida sobre a venda seria incrementada quando do uso do biorregulador em dose ótima, focando a expressão de maiores teores de proteínas.

4.4 Análise econômico/financeira

4.4.1 Safra 2007/2008

Em 2007/2008 foram assumidos para cálculos na análise de viabilidade econômico/financeira os valores de produtividade expressos pelas médias do

efeito principal 'Tratamento de Sementes' (TS), significativo a 5% de probabilidade; em que, sem tratamento (sem ST) foi equivalente a 3.776,25 kg ha^{-1} e, com tratamento (com TS), na média de 4.074,78 kg ha^{-1}. Concernente ao efeito significativo (*P*<0,05) do fator dose considerou-se o máximo da função (MF) (4.101,04 kg ha^{-1}) e as produtividades obtidas pela equação de regressão nas doses propostas pelos tratamentos quantitativos: 0 (3.588,74 kg ha^{-1}); 125 (3.896,41 kg ha^{-1}); 250 (4.065,33 kg ha^{-1}); 375 (4.095,50 kg ha^{-1}); 500 mL ha^{-1} (3.986,92 kg ha^{-1}); ponto de máximo – PM (339,68 mL ha^{-1}).

Como não houve desdobramento significativo (*P*>0,05) da interação, para os custos de produção do efeito principal, tratamento de sementes, foi considerada a dose 0 mL ha^{-1} em aplicação foliar. E no caso dos custos, para o efeito principal dose, dispensou-se o custo oriundo do tratamento de sementes com 500 mL 100 kg^{-1} do biorregulador. Essas posturas foram tomadas em virtude dos resultados apresentados pela análise de variância e seus desdobramentos, visando deste modo, menor oneração dos custos.

Os indicadores da análise econômico/financeira estão presentes na Tabela 18. Observando que o valor do dólar assumido para a safra 2007/2008 foi de 1,931 US$, segundo BACEN (2009).

Tabela 18 – Indicadores de resultados na análise da viabilidade econômico/financeira dos tratamentos com efeito estatístico significativo sobre a produtividade, na safra 2007/2008.

Trat[1]	Prod[2]	CustoOp[3]	CustoB[4]	Retorno[5]	Acrésc[6]	ProEq[7]	PreEq[8]	IBC[9]
Sem TS	3776,25	746,86	0,00	142,72	0,00	3170,42	11,87	19,11
Com TS	4074,78	765,50	18,64	194,40	77,23	3249,54	11,27	25,40
Dose 0	3588,74	746,86	0,00	98,54	0,00	3170,42	12,49	13,19
Dose 125	3896,41	764,46	17,60	153,42	37,28	3245,14	11,77	20,07
Dose 250	4065,33	769,12	22,26	188,55	67,75	3264,92	11,35	24,52
Dose 375	4095,50	773,78	26,92	191,00	65,54	3284,70	11,34	24,68
Dose 500	3986,92	778,44	31,58	160,76	30,64	3304,48	11,71	20,65
D. 339,68	4101,04	772,46	25,61	193,63	69,48	3279,10	11,30	25,07

[1] Tratamentos que obtiveram resultados significativos na análise estatística empregada (*P*<0,05).
[2] Produtividade em kg ha^{-1}.
[3] Custo operacional total, considerando os tratamentos submetidos mais aplicação do biorregulador quando presente, em US$.
[4] Custo do Stimulate® + Aplicação, em US$.
[5] Retorno líquido em US$.
[6] Acréscimo no retorno líquido proporcionado pelo biorregulador em US$.
[7] Produtividade de equilíbrio em kg ha^{-1}.
[8] Preço de equilíbrio em US$, para saca de 60 kg.
[9] Índice da relação benefício/custo em %.

Em termos elucidativos, os valores referentes ao acréscimo no retorno líquido (AL) proporcionado pelo biorregulador são uma função entre o retorno líquido (RL), o retorno líquido desconsiderando o incremento trazido pelo uso do biorregulador (RSB) e o custo do biorregulador (CB), expresso em dólares (RL-RSB-CB=AL). A sequência de acréscimos foi a seguinte, indo do maior para o menor: “Com TS > Dose 339,68 > 250 > 375 > 125 > 500 > 0 = Sem TS”.

No tocante ao IBC (índice da relação benefício/custo) a relação de superioridade foi alterada um pouco: “Com TS > Dose 339,68 > 375 > 250 > 500 >125”. Lembrando que essa relação demonstra a eficiência do sistema produtivo (ANTUNES; ENGEL, 1999; REIS, 2000; SANTOS et al., 2008), ou seja, significa que um percentual de 25,40; como o obtido pelo “Com TS”, possibilitaria um retorno de 1,254 US$ para cada 1,00 US$ investido.

O preço de equilíbrio segue a mesma lógica de incrementos demonstrada pelo IBC, porém inversa, “Com TS < Dose 339,68 < 375 < 250 < 500 < 125”. Faz-se necessário esclarecer que o preço de equilíbrio ou de nivelamento é a relação entre custo total e produtividade (Custo/Produtividade), em que os níveis de preço no qual as atividades têm seus custos iguais às suas receitas, ou seja, um preço que pague o custo total (ANTUNES; ENGEL, 1999; REIS, 2000; SANTOS et al., 2008).

