

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

**DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO ADICIONAL NA
PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE SOJA**

Luciano Compagnoni

Pelotas, 2013

Luciano Compagnoni

**DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO ADICIONAL NA
PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE SOJA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, da Universidade Federal de Pelotas, como exigência parcial do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

ORIENTADOR: Prof. ANTONIO CARLOS SOUZA ALBUQUERQUE BARROS, Dr.

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:

(Gabriela Machado Lopes – CRB: 10/1842)

C753e Compagnoni, Luciano

Descompactação do solo e adubação adicional na produção de sementes de soja / Luciano Compagnoni; orientador Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros. - Pelotas, 2013.

35 f. :il

Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de sementes). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1. *Glycine max*; 2. Produtividade; 3. Compactação; 4. Adubação adicional; 5. Qualidade fisiológica. I. Barros, Antonio Carlos Souza Albuquerque (orientador); II. Título.

CDD 633.34

DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO ADICIONAL NA PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE SOJA

AUTOR: Luciano Compagnoni

ORIENTADOR: Prof. Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros, Ph.D.

BANCA EXAMINADORA

Prof. ANTONIO CARLOS SOUZA ALBUQUERQUE BARROS, Dr.
(Orientador)

Prof. LUIS OSMAR BRAGA SCHUCH, Dr.

Engº Agrº GERI EDUARDO MENEGHELLO, Dr.

Biol. ANDRÉIA DA SILVA ALMEIDA, Dr^a.

DEDICATÓRIA

Sementes não são de esquerda ou de direita. Carregam tecnologias que melhoram a produtividade e a qualidade de seus grãos. Quem tem pouca terra para semear precisa de qualidade. Dedico esse trabalho aos que fazem ciência com fim social.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, poressa casa linda, por seu nome, por sua estrutura, seu corpo de mestres, pesquisadores e funcionários.

Ao Prof. e orientador Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros, pela amizade, pelas conversas, pela liberdade de escolha dos temas de trabalho, por seu conhecimento amplo e abrangente além do campo técnico, pela força e apoio as iniciativas e pela orientação de todo esse trabalho.

Ao Prof. Luis Osmar Braga Schuch, pela forma de ensinar, pelo companheirismo e troca de ideias.

Ao pesquisador e funcionário Dr. Géri Eduardo Meneghello, pela atenção, auxílio e sugestões oportunas.

Ao funcionário Antonio Carlos Bandeira pela atenção e presteza de seu trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela estrutura disponível, funcionários e renomado corpo de docentes.

Aos meus pais, Irineu Compagnoni e Zilmar Silveira Compagnoni, pela educação, apoio e tocarem minha atividade particular, permitindo a realização desse curso.

À colega de graduação e mestrado Marciabela Fernandes Corrêa, pela amizade, companheirismo e ajuda nas avaliações de laboratório.

Aos colegas de graduação, Gerson Lubk Buss, Oscar Zanata, Tiago Rech, Tiago Golçalves Teixeira e Henrique Guidini, pela amizade, companheirismo, por manterem contato próximo e pelas atualizações das tecnologias aplicadas no campo.

Aos amigos e colegas agricultores por demandarem conhecimentos e relatarem experiências valiosas para que o trabalho tivesse emprego direto e prático.

À CAPES pela bolsa.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise de variância para produtividade (P), massa seca (MS), altura de plantas (AP) e diâmetro de caule (DC).....	22
Tabela 2. Produtividade (P), matéria seca (MS), altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e índice de colheita (IC) de soja produzida com diferentes níveis de adubação adicional (AA) e dois manejos diferentes de solo (MS).....	22
Tabela 3. Altura da inserção da primeira vagem (AV), número de vagens por metro linear (NV), número de sementes por m ² (NS) e índice de colheita (IC) de soja produzida com níveis diferentes de adubação adicional e manejo diferentes de solo.	26
Tabela 4. Germinação (G), primeira contagem da germinação (PC) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de soja produzidas com diferentes níveis de adubação adicional e dois manejos diferentes de solo.	27
Tabela 5. Diâmetro ponderado (DMP) e peso de cem sementes (PC) de soja produzidas com níveis diferentes de adubação adicional e dois manejos diferentes de solo.	28

RESUMO

COMPAGNONI, Luciano. **Descompactação do solo e adubação adicional na produtividade de sementes de soja**. 2013. 35f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

A cultura da soja tem enorme importância para o país. Aumentar a produtividade dessa cultura representa ganhos sociais e econômicos preservando os recursos naturais. Lavouras demonstrativas mostram que atual produtividade da soja esta bem abaixo do seu potencial, sendo necessário investigar quais são os fatores que limitam a atual produtividade. O objetivo desse trabalho foi mensurar a resposta dos fatores, adubação adicional e descompactação, sobre a produtividade da soja. O experimento foi conduzido em uma lavoura comercial localizada no município de Lagoão, RS. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram dispostos os tratamentos de compactação com dois níveis; Compactado e descompactado e nas subparcelas foram dispostos os cinco níveis de adubação adicional (zero, 250, 500, 750 e 1000) da formula 5-30-10. As avaliações de produtividade, componentes do rendimento e qualidade de sementes foram realizadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (LDAS/UFPel). A análise estatística foi realizada através de análise da variância e teste de hipóteses para verificar a significância dos efeitos principal e das interações. Para as comparações de médias foi utilizado o teste de tukey a 5% e/ou 1% de probabilidade. Não houve interação entre os dois fatores. A adubação adicional não melhorou a produtividade e não interferiu na qualidade fisiológica das sementes. A descompactação proporcionou produtividade média de 14,2 sacas a mais, produziu plantas mais altas, com maior diâmetro de caule, mais vagens e sementes por metro linear, maior peso de massa seca por hectare e apresentou menor índice de colheita.

Palavras-chave: *Glycine max*; Produtividade; Compactação; Adubação adicional; Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

COMPAGNONI, Luciano. **Soil unpacking and additional fertilization in soybean productivity**. 2013. 35f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

The soybean has enormous importance for the country. Increasing the productivity of this crop represents social and economic gains while preserving natural resources. Crops demonstrative show that current soybean yield is well below its potential, it is necessary to investigate what are the factors that limit current productivity. The aim of this study was to measure the response of factors, additional fertilization and decompression on soybean yield. The experiment was conducted in a commercial farm in the municipality of Lagoão, RS. The experimental design was a split plot. The plots were arranged treatments with two levels of compression; Packed and unpacked and subplots were arranged five additional fertilizer levels (zero, 250, 500, 750 and 1000) the formula 5-30-10. Assessments of productivity, yield components and seed quality were performed at the Laboratory Textbook of Seed Analysis, Federal University of Pelotas (LDAS / UFPel). Statistical analysis was performed using analysis of variance and hypothesis testing to verify the significance of main effects and interactions. For mean comparison test was used to tukey 5% and / or 1% probability. There was no interaction between the two factors. The additional fertilization has not improved productivity and not interfered in physiological seed quality. Decompressing yielded average productivity of 14,2 more sacks, produced taller plants with greater stem diameter, pods and more seeds per meter, the greater weight of dry matter per hectare and had lower harvest index.

Key words: *Glycine max*; Productivity; Compression; additional fertilization; Physiological quality.

