

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR 99006 - ESTÁGIO CURRICULAR OBRIGATÓRIO SUPERVISIONADO**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR

**Gabriela Inveninato Carmona
00194022**

**Alto Rendimento de soja: Interação genótipo x fertilizante nitrogenado
KSU Crop Production Team - Kansas State University**

PORTO ALEGRE, Setembro de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
AGR 99006 - ESTÁGIO CURRICULAR OBRIGATÓRIO SUPERVISIONADO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

*“Alto Rendimento de soja: Interação genótipo x fertilizante nitrogenado
KSU Crop Production Team - Kansas State University”*

Gabriela Inveninato Carmona

00194022

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção do Grau
de Engenheira Agrônoma, Faculdade de
Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande
do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Eng. Agr^o Dr. Ignacio Antonio Ciampitti

Orientador Acadêmico do Estágio: Eng. Agr. Prof. Christian Bredemeier

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Fabio Kessler dal Soglio - Departamento de Fitossanidade - Coordenador

Profa. Beatriz Maria Fedrizzi – Departamento de Horticultura e Silvicultura

Prof. Alberto Vasconcellos Inda Junior - Departamento de Solos

Profa. Mari Lourdes Bernardi - Departamento de Zootecnia

Profa. Carine Simioni - Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Prof. Samuel Cordeiro Vitor Martins – Departamento de Plantas de Lavoura

PORTO ALEGRE, Setembro 2016.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luciano de Campos Carmona e Ana Cristina Lacerda Inveninato, por me apoiarem durante todos os momentos e sempre me incentivarem a ser uma pessoa melhor e lutar pelos meus objetivos. Aos meus irmãos, Leonardo Inveninato Carmona e Artur Inveninato Carmona, por aguentarem minhas crises e serem meus parceiros de vida. Aos meus avós, e segundos pais, por todo apoio e amor. Aos meus tios, Rafael Carmona e Felipe Carmona, por sempre me ajudarem e incentivarem a continuar crescendo como futura profissional.

Ao professor, mentor e grande amigo Paulo Régis Ferreira da Silva, por ter me incentivado desde o início da faculdade e me mostrado como ser uma pessoa melhor.

Ao meu supervisor de estágio e grande amigo, Ignacio Ciampitti, por ter me dado a oportunidade de realizar um estágio tão rico em aprendizado e também por ter me mostrado como é ser um verdadeiro líder. À todo KSU Crop Production Team, Ana, Guillermo, Osler, Santiago, Beiley, Jonhatan, Dâmaris, Dastin, Nicolas, Tiago e Cristian, sem vocês nada disso teria sido possível.

Aos meus amigos dos Estados Unidos, que estiveram comigo durante minha estada lá e fizeram deste tempo o melhor da minha vida, Tamarana, Ariane, Paula, Jessica, Pipa, Vicente, Roberta, João, Rômulo, Giovana e Fernando.

À Kansas State University, por me proporcionar três semestres de puro aprendizado e por ter me recebido com tanto carinho.

Aos meus amigos, que fizeram parte dessa caminhada extensa e confiaram em mim, que foram meu suporte, meus sorrisos e minha companhia: Dânia, Bibiana, Daniele, Eduardo, Leonardo, Cristiano, Tauana, Miguel, Edvane, Maurício, Júlia, Ângelo, Leonardo Schneider, Johnathas e muitos outros que contribuíram para que eu chegasse até aqui, meu muito obrigado.

Ao meu namorado, Alexandre Rosa, por apoiar meus sonhos, me ajudar a guiar com mais firmeza os movimentos da vida, por valorizar e entender os momentos, por estar do meu lado e ser um exemplo pra mim.

Ao meu orientador de estágio, Christian Bredemeier, por aceitar me orientar e por ser um professor exemplar, sempre com muita atenção e dedicação aos alunos.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por me proporcionar um ensino de qualidade.

RESUMO

O estágio curricular obrigatório do curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul foi realizado no período de maio a dezembro de 2015 no Crop Production Team da Kansas State University, localizado na cidade de Manhattan, estado do Kansas, Estados Unidos.