Enquanto, produtividade de equilíbrio ou nivelamento, é a relação entre custo total e preço (Custo/Preço), em que os níveis de produção no qual as atividades têm seus custos iguais a receita, ou seja, uma produção que pague o custo total (ANTUNES; ENGEL, 1999; REIS, 2000; SANTOS et al., 2008). Portanto, nessa variável a sequência demonstrou-se bem diferente das anteriores: “500 > 375 > 339,68 > Com TS > 250 > 150”. O que permite compreender que o acréscimo financeiro proporcionado pelo biorregulador tem que compensar os custos adicionais, elevando o retorno líquido.

Para o ano agrícola em questão, os tratamentos mais viáveis economicamente seriam: “Com TS; Dose 339,68; 250; 375”. Em virtude da maior margem financeira, do retorno sobre o investimento e do acréscimo no capital pelo uso do produto avaliado. Portanto, o tratamento de sementes com o biorregulador, e doses entre 250 e 375 mL ha^{-1}, proporcionam lucratividade superior.

4.4.2 Safra 2008/2009

Para a safra 2008/2009, constatando a existência de desdobramentos significativos (*P*<0,05), foram identificadas as produtividades por hectare dentro de cada desdobramento da interação de segunda ordem. Na Tabela 19 encontram-se os valores de produtividade referentes ao tratamento de sementes (TS) dentro da dose 125 mL ha^{-1} e aplicação no R_3 (Sem TS/125*R_3 e Com TS/125*R_3); as médias das aplicações em diferentes estádios, dentro da dose 375 mL ha^{-1} e com tratamento de sementes (V_5 ou R_3/Com TS* 375). Foram consideradas as estimativas de produtividades com base na equação obtida pela regressão polinomial, para as dose 0, 125, 250, 375 e 500 mL ha^{-1}, além do ponto de máximo (286,25 mL ha^{-1}); essas aplicações foram no estádio V_5, quando não ocorreu o tratamento de sementes (Dose/V5*Sem TS). Observando que a estimativa do dólar cotado para o período foi de 1,618 US$ (BACEN, 2009).

Tabela 19 – Indicadores de resultados na análise da viabilidade econômico/financeira dos tratamentos com efeito estatístico significativo sobre a produtividade, na safra 2008/2009.

Trat[1]	Prod[2]	CustoOp[3]	CustoB[4]	Retorno[5]	Acrésc[6]	ProEq[7]	PreEq[8]	IBC[9]
STS/125*R_3	2711,75	1163,19	23,26	107,86	-69,29	2481,63	25,74	9,27
CTS/125*R_3	3157,50	1189,46	49,53	290,53	87,11	2537,67	22,60	24,43
V_5/CTS*375	3203,75	1202,72	62,79	298,95	82,27	2565,96	22,52	24,86
R_3/CTS*375	2712,25	1202,72	62,79	68,57	-148,10	2565,96	26,61	5,70
Dose 0	2760,33	1139,93	0,00	153,89	0,00	2432,00	24,78	13,50
Dose 125	2967,64	1163,19	23,26	227,80	50,66	2481,63	23,52	19,58
Dose 250	3059,14	1169,75	29,82	264,13	80,42	2495,63	22,94	22,58
Dose 375	3034,82	1176,33	36,39	246,16	55,88	2509,65	23,26	20,93
Dose 500	2894,70	1182,89	42,96	173,92	-22,93	2523,65	24,52	14,70
Dose 286,25	3064,01	1171,66	31,73	264,51	78,89	2499,69	22,94	22,58

[1] Tratamentos que obtiveram resultados significativos na análise estatística empregada (*P*<0,05).
[2] Produtividade em kg ha^{-1}.
[3] Custos operacional total, considerando os tratamentos submetidos mais aplicação do biorregulador quando presente, em US$.
[4] Custo do Stimulate® + Aplicação, em US$.
[5] Retorno líquido em US$.
[6] Acréscimo no retorno líquido proporcionado pelo biorregulador em US$.
[7] Produtividade de equilíbrio em kg ha^{-1}.
[8] Preço de equilíbrio em US$, para saca de 60 kg.
[9] Índice da relação benefício/custo em %.

Na segunda safra experimental (2008/2009), a possibilidade de desdobramentos com diferenças significativas tornou complexa a interpretação dos resultados derivados dos indicadores econômicos e financeiros, no entanto, permite posicionamentos mais específicos no propósito de conquistar maiores desempenhos econômicos.

Os resultados de acréscimo no retorno líquido proporcionado pelo biorregulador apresentaram tratamentos com valores negativos: "STS/125*R_3, R_3/CTS*375 e dose 500/V_5*STS"; o que indica que para essas combinações de fatores o retorno líquido obtido não advém do uso do biorregulador, e que o mesmo é negativo em termos de lucratividade, quando comparado com os demais tratamentos e considerando o uso do produto.

Os maiores acréscimos (superiores a 70,00 US$), proporcionados pelo biorregulador, foram selecionados e listados: "CTS/125*R_3 > V_5/CTS*375 > 250/V_5*STS > 286,25/V_5*STS". E os maiores IBC foram: "V_5/CTS*375 > CTS/125*R_3 > 250/V_5*STS = 286,25/V_5*STS". E os menores preços de equilíbrio foram: "V_5/CTS*375 < CTS/125*R_3 < 250/V_5*STS = 286,25/V_5*STS".