SUMÁRIO

	Página
COMISSÃO EXAMINADORA.....	2
DEDICATÓRIA	3
AGRADECIMENTOS	4
LISTA DE TABELAS	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. PRODUTIVIDADE DA SOJA.....	12
2.1.1. População e arranjo de plantas	13
2.1.2. Compactação do solo	14
2.1.3. Níveis de nutrientes no solo e adubação adicional	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. LOCAL E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	17
3.2. TRATOS CULTURAIS	18
3.3. COLHEITA DO EXPERIMENTO.....	18
3.4. PRODUTIVIDADE.....	19
3.5. COMPONENTES DE RENDIMENTO E MORFOLÓGICOS DA PLANTA	19
3.6. QUALIDADE FISIOLÓGICA.....	20
3.7. PESOS DE CEM SEMENTES E TAMANHO MÉDIO DE SEMENTES.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
6. CONCLUSÕES.....	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*, L. Merrill) é o principal produto de exportação brasileira e tem sua importância refletida na história do país. O seu cultivo liderou a implantação de uma nova civilização no Brasil central, levando o progresso e o desenvolvimento para a região despovoada e desvalorizada, fazendo brotar cidades no Cerrado sendo a grande responsável pela aceleração da mecanização das lavouras brasileiras; pela modernização do sistema de transportes; pela expansão da fronteira agrícola; pela modificação e enriquecimento da dieta alimentar dos brasileiros; pela aceleração da urbanização do país; pela interiorização da população brasileira; pela tecnificação de outras culturas; assim como, impulsionou e interiorizou a agroindústria nacional (O FENOMENO, 2012).

Em 2011 a venda em grão, farelo e óleo foram responsáveis por 38% do total das exportações Brasileiras (SOJA, 2012). No futuro esses números devem crescer. Em 2012 foi registrado no mês de setembro em Chicago o preço de US\$ 17,88 por bushel de soja (SOJA, 2013), demonstrando o forte aumento na demanda mundial do produto. O crescimento econômico de países emergentes e populosos como Índia e China proporcionou melhoria nos padrões de vida de seus habitantes. Essas populações passaram a consumir mais carnes, que utiliza a soja como matéria prima. O consumo per capita de proteína animal nesses países ainda é baixosinalizando que há espaço para ampliação do mercado.

A soja precisará expandir sua produção para suprir a demanda e, a produção de sementes, na quantidade e qualidade requerida deverá acompanhar o ritmo desse crescimento.

Junto com o aumento na demanda por soja têm sido ampliadas também as exigências com a sustentabilidade da produção. Cada vez mais os mercados exigem a origem da produção.

Sem duvidas, o aumento de produtividade ajuda a garantir a sustentabilidade desse negócio. A produção pode ser ampliada de forma significativa sem avançar o cultivo em áreas preservadas. Segundo Beutler e Centurion (2003), embora em ritmo lento o incremento da produção dessa leguminosa está ocorrendo menos pelo

desmatamento de extensas áreas para seu cultivo do que pelo aumento da produtividade, proporcionado pelo manejo racional dos solos e dos insumos agrícolas.

Há espaço para aumentar a produção pelo incremento de produtividade. Evidencia disso é mostrado no desafio de máxima produtividade da soja, promovido pelo CESB (Comitê Estratégico Soja Brasil), que alcançou uma média de 95,5 sc.ha⁻¹ (CESB, 2012) entre 1.314 participantes da competição na safra 2010/11. A média nacional, na mesma safra foi de 44,18 sc.ha⁻¹ (CONAB, 2013). Os números da competição, gerado por um grupo expressivo de produtores demonstra que a produtividade nacional poderá ser multiplicada com certa facilidade.

Vários fatores determinam a produtividade da soja, alguns favorecem e outros limitam porém todos atuam ao mesmo tempo e com interação. São relacionados com as condições de solo, clima e planta tudo associado a uma enorme gama de tratamentos culturais. Investigar cada fator e/ou interação entre fatores que determinam quais possuem os maiores pesos na composição da produtividade não é uma tarefa tão simples e exigem do pesquisador grande empenho e conhecimento de ferramentas estatísticas e de experimentação que possam auxiliá-lo nesse sentido.

Os resultados de lavouras comerciais fornecem uma boa ideia de que resultados expressivos são possíveis de serem alcançados por um universo grande de produtores. Porém, em geral, a ficha técnica dessas lavouras (DESAFIO, 2012) mostra que são usados vários tratamentos que podem alavancar a produtividade, porém todos testados ao mesmo tempo e sem o delineamento estatístico adequado. Isso dificulta mensurar exatamente qual fator ou interação de fatores foi responsável pelo incremento. Nos tratamentos culturais utilizados alguns são representativos enquanto outros podem apenas estar gerando custo.

A pesquisa é essencial para obter respostas consistentes, mas, sem dúvidas o conhecimento empírico precisa ser levado em conta. Seria estúpido qualquer pesquisador desconsiderar relatos de produtores e consultores técnicos que obtiveram produtividade acima de 6t.ha⁻¹, porém a investigação com métodos é necessária para evitar conclusões simplistas.

Os cuidados com o solo em sua parte física, química e biológica podem limitar a produtividade. O plantio direto é uma tecnologia fundamental para sustentabilidade da produção agrícola de grandes culturas como a soja, gerando acúmulo de matéria

orgânica e a formação de uma camada superficial de palha, proporcionando maior resistência à compactação.

Entretanto, nos últimos anos, devido ao surgimento de plantas resistentes à herbicida, aparecimento de doenças, material genético com maior índice de colheita (proporção grão/palha), maior suscetibilidade das novas cultivares a desfolha, houve a necessidade de aumentar o número de tratos culturais além de diminuir o resíduo de palha após a colheita disponível para o sistema. Esses tratos culturais aumentaram a entrada de máquina na lavoura. Com a intensificação do uso das terras, que ocorreu nos últimos anos o problema foi multiplicado. A maioria dos produtores passou a fazer duas safras anuais de interesse econômico (verão e inverno no sul e safra e safrinha nas demais regiões), agravando o problema da compactação que passa a ser mais frequente e severo.

A compactação é uma alteração estrutural que causa reorganização das partículas dos agregados, promovendo, concomitantemente, aumento da densidade do solo e redução da porosidade total e da macroporosidade (STONE et al., 2002), altera a disponibilidade de nutrientes, água e reduz o crescimento das raízes das plantas.

Em anos com déficit hídrico como o ocorrido na safra de 2011/12 o problema é agravado. A base da produção nacional de grãos depende de fatores insertos como o regime hídrico, buscar tecnologias que, ao menos, possam mitigar os danos da seca se justifica.

As principais formas de absorção de nutrientes minerais das plantas são o fluxo de massa e difusão, sendo completado pela interceptação radicular (BISSANI et al., 2008). O fluxo de massa e a difusão dependem diretamente da quantidade de água disponível no solo. Uma maior concentração de nutrientes poderia compensar um menor volume de água disponível para a planta, ou, um menor volume radicular, que ocorre devido à resistência do solo a penetração das raízes provocadas pela compactação e/ou baixa umidade. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi testar e mensurar os efeitos do uso de doses diferentes de adubação adicional em duas condições de preparo de solo para a cultura da soja

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUTIVIDADE DA SOJA

O Brasil é o segundo maior produtor de soja no mundo e a estimativa de área plantada com a oleaginosa para a safra 2012/13 é de 25,04 milhões de hectares. A produtividade nacional em 2011/12 foi de 2651kg.ha⁻¹sendo que a maior média foi alcançada na safra de 2010/11com 3115 kg.ha⁻¹(CONAB, 2012).