A escolha do local de estágio teve como objetivo adquirir conhecimentos relacionados à pesquisa realizada nos Estados Unidos, com foco no manejo de grandes culturas, especialmente a soja. Durante o período de estágio, foi possível a participação em diversas atividades, sendo a principal a condução de um experimento a campo, auxílio em atividades a campo durante a safra, processo e análise dos dados coletados, desenvolvimento de aplicativos para estimativa de rendimento de grãos de sorgo e soja, realizações de resumos e apresentação de pôster em evento científico.

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Localização Kansas State University.....	15
2. Croqui da área experimental.....	22
3. Localidades de condução do experimento. ¹ Ashland; ² Ottawa.	23
4. Precipitação normal (1985-2015) e mensal (2015), temperaturas mínimas e máximas (2015) e normais (1985-2015). Ashland e Ottawa.	28
5. Rendimento de grãos de soja (A) e número de nódulos por planta (B) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ottawa, 2015.....	29
6. Altura de planta (A), leitura do clorofilômetro –SPAD (B) e diâmetro de colmo (C) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ottawa, 2015. * Estádio fenológico.	30
7. Rendimento de grãos de soja (A) e número de nódulos por planta (B) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ashland, 2015. *Estádio fenológico.....	31
8. Altura de planta (A), leitura do clorofilômetro – SPAD (B) e diâmetro de colmo (C) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ashland, 2015. *Estádio fenológico.....	32

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Descrição dos tratamentos.	22
2. Atributos químico-físicos do solo para Ashland e Ottawa. Abril, 2015.....	23
3. Resultado estande de plantas. Ottawa e Ashland, 2015.....	24
4. Data de semeadura e coletas em Ashland e Ottawa, 2015.....	25

Sumário

	Página
1. INTRODUÇÃO	14
2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIO ECONÔMICO DA REGIÃO	15
2.1. Localização	15
2.2. Solos e relevo	15
2.3. Clima e vegetação	16
2.4. Economia	16
3. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	18
5. ATIVIDADES REALIZADAS	21
5.1. Condução de experimento a campo - Alto Rendimento de soja: Interação genótipo x fertilizante nitrogenado.	21
5.2. Atividade a campo e avaliações realizadas:	23
5.3. Outras atividades.....	25
5.3.1. Coleta de dados para o desenvolvimento do SorghumYield® App e SoyYield® App ...	25
5.3.2. Elaboração de pôster e apresentação na ASA Meeting (Mineapolis/MN).....	26
6. RESULTADOS	27
6.1. Temperatura e precipitação – Estação de crescimento 2015.....	27
6.2. Ottawa	28
6.3. Ashland	30
7. DISCUSSÃO	32
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXOS	37

1. INTRODUÇÃO

Segundo Moreira (2016), a produção mundial de soja é de 317,3 milhões de toneladas. O principal país produtor é os Estados Unidos, contribuindo com a produção de 108 milhões de toneladas, seguido pelo Brasil, com 94,5 milhões de toneladas e depois pela Argentina, com produção de 58,3 milhões de toneladas. Estes três países juntos representam 94% da produção mundial de soja.

O estado do Kansas (EUA) tem uma forte tradição agrícola, sendo líder na produção de trigo, sorgo e carne bovina no país. Em relação à produção de soja, o estado está em 11º lugar no ranking norte-americano de produção do grão (COOK, 2016). Neste contexto, a Kansas State University (KSU) Pesquisa e Extensão é uma rede estadual de educadores da KSU que partilham informação imparcial, baseada em pesquisa e experiência em questões importantes para o estado do Kansas, contribuindo significativamente para os avanços da agricultura no estado.

No intuito de adquirir experiência e conhecimentos relacionados à pesquisa nos Estados Unidos, uma vez que gostaria de dar prosseguimento à minha educação com a realização do mestrado e, posteriormente, prosseguir na área acadêmica, foi realizado o presente estágio curricular obrigatório no KSU Crop Production Team da Kansas State University, localizada no estado do Kansas, nos Estados Unidos. O período de estágio foi de 4 de maio a 31 de dezembro de 2015, totalizando 740 horas.