Tais resultados demonstram que o manejo do biorregulador Stimulate® deve ser criterioso no sentido de objetivar maiores retornos econômico. Assim, para as condições da safra 2008/2009, cultivar BRS 246 RR, seriam indicadas algumas recomendações preferenciais. Quando optar por tratamento de sementes, o mesmo, preferencialmente poderá ser posicionado quando a dose foliar for de 125 mL ha^{-1} em R_3; em aplicações foliares, optar pelo estádio vegetativo, pois as doses empregadas são responsivas sem o tratamento de sementes e quando associado com o tratamento de sementes, a dose foliar proposta é de 375 mL ha^{-1}; porém, quando não forem tratadas as sementes com o biorregulador, em aplicações em V_5, aplicar preferencialmente doses entre 250 mL ha^{-1} e 286 mL ha^{-1}.

Cabe salientar que as doses foliares mais indicadas, do ponto de vista da análise econômico/financeira, para os dois anos, estiveram iguais ou superiores a dose de recomendada e de registro, que é de 250 mL ha^{-1} (EMBRAPA, 2008); que o tratamento de sementes potencialmente seria uma opção de satisfatórios retornos econômicos; e que necessitando optar entre aplicações foliares no V_5 e R_3, o recomendado com base nos resultados, seria o V_5.

Em virtude da escassez de informações pertinentes a qualquer tipo de análise econômico/financeira na área agronômica e mais especificamente no nicho dos biorreguladores, fica impraticável qualquer comparativo com a literatura. Ressaltando que a metodologia empregada focou apenas os tratamentos que apresentaram diferenças estatísticas ($P<0,05$) no caractere produtividade e, que, a ênfase dessa análise foi caracterizar tratamentos com alta viabilidade econômica, no intuito de fornecer subsídios a posicionamentos técnicos que contribuam para atingir maiores lucratividades.

5. CONCLUSÕES

Os resultados permitiram concluir que:

O uso do biorregulador Stimulate® na cultura da soja influencia nas características agronômicas e elevar a produtividade até a dose foliar de 339,68 mL ha^{-1} (2007/2008) ou 286,25 mL ha^{-1} (2008/2009) em V_5.

O biorregulador utilizado altera a qualidade das sementes, diminuindo o vigor com o incremento das doses na fase reprodutiva, quando associado ao tratamento de sementes, ou aumentar o número de plântulas normais e sanidade, quando aplicada, via foliar, sem o tratamento das sementes, sobretudo quando as aplicações foliares ocorrem no V_5.

Os teores de óleo e proteínas são alterados pela ação do biorregulador, com possibilidade de favorecimento do conteúdo proteico em detrimento ao óleo.

Doses foliares lucrativas estiveram próximas a 250 mL ha^{-1}; o tratamento de sementes é uma opção de retornos econômicos; e, ao optar entre aplicações foliares no V_5 ou R_3, o recomendado seria V_5.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L. P. **Teores de óleo, proteína e qualidade das sementes em resposta à semeadura antecipada da soja**. 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; SUZUKI, L. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 865-873, 2008a.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, A. L.; AGUIAR, C. G.; ÁVILA, M. R.; STÜLP, M. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 445-454, 2008b.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 191-198, 2009.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.

ALMEIDA NETO, D.; TAVARES, S. Translocação de hormônios vegetais. In: CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. (Org.). **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p. 105-122.

ALVAREZ, P. J. **Relação entre o conteúdo de lignina no tegumento de sementes de soja e sua relação ao dano mecânico**. 1994. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina,1994.

ANTUNES, L. M.; ENGEL, A. **Manual de administração rural**: custos de produção. 3. ed. rev. ampl. Guaíba: Agropecuária, 1999.

ARTECA, R. N. **Plant growth substances**: principles and applications. New York: Chapman e Hall, 1996.

ARTLIP, T.S.; WISNIEWSKI, M.E. Induction of proteins in response to biotic and abiotic stresses. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of Plant and Crop Physiology**. New York: M. Dekker, 2002. p. 657-679.

AOAC - Association of Official Analytical Chemist. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemist**. 15. ed. Washington, D.C.: AOAC, 1990. v. 1, p. 209-230.

ÁVILA, M. R. **Qualidade das sementes, teor de óleo, proteína, isoflavonas e utilização de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 138 f. 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 567-691, 2008.

AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1992.

BACEN - Banco Central. **Câmbio**. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/cambio>. Acesso em: 20 jul. 2009.

BARATA, R. M.; CHABREGAS, S. M.; KLUGE, R. A. Biossíntese de auxina e giberelinas. In: CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. (Org.). **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p. 49-62.

BARROS, H. B.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, M. M.; BRITO, E. L.; ALMEIDA, R. D. Efeitos das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 291, p. 565-572, 2003.

BENZAIN, B.; LANE, P. W. Protein concentration of grains in relation to some weather and soil factors during 17 years of English winter-wheat experiments. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 37, n. 5, p. 435-444, 1986.

BERGAMIN, M.; CANCIAN, M. A. E.; CASTRO, P. R. C. Ecofisiologia da soja. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Org.). **Ecofisiologia de cultivos anuais**: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 1999. p. 73-90.

BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v. 9, n. 3, p. 1055-1056, 1997.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1985.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994.

BRACCINI, A. L.; MOTTA, I. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L.; ÁVILA, M. R.; SCHUAB, S. R. P. Semeadura da soja no período de safrinha: potencial fisiológico e sanidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 76-86, 2003.

BRACCINI, A. L.; MONFERDINI, M. A.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BRAMBILLA, D.; ARAGÃO, R. M.; BRAMBILLA, T. Emergência das plântulas e componentes da produção de sementes em resposta a diferentes doses e formas de aplicação do bioestimulante Stimulate 10X na cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., Cornélio Procópio, 2005. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 565-566.

BRACCINI, A. L.; MONFERDINI, M. A.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BRAMBILLA, D.; ARAGÃO, R. M.; BRAMBILLA, T. Emergência das plântulas e componentes da produção de sementes em resposta a diferentes doses e formas de aplicação do bioestimulante Stimulate 10X na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., Londrina, 2006. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006a. p. 185.

BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, G. P.; OLIVEIRA, R. F.; STÜLP, M.; BRAMBILLA, D.; ARAGÃO, R. M.; BRAMBILLA, T. Componentes de produção de sementes em resposta a doses e formas de aplicação em diferentes estádios fenológicos dos bioestimulantes Stimulate e Stimulate 10X na cultura da soja.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., Londrina, 2006. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006b. p.186.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 1992.

BRASIL. Instrução normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005: Padrões para produção e comercialização de sementes de soja. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 243, 20 dez. 2005. Seção 1, p. 2.

BRITO, L. O.; MONTEIRO, M.; KLUGE, R. A. Fisiologia da raiz e gravitropismo. In: CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. (Org.). **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p. 179-190.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 53-63, 2008.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 1, p. 74-79, 2009.

CARTTER, J. L.; HARTWIG, E. E. The management of soybeans. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 14, p. 359-412, 1962.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; OLIVEIRA, M. F.; VELLO, N. A. Correlação e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (Coord.). **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988.

CASILLAS, V. J. C.; LONDONO, I. J.; GUERRERO, A. H.; BUITRAGO, G. L. A. Analisis cuantitativo de Ia aplicacion de cuatro bioestimulantes en el cultivo deI rabano (Raphanus sativus L.). **Acta Agronomica**, Palmira, v. 36, n. 2, p. 185-195, 1986.

CASTRO, G. S. A.; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C. A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008.

CASTRO, P. R. C. **Efeito de reguladores de crescimento em soja [Glycine max (L.) Merril cv. Davis]**. 174 f. 1980. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1980.

CASTRO, P. R. C. Efeitos de fitorreguladores na produtividade da soja *(Glycine max* cv. Davis) em competição. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",** Piracicaba, v. 38, n. 1, p. 289-298, 1981.

CASTRO, P. R. C. **Utilização de reguladores vegetais na fruticultura, na olericultura e em plantas ornamentais**. Piracicaba: Esalq, 1998.

CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: Esalq, 2006.

CASTRO, P. R. C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A. E.; ROSOLEM, C. A. (Ed.). **Adubação foliar***.* Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, cap. 8, p. 191-235.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, V. (Ed.). **Feijão irrigado**: tecnologia e produtividade. Piracicaba: Esalq, 2003. p. 73-100.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Biostimulant effect on yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merril). In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., Foz do Iguaçu, 2004. **Abstracts...** Foz do Iguaçu: Embrapa Soja, 2004. p. 133.

CASTRO, P. R. C.; PACHECO, A. C.; MEDINA, C. L. Efeitos de Stimulate e de micro-citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranjeira 'Pêra' *(Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 338-341, 1998.

CASTRO, P. R. C.; MIYASAKI, J. M.; BERNARDI, M.; MARENGO, D.; NOGUEIRA, M. C. S Efeito do ethephon na maturação e produtividade da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 2, p. 227-290, 2001.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L.; CASTRO, J. R. P.; TAVARES, S. Incrementos na produtividade de soja tratada com Stimulate. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., Uberaba, 2003. **Resumos***...* Uberaba: Embrapa Soja, 2003. 1 CD-ROM.

CASTRO, P. R. C.; PITELLI, A. M. C. M.; PERES, L. E. P. **Avaliação do crescimento da raiz e parte aérea de plântulas de tomateiro MT, DGT e BRT germinadas em diferentes concentrações do inseticida thiametoxan**. Piracicaba: ESALQ/Syngenta, 2005. p. 14-25. Relatório técnico.

CATHEY, H. M.; STEFFENS, G. L.; STUART, N. W.; ZIMMERMAN, R. H. Chemical pruning of plants. **Science**, Washington, D.C., v. 153, n. 3742, p. 1382-1383, 1966.

CATO, S. C. **Ação de bioestimulantes nas culturas do amendoinzeiro, sorgo e trigo e interação hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 73 f. 2006. Tese (Doutorado) - Esalq, Piracicaba, 2006.

CATO, S. C.; CASTRO, P. R. C. Redução da altura de plantas de soja causada pelo ácido 2,3,5-triiodobenzóico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 981-984, 2006.