O CESB (Comitê Estratégico Soja Brasil) em seus desafios de máxima produtividade conseguiu uma média de 5730 kg.ha⁻¹ entre os 1.314 participantes da competição na safra 2010/11. Os números foram divulgados no 3º Fórum Nacional de Máxima Produtividade, realizado durante o VI Congresso Brasileiro de soja realizado em Cuiabá, MT (CESB, 2012).

A média de produtividade dos 1.314 participantes da competição do SESB, 117% maior que a média nacional, mostra o enorme espaço para crescimento da produtividade nacional. Com tamanha área de terras ocupadas com soja no Brasil qualquer aumento na produtividade teria enorme impacto positivo.

Há exemplos mostrando que a produtividade esta aquém do potencial das lavouras e do material genético empregado. É preciso identificar e melhorar os fatores limitantes da atual produtividade. A maioria dos produtores tem capacidade de investimento e aceita bem as novas tecnologias. São comuns os faturamentos recordes das feiras ligadas ao setor. Entretanto, o apelo comercial tem distorcido o equilíbrio no uso de tecnologias. O incentivo no uso de tecnologias modernas como: inseticidas, fungicidas, herbicidas e fertilizantes foliares, ocorre sem ter a mesma preocupação em relação aos atributos de solo. Na prática, os tratos culturais que geram venda recebem maior preocupação do produtor do que os demais. A extensão rural que chega ao campo de forma mais efetiva é formado por representantes de empresas preocupados em levar a tecnologia que esta embutida em seus produtos. As pesquisas ligadas a empresas isenta como as públicas não tem a mesma eficiência.

Principais fatores relacionados à produtividade:

2.1.1. População e arranjo de plantas

A população de plantas indicadas para a maioria das cultivares de soja fica entre 200.000 a 400.000 plantas por ha (BRASMAX; PIONEER, 2013). Segundo a Embrapa (2003), em função de avanços nos sistemas de semeadura (maior precisão das semeadoras), de cultivares mais adaptadas, de melhoria da capacidade produtiva dos solos, de adoção de práticas conservacionistas, de cobertura vegetal do solo e da semeadura direta, entre outros fatores, a população padrão de plantas de soja foi reduzida gradativamente, nos últimos anos, de 400 mil para, aproximadamente, 320 mil plantas por hectare, porque as condições acima permitem melhor crescimento e maior rendimento por planta. Em áreas mais úmidas e/ou em solos mais férteis (fertilidade natural ou construída), onde, com frequência, ocorre acamamento das plantas, a população pode ser reduzida de 20%-25% (ficando em torno de 240-260 mil plantas). População muito alta aumenta os gastos com sementes e podem causar acamamento das plantas sem gerar acréscimos na produtividade. Já a adoção de populações abaixo da recomendada favorece o surgimento de plantas daninhas e pode resultar em menor altura de plantas com consequente redução na altura de inserção de vagens aumentando o índice de perdas na colheita. Porém, de maneira geral a soja é capaz de suportar grandes reduções de populações sem perdas significativas de colheita. Esse fato deve-se a sua alta plasticidade. Assim, alterando a população de plantas a soja altera mais a sua morfologia que a sua produtividade.

Vazquez et al. (2008), analisando populações de plantas de soja BRSMG 68 Vencedora e M-Soy 8001 não encontrou perda de produtividade com redução de 45% e 30% respectivamente comparada com a população original de 400000 plantas das duas variedades. Berbert e Hamawaki (2008), testando quatro linhagens diferentes de soja com duas densidades de plantas; 12 e 15 plantas por metro e três diferentes espaçamento entre linhas; 30, 40 e 60 cm, mostrou não haver diferença estatística dentro de cada linhagem em nenhuma combinação de espaçamento e densidade. A utilização de 40 plantas m^{-2} não resulta em rendimentos ao final do ciclo superiores aos obtidos com 30 plantas m^{-2} (PIRES et al., 2000).

O Desafio Nacional de Máxima Produtividade lançado pelo CESB em 2009 trouxe a tona a questão do arranjo espacial de plantas. Ocorre que os resultados mais expressivos tiveram, entre várias técnicas adotadas, uma em comum, o plantio

cruzado. Nesse sentido, um trabalho recente de Balbinot Junior et al. (2012), apresentado no ultimo Congresso Brasileiro da Soja, realizado na cidade de Cuiabá, MG, analisando esse arranjo de semeadura, encontrou que o plantio cruzado não afetou a produtividade da soja.

2.1.2. Compactação do solo

Segundo Lima et al. (2006). Fatores externos e internos são condicionantes do processo de degradação estrutural do solo. Os fatores externos são caracterizados, pelo tipo, pela intensidade e pela frequência da pressão exercida por máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou pisoteio de animais e, os internos, pelas propriedades físicas, mais especificamente, pelo teor de carbono orgânico, textura e umidade do solo. A compactação altera a disponibilidade de nutrientes e água as plantas, reduz a penetração das raízes além de aumentar a erosão e a energia necessária para o preparo do solo. Solos nessa condição têm sua geometria porosa afetada, o que aumenta a retenção de água sem que, no entanto, essa água esteja necessariamente disponível as plantas (KLEIN et al., 2009). Para Debiasi et al. (2008), a causa desse processo é de natureza antropogênica e um solo é considerado compactado quando atinge um grau de compactação a partir do qual se observa restrição ao desenvolvimento das plantas. Em consequência, há alteração no funcionamento bioquímico da planta, restringindo, entre outros fatores, o crescimento da parte aérea (OLIVEIRA et al., 2012) e a produção da cultura. Para Oliveira et al., 2012, a porosidade do solo é fundamental para a produção das culturas, estando a porosidade total próxima a $0,50 \text{ m}^3/\text{m}^3$, sendo 34% para macroporos e 66% para microporos.

Na prática, a compactação, é uma preocupação de produtores e técnicos envolvidos com o sistema de plantio direto. É aceito por pesquisadores que os efeitos da compactação são mais perceptíveis aos produtores em anos com déficit hídrico, pois com a estiagem o adensamento de solos limita a produção de grãos. Por outro lado, com a distribuição regular de chuvas e solos férteis a compactação passa despercebida para a maioria dos agricultores e técnicos (A COMPACTAÇÃO, 2013). Para Cardoso et al. (2006) a presença de estruturas compactadas diminui a

exploração do sistema radicular da soja, porém não afeta a produtividade de grão e a acumulação de matéria seca da soja, quando não há restrição hídrica.