Um dos segmentos da KSU Pesquisa e Extensão é o KSU Crop Production Team, liderado, desde 2013, pelo pesquisador e extensionista Dr. Ignacio Antonio Ciampitti. Dentro da linha de pesquisa realizada pelo KSU Crop Production Team estão a produção e manejo de soja, milho, sorgo, canola e culturas de cobertura, estudos de mecanismos de interação entre nutrição e fisiologia de plantas, pesquisas para entendimento de como diminuir lacunas de rendimento de grãos e estudos da interação entre genótipo, ambiente e práticas de manejo, sendo a última relacionada como principal foco do estágio realizado. Além de corresponder com a área de pesquisa que tenho interesse, a oportunidade de trabalhar em equipe, com pessoas de diversos países, o aperfeiçoamento de uma segunda língua e a vivência de outra cultura foram fatores de motivação para a realização do estágio neste grupo.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIO ECONÔMICO DA REGIÃO

2.1. Localização

Os Estados Unidos estão localizados entre as coordenadas 44°59'52" e 44°79'68" de latitude **N**orte e 26°05'32" e 49°01'86" de longitude Oeste. Limita-se ao norte com Canadá e com o México ao sul e é banhado pelos oceanos Pacífico, ao oeste, e Atlântico, ao leste. O estado de Kansas localiza-se no setor central dos Estados Unidos, tendo como limites ao norte o estado e Nebraska, ao oeste o estado do Colorado, ao leste o estado de Missouri e ao sul o estado de Oklahoma. Já a Kansas State University está situada na cidade de Manhattan, ao noroeste do estado do Kansas (Figura 1).

Figura 1- Localização da Kansas State University.



Fonte: Google Maps

2.2. Solos e relevo

O solo mais frequente ocorrência no estado do Kansas é “Harney Silt Loam” (O'Brien, 2010). Este tipo de solo é muito profundo, típico de relevos levemente ondulados, e bem drenado. Normalmente apresenta uma camada castanho acinzentada escuro argilosa de cerca de 30 cm de profundidade. Quando comparado com a classificação de solos brasileira, pode ser

relacionado ao Chernossolo Argilúvico ou Háplico. O relevo da região varia do ponto mais alto, de 1231 m a.n.m., ao ponto mais baixo, de 207 m a.n.m., sendo a altitude média de 600 m.

2.3. Clima e vegetação

O estado do Kansas possui clima temperado, com invernos frios e verões quentes. A temperatura média do ar no inverno é de -1°C e no verão de 30°C . Em termos de precipitação, esta aumenta à medida que se vai para o leste, sendo que o extremo leste apresenta precipitação média anual de 900 mm, enquanto o extremo oeste registra apenas 500 mm. A taxa de precipitação média de neve é de 430 mm. O estado do Kansas também é conhecido pela alta incidência de tornados, sendo que já foram registrados tornados de grau F5, velocidade dos ventos entre 415 e 510 km h^{-1} , na região (O'BRIEN, 2010).

2.4. Economia

A agricultura e a pecuária respondem juntas por 3% do total do PIB do Estado, empregando cerca de 101 mil pessoas. O Kansas possui cerca de 60 mil fazendas, que cobrem mais de 90% da área do Estado. Os principais produtos produzidos pela indústria agropecuária do Kansas são trigo, carne e leite bovino, sendo que o estado possui um dos maiores rebanhos de gado bovino do país. Já o setor secundário responde por 23% do PIB do Kansas. O valor total dos produtos fabricados no Estado é de 20 bilhões de dólares. O Kansas possui cerca de 3,3 mil fábricas. Os principais produtos industrializados fabricados são equipamentos de transportes, processamento de alimentos e maquinário. A indústria de manufatura responde por 18% do PIB do Estado, empregando aproximadamente 220 mil pessoas. A indústria de construção responde por 4% do PIB do Estado e emprega aproximadamente 91 mil pessoas, enquanto que a mineração responde por 1% do PIB do Kansas e emprega cerca de 21 mil pessoas. Os principais recursos naturais explorados no Estado são petróleo e gás natural.

3. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

A Kansas State University, conhecida como KSU ou K-State, foi fundada em 16 de fevereiro de 1863. Inicialmente, era chamada de Kansas State Agriculture University, pois havia apenas os cursos de Agronomia e Veterinária. Atualmente, o campus principal, o qual abrange

quase 3 km², está localizado na cidade de Manhattan, no estado do Kansas, contando com 24.146 estudantes e 1.104 funcionários. Há mais dois campi anexos, um na Cidade de Salina, onde o principal curso oferecido é o de aviação, e outro na cidade de Olathe, campus conhecido por ter laboratórios e alocações para pesquisas com a utilização de alta tecnologia.