CATO, S. C.; CASTRO, P. R. C.; VENDEMIATTI, A.; OLIVEIRA, R. F. Desenvolvimento vegetativo de plantas de soja (*Glycine max* L. Merril) afetado por bioestimulante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 10., 2004, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2004. 1 CD-ROM.

CATO, S. C.; CASTRO, P. R. C.; OLIVEIRA, R. F. Desenvolvimento radicular de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) influenciada por bioestimulante. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Cornélio Procópio: Embrapa Soja, 2005. p. 493-493.

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

CHIAVEGATO, E. J.; LIMA, V. T.; BALLAMINUT, E. C.; GOTTARDO, L. C. B. G. Efeito de Stimulate 10X em diferentes doses e estádios de aplicação via foliar e tratamento de sementes em algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., Uberlândia, 2007. **Anais...** Uberlândia: ABRAPA, AMIPA, EMBRAPA ALGODÃO, 2007. 1 CD-ROM.

COENEN, C.; LOMAX, T. L. Auxin-cytokinin interaction in higher plants: old problems and new tools. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 2, n. 9, p. 351-356, 1997.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. Citoqininas. In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S.; TAMES, R. S. (Ed.). **Fisiología vegetal**. Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 342-355.

COMO a planta de soja se desenvolve. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 66, p. 3-22, 1994.

CONAB. **Levantamento e estimativa de produção da safra** 2006/2007. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/2007>. Acesso em: 10 jun. 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: intenção de plantio, segundo levantamento, novembro de 2008. Brasília, DF, 2008a.

CONAB. **Estudos de prospecção para a safra 2008/2009**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/2008>. Acesso em: 14 nov. 2008b.

COSTA, A. V.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R. F.; SEDIYAMA, C. S.; FONTES, L. A. N.; GOMES, J. L. L.; ROLIM, R. B.; MONTEIRO, P. M. F. **Alguns fatores que afetam a qualidade fisiológica da semente de soja**. Goiânia: Emgopa, 1987. (Documentos, 2).

COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CABRAL, N. T.; MENDES, M. C. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 17, n. 1, p. 107-112, 1995.

CROSBY, K. E.; AUNG, L. H.; BUSS, G. R. Natural and synthetic cytokinins on soybean development and yield. In: PLANT GROWTH REGULATOR WORKING GROUP, 5., 1978, Blacksburg. **Proceedings…** Blacksburg: [s.n.], 1978. p. 86-93.

DANGL, J. L.; DIETRICH, R. A.; THOMAS, H. Senescence and programmed cell death. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 1044-1100.

DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Influência do uso de fitorreguladores no crescimento da soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2005.

DELOUCHE, J. C. Environmental effects on seed development and seed quality. **Hortscience**, Alexandria, v. 5, n. 6, p. 775-780, 1980.

DELOUCHE, J. C. Physiological changes during storage that affect soybean seed quality. In: SINCLAIR, J. B.; JACKOBS, J. A. (Ed.). **Soybean seed quality and stand establishment**. [S.l.]: Intsoy, 1982. p. 57-66. (Intsoy, 22).

DEFAVARI, D.; MORAES, L. A. Fisiologia da floração. In: CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A.(Org.). **Introdução a fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002a. p. 191-210

DEFAVARI, D.; MORAES, L. A. Morfogênese vegetal In: CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. (Org.). **Introdução a fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002b. p. 211-226

DHINGRA, O. D.; ACUÑA, R. S. **Patologia de sementes de soja**. Viçosa: UFV, 1997.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; GARCIA, R. A. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, DF, 1999.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2000/2001. Londrina: Embrapa Soja, 2000.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2002/2003. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2002/2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002. (Sistemas de produção, 2).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2003/2004. Londrina: Embrapa Soja, 2003. (Sistemas de produção, 3).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2005. Londrina: Embrapa Soja, 2004. (Sistemas de produção, 5).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil – 2006. Londrina: Embrapa Soja, 2005a. (Sistemas de Produção, 9).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2006. Londrina: Embrapa Soja, 2005b. (Sistemas de Produção, 8).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2006. (Sistemas de produção, 10).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil – 2008. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. (Sistemas de Produção, 12).

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

FELIPPE, G. M. Etileno. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: E.P.U. /EDUSP. 1985. v. 2, cap. 6, p. 163-192.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; GURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development description for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, É. V. R.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.

FERREIRA, L. A. **Bioestimulantes e fertilizantes associados ao tratamento de sementes de milho e soja**. 56 f. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 3. ed. ampl. atual. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.

FONTES, L. G.; FILHO, J. A.; SEDIYAMA, C. S. Conteúdo de óleo e proteína bruta nos grãos de algumas linhagens e variedades de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, n. 118, p. 500-505, 1974.

FRAGA, A. C. **Determinação da maturação fisiológica das sementes de soja e de outras características agronômicas da soja, em três épocas de semeadura**. 47 f. 1980. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1984. (Circular técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **DIACOM**: diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. Londrina: Embrapa Soja, 1992. (Circular técnica, 10).

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shiveling due to heat and drought stress during seed filling. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 1, p.107-116, 1993.