A resistência do solo à penetração tem sido o atributo físico priorizado em trabalhos que estudam a compactação do solo (IMHOFF et al., 2000). Apresenta forte relação com o crescimento radical das plantas. As raízes que crescem em solos com alta resistência à penetração apresentam modificações morfológicas. Assim, decréscimo na divisão celular no meristema e aumento no diâmetro da raiz, resultante do aumento na espessura do córtex, reduzem a área de solo explorado pelas raízes e a absorção de água e nutrientes (BEUTLER, 2003). O aparecimento de novas doenças e pragas acentuou a necessidade de tratamentos culturais a serem executados durante o cultivo (dessecação, plantio, aplicações de inseticida, herbicida e fungicida, adubação de cobertura e foliar e colheita) em dois ciclos por ano (inverno e verão no sul; safra e safrinha no restante do país) crescendo acentuadamente, nos últimos anos, o tráfego de máquinas nas lavouras. Há íntima relação da compactação com a velocidade e a capacidade de infiltração de água no solo. Os solos compactados absorvem menos água, sofrem mais com erosão e causam danos mais severos à planta durante as estiagens que ocorrem com certa frequência durante o ciclo das culturas de verão.

Dentre as opções de métodos de preparo do solo disponíveis, a escarificação é aquela que, se bem executada, resulta nos menores prejuízos à estrutura e ao teor de matéria orgânica do solo (DEBIASI et al., 2008). É indicado para esse trabalho escarificadores equipados com discos de corte, rolo destorroador e ponteiros com largura inferior a 7cm. Entretanto, para a maioria dos produtores, usar implementos para descompactar o solo é visto como uma volta ao passado, onde se trabalhava com cultivos convencionais que causaram enormes danos à camada fértil do solo (A COMPACTAÇÃO, 2013).

2.1.3 Níveis de nutrientes no solo e adubação adicional

Outro ponto importante que reduz o potencial produtivo das lavouras é a disponibilidade de nutrientes para a planta. A imensa maioria dos solos não possui adubação natural suficiente para suprir a planta, principalmente fósforo e potássio. A carência de P dos solos brasileiros é consequência do material de origem e da forte

interação do P com o solo (TRINDADE, 2011), em que menos de 0,1% encontra-se em solução (CORRÊA, 2004). O fósforo (P) é o nutriente mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais (TRINDADE, 2011).

A quantidade de adubo a ser exportada por uma lavoura de soja com rendimento superior a 6 ton^{-1} é de 90kg de P_2O_5 , e 150kg de K_2O (SBCS-RS/SC, 2004). Para essa expectativa de colheita seriam necessários 600 kg de adubação (da formula 00-20-25), considerando que a interpretação dos teores de K e P estivessem no nível muito alto. Essa adubação, pela lógica do produtor, para uma lavoura que já possui alta fertilidade, pode ser considerada exagerada. Entretanto, se esse for um fator limitante, faz-se necessária e possui viabilidade econômica. A maior parte dos custos de produção de sementes esta em depreciação de inúmeras máquinas (de plantio, colheita e beneficiamento), mão de obra e custo de oportunidade do capital investido. O aumento nesses investimentos não tem relação direta com a produtividade. Em relação à adubação, quanto mais investimento maior será a produção até certo limite. Ou seja, o custo com adubação, pode potencializar os demais investimentos.

Outro fator relacionado a fertilidade do solo a ser considerado é a concentração de alguns minerais na semente. Uma maior disponibilidade de nutrientes no solo leva a produção de sementes com teores mais altos desses nutrientes na semente. A pesquisa, apesar de ainda não estar totalmente sólida, aponta que sementes de soja com teor maior de fósforo em sua constituição proporcionam maior produtividade de grãos (PESKE et al., 2009). Esse fator devera ser testado e tendo comprovada essa afirmação será um diferencial de qualidade a ser oferecido pelo produtor de sementes ao seu cliente, podendo ser usada pelo sementeiro como uma ferramenta de marketing, já que seria uma qualidade adicional quando na busca da alta produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no município de Lagoão/RS, (29°14'01"S, 52°47'19"W), durante a safra de 2011/12. O Clima é subtropical úmido (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa). O local da experimentação foi uma lavoura com plantio direto consolidado há cinco anos, tendo na safra de verão 2010/11 sido cultivada com milho. Em anos anteriores esse solo foi cultivado com soja no verão e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) no inverno. Até o ano de 2007 essa área era destinada a pecuária, sendo a abertura da lavoura, realizada com duas passagens de grade aradora e uma passada de grade niveladora. Após esse manejo não foi adotado nenhum preparo mecânico exclusivo para descompactar o solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com três repetições. Cada bloco foi formado por duas parcelas, onde foram dispostos de forma aleatórios os tratamentos de compactação. Cada parcela foi dividida em cinco subparcelas que aleatoriamente receberam os níveis de adubação adicional. Nas parcelas foi disposto o fator compactação, divididos em dois níveis; compactado e descompactado. Enquanto nas subparcelas foi disposto o fator adubação adicional, divididos em cinco níveis (zero, 250, 500, 750, 1.000kg) de fertilizantes da fórmula 5-30-10), as parcelas foram montadas com 20m de comprimento por 3,15m (7 linhas) de largura e divididas em 5 subparcelas com 4X3,15m.

A descompactação das parcelas que receberam esse tratamento foi realizada com subsolador de cinco hastes e a profundidade de trabalho foi de 0,4m. A semeadura da aveia preta, para formação da palhada, foi realizada a lanço, simultaneamente, em todas as parcelas após a montagem do experimento e a realização do manejo da descompactação. Os tratamentos com níveis diferentes de adubação foram realizados 20 dias após a emergência. A aplicação a lanço foi para evitar problemas na salinização do sulco nas doses maiores.

3.2. TRATOS CULTURAIS

A área foi dessecada com $1,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ de glifosato e 80 g.ha^{-1} de clorimuron etílico, 20 dias antes da realização da semeadura.

A semeadura foi realizada em 10 de novembro com uma semeadora adubadora equipada com sulcador do tipo guilhotina, com sistema de distribuição de sementes de disco perfurado, regulado para uma distribuição de 12 sementes por metro linear, com espaçamento de linhas de 0,45m.

Na base foi utilizada uma adubação de 350kg de adubo da formula 5-30-10 por hectare depositado no sulco de semeadura, conforme recomendação técnica (SBCS-RS/SC, 2004).

O controle de plantas daninhas foi realizado 22 dias após a emergência com aplicação de 1kg/ha de glifosato, nesse estágio foi aplicado 50ML/ha de teflubenzurom para controle de pragas.

No início da fase reprodutiva, em R2 (FEHR E CAVINESS,1977), e, repetido 23 dias após, foram aplicados 300ML/ha de azoxistrobina + ciproconzol em mistura com 300ML/ha de óleo mineral para controle de doenças e 50ML/ha de teflubenzurom mais 500ML/ha de metamidofós para o controle de pragas.

3.3. COLHEITA DO EXPERIMENTO

Para determinação do rendimento as subparcelas foram ceifadas manualmente com uma tesoura de poda. Foi colocada uma régua de madeira perpendicular à linha de semeadura a uma distância de 0,70m do início da parcela ($3,15 \times 4 \text{ metros}$), a partir dessa régua foram ceifadas 1,5m das três linhas centrais da subparcela (área colhida de $2,025\text{m}^2$). Essa distância, juntamente com a escolha das linhas centrais, foi pré-determinadas e foi condição igual a todas as parcelas. Para análise dos componentes de rendimento foi colhido 1,0m linear da linha central (área de $0,45\text{m}^2$), na continuação da colheita dessa mesma linha para determinar o rendimento, sendo colhida a linha imediata à direita caso nesse metro linear pré-determinado apresentasse menos de 5 plantas por metro. As plantas coletadas para análise dos componentes de rendimento foram arrancadas com raiz. Todas as plantas coletadas tiveram respeitada abordagem mínima de 0,70m.