Segundo classificações do “The Carnegie Classifications of Institutions of Higher Education”, a Kansas State University está classificada com o maior nível, R1, representando que a universidade tem o maior nível de atividade em pesquisa. Dentro deste contexto, o Departamento de Agronomia realiza um vasto leque de pesquisas científicas aplicadas e básicas, com impactos de longo alcance sobre a produção mundial de alimentos e qualidade ambiental. As áreas de pesquisa incluem sistemas de cultivo, reprodução e genética de plantas, solos e ciências ambientais, manejo de plantas daninhas, pastagens e forrageiras. Dentro destas áreas há inúmeros projetos de pesquisa especializados. Estes projetos incluem carbono no solo e mudanças climáticas, melhoramento de sorgo, desenvolvimento de variedade de trigo, fisiologia vegetal, gestão de pastagem nativa, bioenergia e práticas para maximizar o rendimento das culturas comerciais, entre outros. Em todos os casos, paralelos e excelentes esforços de ensino e extensão são realizados.

As pesquisas realizadas pelo KSU Crop Production Team são conduzidas em todo o estado do Kansas, totalizando cinco estações experimentais disponíveis para a realização e condução de experimentos: Ottawa, Scandia, North Farm, Hutchinson e Ashland Bottoms. Estes campos experimentais oferecem oportunidades de pesquisa, além do KSU Crop Production Team, para toda a Faculdade de Agronomia, apresentando grande variedade de tipos de solo e condições de ambientes, sendo que algumas estações de pesquisa contam com irrigação. Cada estação experimental é supervisionada por um Agrônomo com PhD, e um comitê que ajuda a determinar os programas a serem realizados em cada local. Cada estação experimental tem o próprio material necessário para a realização das atividades e uma equipe treinada para realizar e auxiliar em todas as atividades necessárias. Há uma estação experimental junto ao campus principal (North Farm) da KSU, também estando disponível para a pesquisa. Neste local, há uma sala com estufas para a secagem da biomassa coletada, salas para armazenamento de sementes e de utensílios que são usados periodicamente no campo. Juntas, estas estações de pesquisa fornecem oportunidades tanto para pesquisa, como para realização de aulas práticas e dias de

campo. Todos os resultados dos experimentos conduzidos são publicados anualmente no “Campo de Relatório de Pesquisa de Agronomia”, no site da KSU.

Além de estações experimentais, o Departamento de Agronomia da KSU conta com uma vasta área com 50 estufas para realização de pesquisa em ambientes controlados. Todas as estufas são fechadas, com temperatura e luminosidade controladas, possibilitando a condução de experimentos durante o ano todo.

Além do KSU Crop Production Team poder utilizar estas áreas para condução dos experimentos, a equipe também conta com o “Extention Lab”, onde diversas atividades são realizadas, como preparação dos pacotes com sementes para a semeadura (milho, soja, sorgo, canola), inoculação das sementes de soja, pesagem de biomassa (soja, milho e sorgo), fracionamento de plantas e contagem de nódulos (soja). Também há o “Crop Production Lab”, destinado à realização de reuniões, seminários e de atividades que requerem o uso de computadores, como elaboração de resumos, realização de análises estatísticas e confecção de mapas e impressão de etiquetas. Este laboratório é equipado com três computadores, balanças com sistema automático e é onde são guardados alguns materiais, como os sensores de vegetação, drones, câmeras, utensílios em geral e materiais didáticos para os alunos estudarem, como artigos. Este também é considerado o gabinete dos estagiários, uma vez que cada pós graduando tem sua própria sala.

O KSU Crop Production Team é liderado, desde 2013, pelo pesquisador e extensionista Dr. Ignacio Antonio Ciampitti. Atualmente, o grupo de pesquisa conta com dois estudantes de doutorado, quatro de mestrado, um técnico auxiliar e três estagiários. A dinâmica de trabalho adotada pelo Dr. Ciampitti tem se mostrado muito eficiente, onde reuniões semanais são realizadas para a organização das atividades, sendo que, em cada dia da semana, um estudante é responsável pelas atividades. Além disso, cada estudante, independente de ser da pós-graduação ou não, tem suas responsabilidades. No meu caso, era a condução de um experimento a campo e auxiliar os estudantes da pós-graduação em suas atividades.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Os EUA são responsáveis por 35% da produção mundial de soja, produzindo 108 milhões de toneladas por ano (FAOSTAT & USDA- NASS , 2015), sendo que mais de 85% deste total é produzido na região conhecida como “Cinturão do milho” (*Corn Belt*), onde a

rotação de dois anos de milho-soja é o principal sistema de cultivo utilizado.