FRESOLI, D. M.; BERET, P. N.; GUAITA, S. J. Bioestimulante: Efecto sobre los componentes de rendimentos em soja bajo condiciones de estrés hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 5., Goiânia, 2009. **Resumos...** Goiânia: Embrapa Soja, 2009. 1 CD ROM.

GALSTON, A. W.; DAVIES, P. J. **Mecanismos de controle no desenvolvimento vegetal**. São Paulo: Edgard Blucher, 1972.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja**: detecção e importância. Dourados: Embrapa-CPAO, 1997. (Documentos, 11).

GREEN, D. E.; PINNEL, C. L.; CAVANAN, L. E.; WILLIANS, L. F. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. **Agronomy Journal**, Madison, v. 57, n. 2, p. 165-168, 1965.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**. 3rd ed . Zürich: International Seed Testing Association. 1995.

HAMZA, R.; SUGGARS, A. Biostimulants: myths and realities. Turfgrass Trends, Newton, v. 10, p. 6-10, 2001. Disponível em: <http://www.turfgrasstrends.com/>. Acesso em: 5 mar. 2007.

HANSON, W. D. Seed protein content and delivery of assimilates to soybean seed embryos. **Crop Science**, Madison, v.31, n. 6, p. 1600-1604, 1991.

HARRINGTON, J. F. Biochemical basis of seed longevity. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 453-461, 1973.

HARTWING, E. E.; KILEN, T. C. Yield and composition of soybean seed from parents with different protein, similar yield. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 2, p. 290-292, 1991.

HAYATI, R.; EGLI, D. B.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Independence of nitrogen supply and seed growth in soybean: studies using in vitro culture system. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 47, n. 1, p. 33-44, 1996.

HENNING, A. A. Testes de sanidade de sementes de soja. In: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. (Ed.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 441-454.

HENNING, A. A. **Patologia de sementes**. Londrina: Embrapa soja, 1994. (Documentos, 90).

HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B. Problemas na avaliação de germinação de sementes de soja com alta incidência de *Phomopsis* sp. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 2, n. 5, p. 9-22, 1980.

HICKS, D. R. Crecimiento y desarrolo. In: NORMAN, A. G. **Fisiologia, mejoramiento, cultivo y utilización de la soja**. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1983. cap. 2, p. 19-46.

HOWELL, R. W.; CARTER, J. L. Physiological factors affecting composition of soybeans. I. Correlation of temperature during certain portions of the pod filling stage with oil percentage in mature beans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 45, p. 526-528, 1953.

HUIZEN, R. Van; OZGA, J. A.; REINECKE, D. M. Influence of auxin and gibberellin on in vivo protein synthesis during early pea fruit growth. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 112, n. 1, p. 53-59, 1996.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio com a cultura da soja. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. p. 51-75. (Documentos, 128).

HYMOWITZ, T.; COLLINS, F. I.; PANCZNER, J.; WALKER, W. M. Relationship between the content of oil, protein and sugar in soybean seed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, n. 5, p. 613-616, 1972.

IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1987.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 1985. v. 1, p. 533.

JACINTO, J. B. C.; CARVALHO, N. M. Maturação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Científica**, Jaboticabal, v. 1, n. 1, p. 81-88, 1974.

JANN, R. C.; AMEN, R. D. What is germination? In: KHAN, A. A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdan: North Holland Publ., 1977. cap. 2, p. 7-28.

KARNOK, K. J. Promises, promises: can biostimulants deliver? **Golf Course Management**, [S.l.], v. 68, n. 8, p. 67-71, 2000.

KEIGLEY, P. J.; MULLEN, R. E. Changes in soybean seed quality from high temperature during seed fill and maturation. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 1212-1216, 1986.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; ROBINSON L. C., BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, RiMa, 2000.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M. A. A.; SÁ, M. E.; GOMES JUNIOR, F. G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho em sistema de plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 253-260, 2005.

LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J. D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.

LEOPOLD, A. C.; KRIEDEMANN, P. E. **Plant growth and development**. 2. ed. New Delhi: McGraw-Hill Publishing, 1978.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 12, n. 1, p. 37-53, 1988.

LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management**. Disponível em: <http://www.golfenviro.comlArtic1e%20ArchivelBiostimulants-Roots.htm>. Acesso em: 10 set. 2006.

LOPES, J. C.; MARTINS FILHO, S.; TAGLIAFERRI, C.; RANGEL, O. J. P. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 24, n. 1, p. 51-58, 2002.

LUCCHESI, A. A. **Fatores da produção vegetal**. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 1-12.

MALAN, C.; GREYLING, M. M; GRESSEL, J. Correlation between Cu/Zn superoxide dismutase and glutathione reductase, and environmental and xenobiotic stress tolerance in maize inbreeds. **Plant Science**, Amsterdam, v. 69, n. 2, p. 157-166, 1990.

MANARA, N. T. F. Origem e expansão. In: SANTOS, O. S. (Coord.). **A cultura da soja 1**: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p. 13-23.

MARCOS FILHO, J. Maturação de sementes de soja da cultivar Santa Rosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, Df, v. 1, n. 2, p. 49-63, 1979.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005.

MARCOS FILHO, J.; GODOY, O. P. CÂMARA, G. M. S. Tecnologia da produção. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p. 1-39.