A primeira secagem foi feita ao sol. Em seguida as parcelas colhidas foram armazenadas e posteriormente transferidas para o Departamento de Fitotecnia, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). O material foi novamente secado na palha em estufa de ar forçado, com temperatura de 38°C durante 8 horas. Imediatamente após essa secagem, as plantas foram trilhadas em uma máquina artesanal construída especificamente para a debulha de sementes de parcelas experimentais. As amostras destinadas a avaliação dos componentes de rendimento foram separadas da raiz e pesadas a parte aérea total, para em seguida serem debulhadas manualmente.

3.4. PRODUTIVIDADE

Para determinação da produtividade foram somadas as sementes colhidas nas três linhas centrais mais as sementes debulhadas em um metro linear que foi utilizado para compor a análise de rendimento. A área total colhida para determinação da produtividade foi de 2,475m² por parcela, extrapolada para um ha. Para análise de produtividade a massa de sementes foi ajustada para 13% de umidade.

3.5. COMPONENTES DE RENDIMENTO E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA PLANTA

Os componentes de rendimentos foram determinados considerando como amostra básica o metro linear e não a planta individual colhidas de forma aleatória.

Na posição onde foi feita a separação da parte aérea da raiz foi determinado com o auxílio de um paquímetro o diâmetro do caule (DC). Em seguida foi mensurada com o auxílio de uma trena a altura da planta (AP). A produção de massa seca (MS) foi determinada pesando a parte aérea de toda a amostra e, extrapolando para um hectare. O índice de colheita (IC) foi determinado dividindo a produção de sementes da amostra pela respectiva massa seca da parte aérea. Foram determinados por contagem o número de vagens por metro linear (NVML) e número de sementes por metro linear (NSML) contando todas as vagens e todas as sementes de todas as plantas colhidas em um metro linear. Foi dividido o número de sementes pelo número de vagens para determinar o número de sementes por vagem (NSV).

3.6. QUALIDADE FISIOLÓGICA

As avaliações foram realizadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, município de Capão do Leão - RS. O teste de germinação (G) foi realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada amostra, colocadas em substrato de papel de germinação (germitest), previamente umedecido em água utilizando-se 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram acondicionadas em germinadores e mantidas a temperatura de 25°C. As avaliações foram efetuadas conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais. A primeira contagem da germinação (PCG) - constou da determinação da porcentagem de plântulas normais aos cinco dias após a semeadura por ocasião da realização do teste de germinação.

Para o envelhecimento acelerado (EA) foram utilizadas caixas gerbox com uma tela fixada na posição mediana. Em cada caixa gerbox foram depositados água destilada e sobre a tela foram distribuídas as sementes de cada tratamento cobrindo a superfície da tela. Em seguida, as caixas contendo as sementes foram tampadas e acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41°C, onde permaneceram por 48 horas (MARCOS-FILHO, 1999). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente.

3.7. PESOS DE CEM SEMENTES E TAMANHO MÉDIO DE SEMENTES

O peso de cem sementes (PCS) foi determinado pela contagem ao acaso, de oito subamostras de 100 sementes, as quais foram pesadas, sendo os valores expressos em gramas, com duas casas decimais (Brasil, 2009). Para determinar o tamanho médio das sementes (TMS) foram tomadas, duas amostras de 200g de cada amostra que foram colocadas em uma sequência de peneiras de furos redondos, sobrepostas em ordem decrescente de diâmetro, tendo a primeira 8mm, decrescendo 0,5mm em cada peneira até a última com 4,5mm. Foi feita a pesagem e o percentual de retenção de sementes em cada peneira. O tamanho médio de cada tratamento foi obtido pela média ponderada das sementes retidas em cada peneira.

Fórmula: $(7,5 \times P1) + (7,0 \times P2) + (6,5 \times P3) + (6,0 \times P4) + (5,5 \times P5) / PT$.

P1- Massa de sementes retida na peneira 7,5 mm

P2- Massa de sementes retida na peneira 7,0 mm

P3- Massa de sementes retida na peneira 6,5 mm

P4- Massa de sementes retida na peneira 6,0 mm

P5- Massa de sementes retida na peneira 5,5 mm

PT- Soma das massas das sementes retidas em todas as peneiras

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Análise de variância para produtividade (P), massa seca (MS), altura de plantas (AP) e diâmetro de caule (DC).

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		P	MS	AP	DC	IC
Bloco	2	180674	0,92	225	0,004	0,00008
Compactação (CS)	1	5447227*	38,64*	4890*	0,507*	0,00961*
Resíduo (a)	2	76819 ^{ns}	1,25 ^{ns}	95 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,00043 ^{ns}
Adubação adicional (AA)	4	45096 ^{ns}	0,87 ^{ns}	50 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,00014 ^{ns}
int. CS X AA	4	10191 ^{ns}	0,96 ^{ns}	18 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,00013 ^{ns}
Resíduo (b)	16	77342 ^{ns}	1,13 ^{ns}	71 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,00010 ^{ns}
Total	29	7420846	68,48	69,48	0,901	0,01330

^{ns} Não significativo pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .01$) pelo teste de Tukey.

Em nenhuma análise estatística houve interação entre os fatores adubação adicional e compactação.

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram que não houve incremento de produtividade com o aumento progressivo da adubação, nem mesmo os tratamentos extremos apresentaram diferença significativa. A hipótese de maximizar a produção usando doses adicionais de nutriente, não foi confirmada neste experimento. Firmano et al. (2009), encontraram maior taxa de assimilação de CO₂ utilizando fósforo adicional em uma condição de deficiência hídrica porém esses efeitos não conferiram maior estabilidade no acúmulo de massa seca pelas vagens. Durante a realização deste experimento, a condição ambiental foi de grande deficiência hídrica, e o resultado encontrado corrobora com os dados do trabalho mencionado quanto à acumulação de massa seca pelas vagens. Em sistemas especiais de produção, onde há restrição ao crescimento das raízes, como é o caso de cultivos em vaso, recomendam-se concentrações mais elevadas de nutrientes (PEREIRA et al., 2012). A hipótese de que nutrientes adicionais poderiam ter efeito compensatório à compactação, que também limita o crescimento das raízes não foi observada.

Tabela 2. Produtividade (P), matéria seca (MS), altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e índice de colheita (IC) de soja produzida

com diferentes níveis de adubação adicional (AA) e dois manejos diferentes de solo (MS).