O potencial de produtividade da soja é geneticamente determinado. O potencial de rendimento (Y_P) pode ser alcançado em condições “ideais” (práticas de manejo x ambiente x genótipo), assumindo que não há limitações de água e nutrientes e ausência de fatores limitantes de rendimento (por exemplo, insetos e doenças). No entanto, as condições ideais raramente existem, assim o rendimento máximo (Y_M) pode ser entendido como o rendimento obtido em condições favoráveis com alguns fatores limitantes. Lacunas de rendimento entre Y_M e rendimento real (Y_A) são definidas principalmente por práticas de manejo, como espaçamento entre linhas, época de semeadura, controle de pragas e doenças, nutrição adequada e nodulação efetiva, e as interações desses com o meio ambiente (fator ambiente).

Segundo Ferguson (2010), o nitrogênio é o nutriente exigido em maiores quantidades pelas plantas, mas esta necessidade não pode ser suprida somente pelo solo. Embora a atmosfera consista aproximadamente de 78% de N_2 , as plantas são incapazes de absorver o N nesta forma. Além disso, a aplicação de fertilizantes minerais é, de forma geral, ineficiente, sendo que até 50% do fertilizante nitrogenado pode ser perdido se aplicado em doses e momentos considerados inadequados (Crutzen et al., 2007). A cultura da soja, por ser uma leguminosa, tem a capacidade de realizar fixação biológica de nitrogênio (N), a qual consiste em uma interação simbiótica da raiz da planta de soja com a bactéria chamada rizóbio, presente no solo e em inoculantes. Esta interação resulta na formação de nódulos nas raízes de soja, onde os rizóbios convertem o N atmosférico pela enzima chamada nitrogenase, para uma forma de N utilizável pela soja e outras leguminosas, como amônia (Ferguson, 2010). Além da soja, fazem parte das leguminosas os trevos, a alfafa e outras espécies, as quais são cultivadas em aproximadamente 15% da terra arável do mundo e consistem em mais de 25% das culturas produzidas, com 247 milhões de toneladas de grãos produzidas anualmente (European Association for Grain Legume Research, 2007).

Variedades modernas de soja apresentam alto Y_A (rendimento real) em condições favoráveis e grande demanda de nutrientes. Dados da EMBRAPA (2016) mostram que, para cada tonelada de grão de soja colhido, são exigidos cerca de 80 kg de N. Considerando, por exemplo, uma produtividade de 3 t ha^{-1} , teremos a exigência de 240 kg N ha^{-1} . Entretanto, segundo Salvagiotti et al. (2008), a contribuição de N pelo processo de fixação biológica para suprir a demanda da cultura da soja é incerta. Já conclusões de Staton (2014) afirmam que 70%

do N requerido pela soja pode ser proveniente da fixação biológica de N, sendo que nodulações podem ser deficientes em situações de primeiro ano de cultivo de soja e que, neste caso, a aplicação de N mineral pode ser uma estratégia para alcançar maiores rendimentos de grãos.

Uma das principais conclusões de uma pesquisa realizada pelos mesmos autores (Salvagiotti et al., 2009) foi de que a aplicação antecipada de uréia de liberação lenta, colocada abaixo da zona de nodulação das raízes no momento da semeadura, não produziu efeito negativo entre a aplicação do fertilizante nitrogenado e a funcionalidade da fixação biológica de N. Um experimento recente que estudou a alocação de N por cultivares de soja (Casteel et al., 2013) concluiu que não só o acúmulo de N nos grãos tem aumentado ao longo dos últimos 90 anos, mas também a remobilização do N para o grão foi aumentada. Kumudini et al. (2002) também observaram que os genótipos mais recentes de soja apresentaram maior acúmulo de N durante o período de enchimento de grãos.