MARCOS FILHO, J.; CARVALHO, R. V.; CÍCERO, S. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no armazenamento e no campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 42, p. 195-249, 1985.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E .N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MILLÉO, M. V. R. **Avaliação da eficácia agronômica de diferentes doses e formas de aplicação de Stimulate® na cultura da soja**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002. Laudo técnico de praticidade e eficácia agronômica.

MILLÉO, M. V. R.; VENÂNCIO, W. S.; MONFERDINI, M. A. Avaliação da eficiência agronômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (Z*ea mays* L.). **Arquivos do Instituto de Biologia**, São Paulo, v. 67, supl., p. 1-145, 2000.

MONDRAGON, R. L.; POTTS, H. C. Field deterioration of soybean as affected by environment. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Lincoln, v. 64, p. 63-71, 1974.

MORAES, M. V. P. Visão global do Mercado da soja: oportunidades e ameaças para o Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 15-19.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agronômico e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, supl., p. 701-709, 2008.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. R.; Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 573-579, 2004.

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

NICKELL, L. G. **Plant growth regulating chemicals**. Boca Raton: CRC, 1983a. v. 1.

NICKELL, L. G. **Plant growth regulating chemicals**. Boca Raton: CRC, 1983b. v. 2.

NOCTOR, G.; FOYER, C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. **Annnal Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 49, p. 249-279, 1998.

NOGUEIRA, R. C.; PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M.; GAVILANES, M. L. Bases do crescimento e desenvolvimento vegetal. In: PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. (Ed.). **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2006. p. 18-29.

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

OLIVEIRA, S. H. F.; MONFERDINI, M. A. Compatibilidade de bioestimulante com fungicidas em tratamento de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: [s.n.], 2004. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 209-260.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. (Ed.). **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2006.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismo de resitência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 417-453.

PATRÍCIO, F. R. A.; BORIN, R. B. R. G.; ORTOLANI, D. B. Patógenos associados a sementes que reduzem a germinação e vigor. In: MENTEN, J. O. (Ed.). **Patógenos em sementes**: detecção, danos e controle químico. São Paulo: Ciba Agro, 1995. p. 137-160.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; FRAGA, A. C. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1653-1662, 2000.

PEREIRA, L. A. G.; COSTA, N. P.; QUEIROZ, E. F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 1, n. 3, p. 77-89, 1979.

PERL, A.; PERL-TREVES, R.; GALILI, G.; A VIV, D.; SHALGI, E.; MALKIN, S.; GALUN, E. Enhanced oxidative-stress defense in transgenic potato expressing tomato Cu, Zn superoxide dismutases. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 85, n. 5, p. 568-576, 1993.

PESQUISAS sobre produtividades máximas na cultura da soja no EUA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 101, p. 1-6, 2003.

PÍPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merril)**. 2002. 128f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

POPINIGS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: Agiplan, 1985.

PRADO NETO, M.; DANTAS, A. C. V. L.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. O. Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.

PRICE. A. H.; HENDRY, G. A. F. Stress and the role of activated oxygen scavengers and protective enzymes on plants subjected to drought. **Biochemical Society Transactions**, Essex, v. 17, p. 493-494, 1989.

RANGEL, M. A. S.; CAVALHEIRO, L. R.; CAVICHIOLLI, D.; CARDOSO, P. C. **Efeito do genótipo e do ambiente sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja, em quatro ambientes da região sul de Mato Grosso do Sul, safra 2002/2003**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 17).

RAO, A. C. S.; SMITH, J. L.; V.K.; JANDHYALA, R. I.; PARR, J. F. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 1023-1028, 1993.

REIS, R. P. **Introdução à teoria econômica**. 86 f. 2000. Monografia (Especialização em Administração Rural) - ESAL/Faepe, Lavras, 2000.

RICHARDSON, A. D.; AIKENS, M.; BERL YN, G. P.; MARSHALL, P. Drought stress and paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings: effects of an organic biostimulant on plant health and stress tolerance, and detection of stress effects with instrument-based, noninvasive methods. **Journal of Arboriculture**, Savoy, v. 30, n. 1, p. 52-61, 2004.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965. 2003.

ROBERTS, E. H. Loss of viability and crop yields. In: ROBERTS, E. H. (Ed.). **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p. 307-320.

RODRIGUES, J. D.; DOMINGUES, M. C. S. **Incrementos de produtividade na cultura da soja (Glycine max L. Merrill) cultivar IAC-18 com a aplicação do biorregulador Stimulate**. Botucatu: Unesp. Instituto de Biociências, 2002. Relatório técnico.

RODRIGUES, J. D.; DOMINGOS, M. C. S.; MOREIRA, R. C. Incrementos de produtividade na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) cv. IAC-18 com a aplicação do biorregulador Stimulate. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE FISIOLOGÍA VEGETAL, 11., 2002, Punta Del Este. **Actas...** Punta del Este: Sociedade Latinoamericana de Fisiologia Vegetal, 2002. p. 124-124.

RUSSO, R. O.; BERLYN, G. P. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. **Journal of Sustainable Agriculture**, New York, v. 1, n. 2, p. 19-42, 1990.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiología vegetal**. México: Grupo Editorial Iberoaméricano, 1994.