Variável	Adubação (5-30-10) kg.ha ⁻¹	Solo		Média ^{NS}
		Compactado	Descompactado	
Produtividade (P) Kg.ha ⁻¹	0	2589	3462	3025
	250	2453	3181	2817
	500	2383	3334	2858
	750	2553	3381	2967
	1000	2531	3413	2972
	Média*	2502b	3354a	
MG=2928		CV(%-AA)=9,46	CV(%-MS)=9,50	
Matéria seca (MS) Mg.ha ⁻¹	0	4,37	7,57	5,97
	250	5,93	7,74	6,84
	500	5,53	6,89	6,21
	750	5,35	7,29	6,32
	1000	5,30	8,33	6,81
	Média*	5,30b	7,57a	
MG=6,43		CV(%-AA)=17,42	CV(%-MS)=16,53	
Altura (AP) (m)	0	0,66	0,97	0,81
	250	0,73	0,99	0,86
	500	0,67	0,94	0,81
	750	0,76	0,98	0,87
	1000	0,70	0,93	0,81
	Média*	0,70b	0,96a	
MG=0,83		CV(%-AA)=11,69	CV(%-MS)=10,11	
Diâmetro de Caule (DC) (cm)	0	0,66	1,03	0,85
	250	0,80	0,90	0,85
	500	0,83	1,10	0,96
	750	0,73	1,00	0,86
	1000	0,73	1,03	0,88
	Média*	0,75b	1,01a	
MG=0,88		CV(%-AA)=9,47	CV(%-MS)=14,36	
Índice de colheita (IC) (%)	0	0,51	0,46	0,49
	250	0,51	0,47	0,49
	500	0,50	0,47	0,48
	750	0,49	0,47	0,48
	1000	0,49	0,46	0,48
	Média*	0,50a	0,47b	
MG=0,48		CV(%-AA)=4,27	CV(%-MS)=2,05	

^{NS} Não significativo pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .01$) pelo teste de Tukey.

É frequente o uso por agricultores de cloreto de potássio em adubação de cobertura na soja buscando incremento de produção. O efeito salino do Potássio no sulco de semeadura, observado em doses superiores a 50kg.ha^{-1} (OLIVEIRA, 2008) recomenda sua aplicação, a lanço, após o plantio. Se forem analisados de forma fracionada os nutrientes utilizados neste experimento, o potássio aplicado nos tratamentos foi: zero; 25; 50; 75 e 100kg.ha^{-1} . Na condição de solo e clima, que foi conduzido a experimentação, as doses adicionais de Potássio aplicadas 20 dias após a semeadura não mostraram acréscimos de produção, corroborando com os resultados encontrados por Heinzmann (2009). Já, Backes e Trento (2007), usando aplicação de potássio antes e após a semeadura, encontraram incremento de produção nas aplicações de cloreto de potássio com 10, 20 e 30 dias após a semeadura.

Os parâmetros, altura de planta, diâmetro de caule, massa seca total e produtividade, foram afetados pelo fator compactação do solo. Nesses parâmetros os resultados foram sempre superiores na condição descompactada. Os tratamentos descompactados tiveram maior altura como reflexo da melhor condição de solo que proporcionou um melhor desenvolvimento das plantas. O diâmetro de caule acompanhou o maior crescimento em altura no tratamento descompactado. Mesmo havendo uma maior mobilização de fotoassimilados para o caule, órgão da planta sem interesse econômico, o aumento desse parâmetro é positivo, pois confere maior resistência ao acamamento.

O índice de colheita foi menor na condição descompactada, devido a um maior crescimento vegetativo da parte aérea das plantas. O crescimento de produtividade nessa condição foi proporcionalmente menor que o crescimento da parte vegetativa reduzindo o índice de colheita.

Quanto à viabilidade dos tratamentos, os resultados mostram que há incremento na produtividade quando se realiza a descompactação do solo antes da implantação da forrageira para a formação da palhada. A produção a mais no tratamento descompactado foi de 852Kg.ha^{-1} . Esse fato indica que a reforma do sistema plantio direto, para melhorar as condições físicas do solo é justificado pelo incremento de produção na cultura da soja.

A Tabela 3 mostra os componentes de rendimento. A maior altura (AP), mostrado anteriormente na Tabela 2, na condição descompactada foi acompanhada por uma maior altura de inserção de vagens (IV). O tratamento descompactado produziu mais legumes e mais sementes por metro quadrado, explicando a condição superior do tratamento descompactado, porém não se diferiu estatisticamente quanto ao número de sementes por vagens. Os componentes de rendimento também mostram que o fator adubação adicional, não diferiu estatisticamente em seus diferentes níveis.

A Tabela 4 mostra que os tratamentos não influenciaram na qualidade fisiológica das sementes. Zucareli et al. (2006), testando diferentes doses de adubação fosfatada não encontrou diferença na qualidade fisiológica de feijão, corroborando em parte com os resultados desse experimento. O fator compactação reduziu o tamanho e o peso das sementes (Tabela 5). O menor tamanho das sementes juntamente com um menor peso faz parte dos componentes de rendimento que explica a perda de produtividade onde não foi realizada a descompactação do solo anterior à semeadura, porém não comprometeu a qualidade fisiológica das sementes. O resultado encontrado é corroborado por outros trabalhos (LIMA e CARMONA, 1999; AVILA et al., 2008; PICCININ et al., 2011).

Tabela 3. Altura da inserção da primeira vagem (AV), número de vagens por metro linear (NV), número de sementes por m² (NS) e índice de colheita (IC) de soja produzida com níveis diferentes de adubação adicional e manejo diferentes de solo.

Variável	Adubação(5-30-10) Kg.ha-1	Solo		Média
		Compactado	Descompactado	
AV (m)	0	0,22	0,32	0,27
	250	0,23	0,34	0,28
	500	0,26	0,34	0,30
	750	0,21	0,30	0,26
	1000	0,23	0,29	0,26
	Média*	0,23	0,32	
MG=0,27		CV(%-AA)=9,31	CV(%-MS)=7,54	
NV (m ⁻¹)	0	291	360	326
	250	285	348	316
	500	284	345	314
	750	297	360	328
	1000	282	359	320
	Média*	288b	354a	
MG=321		CV(%-AA)=8,49	CV(%-MS)=6,55	
NS (m ⁻¹)	0	704	815	759
	250	641	811	726
	500	634	788	711
	750	660	815	737
	1000	677	820	749
	Média*	663b	810	
MG=736		CV(%-AA)=10,69	CV(%-MS)=12,40	

^{NS} Não significativo pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < .01) pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Germinação (G), primeira contagem da germinação (PC) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de soja produzidas com diferentes níveis de adubação adicional e dois manejos diferentes de solo.

Variável	Adubação (5-30-10) kg.ha-1	Solo		Média
		Compactado	Descompactado	
G (%)	0	92	93	92
	250	93	94	93
	500	95	93	94
	750	93	93	93
	1000	92	92	92
	Média ^{NS}	93	93	
MG=93 CV(%-AA)= 1,13		CV(%-MS)= 2,72		
PC (%)	0	59	60	60
	250	60	66	63
	500	68	61	64
	750	61	59	60
	1000	54	56	55
	Média ^{NS}	60	60	
MG= 60 CV(%-AA)= 4,97		CV(%-MS)= 13,59		
EA (%)	0	69	69	69
	250	67	71	69
	500	72	66	69
	750	67	65	66
	1000	62	61	62
	Média ^{NS}	68	67	
MG= 67 CV(%-AA)= 3,32		CV(%-MS)= 8,71		

^{NS}Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Diâmetro ponderado (DMP) e peso de cem sementes (PC) de soja produzidas com níveis diferentes de adubação adicional e dois manejos diferentes de solo.

Variável	Adubação ^{NS} (5-30-10) Kg.ha ⁻¹	Solo**		Média
		Compactado	Descompactado	
DMP (mm)	0	6,27	6,60	6,44
	250	6,28	6,65	6,47
	500	6,30	6,50	6,40
	750	6,30	6,53	6,42
	1000	6,26	6,57	6,42
	Média**	6,28b	6,57a	
MG= 6,43 CV(%-AA)= 0,33		CV(%-MS)= 0,89		
PC (g)	0	16,82	19,13	17,98
	250	16,52	19,14	17,83
	500	16,48	17,98	17,23
	750	16,16	18,31	17,24
	1000	16,04	18,50	17,27
	Média**	16,40b	18,61a	
MG= 17,51 CV(%-AA)= 1,43		CV(%-MS)= 2,61		

. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01) pelo teste de Tukey.

O tamanho das sementes, mensuradas pelo diâmetro médio ponderado (DMP) e peso de cem sementes (PC) (Tabela 5) apresentou resultado superior para a condição de solo descompactada. A compactação reduz a velocidade de infiltração (STONE et al., 2002) de água no solo. Durante o verão, grande parte da água disponível para as plantas origina-se de precipitações que ocorrem de forma intensa durante pancadas de chuva. Quando a velocidade de infiltração é menor que a intensidade de precipitação a água da chuva passa a ser perdida por escoamento superficial, causando erosão e menos água vai estar disponível para as plantas durante os períodos de falta de chuva. Devido aos períodos prolongados de estiagem que ocorreram durante o experimento, os efeitos causados sobre o tamanho e peso

das sementes se assemelham aos efeitos encontrados por outros trabalhos estudando o déficit hídrico (THOMAS e COSTA, 1994; RAMBO et al., 2005).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em última instância o trabalho do cientista tem como fim melhorar as condições de cultivo do produtor, que por vezes, pode ter dúvida sobre o que é comercial e o que científico.

A mola propulsora na venda de produtos e/ou tecnologia para a soja, seja produtor de sementes ou de grãos, é a sua relação com o aumento de produtividade. Qualquer novidade lançada com a promessa de tornar a lavoura mais produtiva, desperta a atenção do produtor.

A apresentação do novo é feita com lavouras demonstrativas, onde não se aplicam os princípios da experimentação. A estatística é substituída por uma medida simples ou pelo olho do próprio agricultor.

Em pesquisas feitas a campo, mesmo utilizando as ferramentas da estatística e da experimentação, a condição heterogênea do ambiente aumenta o erro experimental e requer muita habilidade do pesquisador para mostrar a eficiência de uma tecnologia quando o ganho é pouco expressivo. Porém, para um público leigo, produtos são vendidos baseados em resultado de lavoura demonstrativa que afirma, por exemplo, melhorar a produtividade em um ou dois sacos de soja à mais por hectare, onde se gasta o valor de uma com a compra do produto e se espera um ganho de duas. O custo, comprovadamente está nas notas fiscais de compra do produto, enquanto o aumento da produtividade sem as ferramentas adequadas da experimentação, dificilmente será verificado.

As consequências são; enormes quantidades de terra produzindo em um patamar bem abaixo de sua capacidade, desperdiçando recursos naturais e financeiros e gerando custo ambiental.

Na análise do produtor, quando ocorrem alguns resultados expressivos de alta produtividade, algumas técnicas são eleitas sem comprovação científica para serem responsáveis pela resposta positiva. Dentre essas a alta dose de adubação, adubação de cobertura (cloreto de potássio, ureia), plantio cruzado, população de planta, qualidade genética da semente, biotecnologia, adubos foliares, reguladores de crescimento e estimulantes, entre outros.

Nesta experimentação testou-se a influência de dois fatores apontados por muitos como sendo decisivos para se alcançar altos índices produtivos.

Entre as respostas encontradas, foi mostrado que, uma adubação além da necessária, principalmente de macronutrientes, não apresenta resposta positiva. Assim, o fator adubação adicional, não apresentou resposta, mesmo quando se utilizou um $t.ha^{-1}$ de adubação, além da recomendada.

O plantio direto teve grande importância na melhoria das condições físicas do solo, entretanto, como mostra este trabalho, persiste o problema da compactação. Foi mensurado o quanto esse problema pode limitar a produtividade, porém a técnica empregada na descompactação ainda precisa ser mais bem avaliada e discutida. Neste trabalho, não está esclarecido qual o tempo ou quantas safras a melhoria feita antes do plantio irá persistir. Fica comprovado que o problema é limitante, sobretudo em um ano com deficiência hídrica.

Além dos números apresentados neste trabalho, mostrando e quantificando as perdas pela compactação, as plantas cultivadas em solo compactado apresentavam sintomas claros na morfologia de suas raízes, que denunciavam essa problemática. Durante a condução do experimento, quando havia déficit hídrico, as plantas murchavam primeiro, onde o solo era compactado. As raízes desenvolviam-se mais na superfície. A raiz principal quase sempre estava atrofiada e raízes adventícias tornavam-se a raiz principal e acompanhavam a divisa entre a camada de palha e o solo, sem penetrar na camada arável. Na colheita encontrou-se várias plantas, no tratamento compactado, que ao serem arrancadas tinham um touceira de raízes limitadas pelo sulco. A quantidade de solo explorada pelas raízes das plantas no solo não descompactado era bem inferior a das plantas semeadas em solo onde se descompactou, previamente, à semeadura.

Possivelmente, os resultados foram mais expressivos, em favor do tratamento descompactado neste experimento, devido a uma condição de deficiência hídrica que marcou a safra 2010/11. Porém, durante o período em que é indicado como apropriado para a semeadura da soja é normal que haja alguma deficiência hídrica.

Atualmente as tecnologias aplicadas na fabricação de semeadoras preocupam-se com o rompimento da camada compactada onde serão depositadas as sementes, buscam-se implementos que possam realizar a tarefa de descompactar sem que haja grande revolvimento do solo. Alguns produtores encontraram bons

índices de produtividade, realizando o plantio cruzado, porém essa técnica foi testada em experimentação e não se mostrou efetiva.

Levando em conta, a capacidade de descompactação do solo, na hora da semeadura pelos sulcadores das semeadoras, poderia o incremento de produtividade, atribuída ao plantio cruzado, ser proporcionado por uma melhora na condição física do solo, ocasionado por duas passadas de sulcador.

Outra inferência importante vista neste trabalho foi quanto ao índice de colheita, pois onde a condição de cultivo foi melhorada, houve maior aumento na produção de palha do que o aumento na produção de semente.

A incorporação de genes de nanismo trouxe ganhos significativos de produtividades para algumas culturas, como o caso do arroz e do trigo (RAVEN, 2001). Na experimentação feita, notou-se que as plantas cresceram de forma excessiva nas parcelas descompactadas, onde a condição do solo era mais favorável. Nesse sentido carece um estudo sobre a utilização de redutores de crescimento, também para a soja.