SANCHES, F. R. **Aplicação de biorreguladores vegetais**: aspectos fisiológicos e aplicações práticas na citricultura mundial. Jaboticabal: Funep, 2000.

SANTOS, C. H.; DOMINGUES, C. S. Mecanismo de ação de auxinas. In: CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. (Org.). **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p. 35-48

SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicilal do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. São Paulo: Atlas, 2008.

SANTOS, T. L. Soja. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia dos cultivos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008. p. 157-175.

SANTOS, V. D.; MELGES, E.; BONATO, C. M.; RUBIN FILHO, C. J**. Introdução ao estudo do crescimento e desenvolvimento vegetal**. Maringá: UEM, 2000. Apostila.

SEDIYAMA, C. S.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A. A.; ESTEVÃO, H. H. Influência do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes de soja. **Experientiae**, Viçosa, v. 14, n. 5, p. 117-141, 1972.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja**. Viçosa: UFV, 1993. pt. 1.

SHAFII, B.; MAHLER, K. A.; PRICE, W. J.; AULD, D. L. Genotype x environment interaction effects on winter rape seed yield and oil content. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 4, p. 922-927, 1992.

SINGH, R. B.; WILLIAMS, P. C.; NAKKOUL, H. Influence of growing season, location and planting time on some quality parameters of Kabuli chickpea. **Journal of the Science and Food Agriculture**, New York, v. 15, p. 429-441, 1990.

STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças**. Cosmópolis, 1998. v. 1. Informativo técnico.

STUTTE, C. A.; DAVIS, M. D. Growth regulators in soybean production. In: NICKELL, L. G. **Plant growth regulating chemicals**. Flórida: CRC Press, 1984. v. 2, cap. 4, p. 99-112.

STUTTE, C. A.; COTHREN, J. T. Improved efficiency of nitrogen and water utilization in soybeans with growth regulators. In: PLANT GROWTH REGULATOR WORKING GROUP, 4., 1977, Hot Springs. **Proceedings...** [S.l.:s.n], 1977. p. 211.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAVARES, S.; CASTRO, P. R. C.; RIBEIRO, R. V.; ARAMAKI, P. H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxan no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 28, n. 1, p. 47-54, 2007.

TEKRONY, D. M.; EGLY, D. B.; PHILLIPS, A. D. Effects of field weathering on the viability and on vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 749-753, 1980.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P. I. M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: Época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 216-218.

VASCONCELOS, A. C. F. **Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e de soja**. 111 f. 2006. Tese (Doutorado) - Esalq, Piracicaba, 2006.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 122 f. 2001. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de Stimulate no desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. Piracicaba: USP. Departamento de Ciências Biológicas, 2002.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado, tecnologia & produtividade**. São Paulo: Stoller do Brasil, 2003. p. 73-100.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, Cruz das almas, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2005.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C.; CATO, S. C.; SILVA, G. P. Stimulate no sistema de produção da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NE REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Cornélio Procópio: [s.n.], 2005. p. 82-83.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Coord.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p. 1-26.

VIEIRA, L. R. D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R. F.; SEDIYAMA, C. S.; THIEBANT, J. T. L.; XIMENES, P. A. Estudo da qualidade fisiológica de semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-1 em quinze épocas de colheita. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981,Brasília, DF. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1982. v. 1, p. 633-644.

VITTI, G. C.; CAMARGO, M. A. F.; LARA, C. **Síntese de análise químicas em tecido vegetal**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.

WEAVER, R. J. **Reguladores del crecimiento de las plantas en la Agricultura**. México: Trillas, 1976.

WILCOX, J. R.; CAVINES, J. F. Normal and low lenolenic acid soybean strains. Response to planting date. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 5, p. 1248-1251, 1992.

YANG, T.; DAVIES, P. J.; REID, J. B. Genetic dissection of the relative roles of auxin and gibberellin in the regulation of stem elongation in intact light-grown peas. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 110, p. 1029-1034, 1996.

YOUNG, L. M.; EVANS, M. L. Patterns of auxin and abscisic acid movement in the tips of gravistimulate primary roots of maize. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 20, n. 3, p. 253-258, 1996.

ZHANG, X.; ERVIN, E.; EV ANYLO, G.; SHERONY, C.; PEOT, C. Biosolids impact on tall fescue drought resistance. **Journal of Residuals Science & Technology**, Lancaster, v. 2, p. 173-180, 2005.

ZHANG, X.; ERVIN, E. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 5, p. 1737-1745, 2004.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E. Hormone-containing products' impact on antioxidant status oftall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 5, p. 1344-1349, 2000.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E. Antioxidant response to hormone-containing product in Kentucky bluegrass subjected to drought. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 545-551, 1999.

APÊNDICE

APÊNDICE - A

Figura 1A – Desenvolvimento vegetativo da cultura da soja na área experimental na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), na safra 2007/2008.

Figura 2A – Colheita e avaliações de campo na área experimental da FEI-UEM, na safra 2007/2008.

Figura 3A – Início do desenvolvimento da cultura na área experimental da FEI-UEM, na safra 2008/2009.

Figura 4A – Estádio reprodutivo da cultura da soja na área experimental na FEI-UEM, na safra 2008/2009.

Figura 5A – Ambiente e avaliações de laboratório conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri) – UEM.