O estudo apresentado denunciou e mensurou a problemática da compactação, e mostrou que mais adubo não mitiga nem compactação nem déficit hídrico, e, apenas, incrementar a adubação não aumenta a produtividade.

6. CONCLUSÕES

O uso de adubação adicional, além da recomendada pela pesquisa, não incrementa a produtividade da soja, independente do nível de compactação do solo.

A condição descompactada apresenta incremento de produtividade em até 852kg.ha⁻¹ de soja por hectare, indicando que a compactação é um limitante importante para as altas produtividades da soja.

O solo descompactado produziu sementes com tamanho maior e apresentaram maior peso de cem sementes, porém isso não interferiu na qualidade fisiológica das sementes.

O índice de colheita foi menor na condição descompactada. O solo descompactado favoreceu um maior desenvolvimento das plantas, porém, a produção de sementes teve um incremento menor que a parte vegetativa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, W.; PERIN, A.; GRARESCHI, R.F.; GAZOLLA, R.R. Influência do tamanho da semente na produtividade de variedades de soja. **Agrarian**, Dourados, v.1, n.2, p.83-89, 2008.

BACKES, D.; TRENTTO, S. **Efeito da época de aplicação de cloreto de potássio na cultura da soja.** Disponível em: http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/efeito_da_epoca_de_aplicacao_de_cloret_o_de_potassio_na_cultura_da_soja.pdf. Acesso em: 09/07/2012.

BALBINOT-JÚNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; PANISON, F. Avaliação do sistema de plantio cruzado da soja – cultivar de hábito determinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6. Cuiabá. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: **Anais**. Brasília, DF: Embrapa, 2012, v.4, p.1. CD-ROM. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62220/1/150-s198.pdf>. Acesso em: 10/08/2013.

BERBERT, R.P.; HAMAWAKI, O.T. Análise da plasticidade da cultura de soja em diferentes arranjos populacionais e diferentes espaçamentos entre linhas. **Horizonte Científico**. Uberlândia, v.2, n.1, 2008.

BEUTLER, A.N.; CENTURION J.F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p.849-856, 2003.

BISSANI, C.A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.L.; TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GUIMARÃES M.F. Sistema radicular da soja em função da Compactação do solo no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, n.3, p.493-501, 2006.

CESB registra média de 95,5 sacas por hectare de soja. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/antiores/2012-07/index.php?referencia=EmPrimeiraMao>> Acesso em: 03/01/2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos. Safra 2010/11. Quinto Levantamento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_02_16_08_47_47_boletim_portugues_fevereiro_2012.pdf . Acesso em: 19/04/2013.
COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Series históricas**. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 07/01/2013.

CORRÊA, J.C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A.; Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

CULTIVARES. **Brasmax tem rendimento**. Disponível em: http://www.brasmaxgenetica.com.br/producto_region.php?id=8. Acesso em: 02/02/2013.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; GONÇALVES, S.L. **Manejo da compactação do solo em sistema de produção de soja sob semeadura direta**. Londrina: Embrapa soja, 2008. 20p. (Embrapa soja. Circular Técnica,63).

Desafio Nacional de máxima produtividade - CESB. **Ficha técnica**. Disponível em: http://www.desafiosoja.com.br/fichas_2011.aspx?Cat=GNI Acesso em 7 de Jan. 2013.

EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja região Central do Brasil**. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/instalacao.htm>>. Acesso em: 07/01/2013.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

FIRMANO, R.S.; KUWAHARA, F.A.; SOUZA, G.M. Relação entre adubação fosfatada e deficiência hídrica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.1967-1973, 2009.

HEINZMANN, C.L. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.4, p.26-32, 2009.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, 1493-1500, 2000.

KLEIN, V.A.; BASEGGIO, M; MADALOSSO, T. Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2475-2481, 2009.

LIMA, A.M.M.P. de; CARMONA, R. Influência do tamanho da semente no desempenho produtivo da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.157-163, 1999.

LIMA, C.L.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. Qualidade físico-hídrica e rendimento de soja (*Glycine max* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de um Argissolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1172-1178, 2006.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, cap.3. p.1-24, 1999.

O FENÔMENO. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/plantas/soja/soja.htm>>. Acesso em: 13/04/2013.

OLIVEIRA, F.A.; CASTRO, C.; SFREDO, G.J.; KLEPKER, D.; JUNIOR, A.O. Fertilidade do solo e nutrição mineral da soja. Embrapa soja. **Circular técnica 62**, 8p, 2008.

OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; FRANCO, H.B.J.; PEREIRA, F.S.; JÚNIOR, L.S.B.; ROSSETTI, K.V. Qualidade física de um latossolo Vermelho cultivado com soja submetido a níveis de compactação e de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36 n.2, p.587-597, 2012.

PEREIRA, I.S.; ANTUNES, L.E.C; MESSIAS, R.S.; SILVEIRA, C.A.P.; VIGNOLO, G. Avaliações da subtração dos elementos N, P e K sobre a produção e qualidade de frutos de amoreira-preta. Embrapa Clima Temperado. **Comunicado técnico, 275**, 6p. 2012.

PESKE F.B.; BAUDET L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de Soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.95-101, 2009.

PICCININ, G.G.; DAN, G.M.; BRACCINI, A.L.; RICCI, T.T.; VORONIAK, J.M.; BAZO, G.L. Relação entre o tamanho e a qualidade fisiológica das sementes de soja (*Glicine max* (L.) Merril). In: EPCC Encontro Internacional de Produção Científica Maringá, 7, Maringá, 25/28 out 2011. **Anais eletrônico**. Maringá, CESUMAR Centro Universitário de Maringá. Disponível em: <www.cesumar.br/prppge/pesquisa/.../juliana_marques_voroniak.pdf> Acesso em: 10/02/2013.

PIONEER – Produtos por região – **Soja**. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/>. Acesso em: 02/02/2013.

PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; MAEHLER, A.R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8. 2000.

RAMBO, L.; COSTA, J.A; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p. 405-411, 2003.

RAVEN, P.H. Biologia vegetal In: **Regulando o crescimento e o desenvolvimento**: os hormônios vegetais. 6.ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001, p.649-675.

REVISTA PLANTIO DIRETO. **A compactação dos solos é um fator limitante da produtividade no plantio direto?** Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=704. Acesso em: 11/08/2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed., Porto Alegre: 2004. 400p.

Soja dados históricos. Disponível em: <<http://br.investing.com/commodities/us-soybeans-historical-data>> Acesso em: 21/07/2013.

Soja é destaque nas exportações do agronegócio em 2011. Disponível em: <<http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2012/01/soja-e-destaque-nas-exportacoes-do-agronegocio-em-2011-3626435.html>>. Acesso em: 13/03/2013.

STONE, I.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2 p.207-212, 2002.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Influencia do déficit hídrico sobre o desenvolvimento da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1.389-1.396, 1994.

TRINDADE, E.F.S.; KATO, O.R.; CARVALHO, E.J.M.; SERAFIM, E.C.S. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no nordeste paraense. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.6, n.12, 2011.

VAZQUEZ, G.H. CARVALHO, N.M.; BORBA, M.M.Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.2, p.1-11, 2008.

ZUCARELI, C.; JUNIOR, A.U.R.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.28, n.1, p.9-15, 2006.