Respostas de genótipos de soja para aplicação tardia de N, em R3 e R4 até então não foram quantificadas. Rowntree et al. (2013) documentou ganho anual de rendimento genético de 22,7 kg ha⁻¹ de grupo de maturação (GM) III lançado na década de 1920 a 2000, quando semeado em torno de maio, nos EUA. Sistemas com altos rendimentos de soja foram alcançados em detrimento dos níveis de concentração de proteínas (Rowntree et al., 2013). Na Argentina, Santos et al. (2006) mostrou que os ganhos genéticos entre 1980 a 2000 variaram entre 9,4 e 19,8 kg ha⁻¹ano⁻¹ para GM entre III e VII. Portanto, é uma questão válida a hipótese de que o alto rendimento de soja terá maior demanda de nutrientes para sustentar o alto requerimento de proteínas.

Aumentar a produtividade da soja ao longo prazo é uma necessidade se quisermos atender a demanda global de alimentos. Previsões para o rendimento global de soja, com base em informações de rendimento observadas a partir do século passado, sugerem melhorias na produtividade, mas a uma taxa de ganho de rendimento menor, em comparação com a tendência de rendimento necessário para dobrar a produção de culturas. Assim, a melhoria nas decisões de manejo deve se concentrar em maximizar os benefícios da utilização de todas as entradas e recursos naturais (luz, água e nutrientes) da maneira mais eficaz possível, a fim de reduzir a lacuna entre rendimentos máximos e rendimentos de grãos obtidos na média em lavouras comerciais.

A questão que se coloca é a respeito da necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados para a obtenção de altos rendimentos de soja. Além disso, o estudo da partição de nutrientes de soja para variedades modernas e antigas em ambientes de alto potencial produtivo deve ser estudado de maneira mais aprofundada. Informações relacionadas à absorção de N em soja e particionamento entre as diferentes frações vegetais (folhas, caule e legumes) em diversos estágios fenológicos foi publicada por Hanway e Webber (1971). Esta publicação ainda está sendo usado como referência preferencial para absorção de nutrientes da soja e particionamento, mesmo que, depois disso, tenham sido lançadas variedades mais produtivas. O estudo da necessidade "real" da aplicação de N para a cultura da soja e o momento mais adequado de aplicação ainda é necessário para melhor entendimento do assunto e para, possivelmente, incrementar o rendimentos de grãos desta cultura.

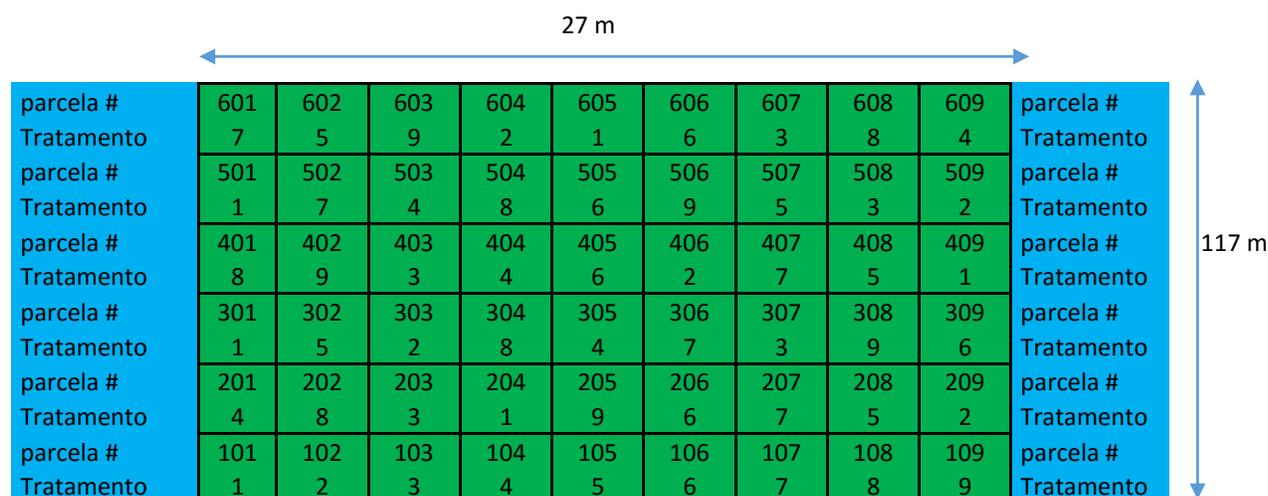
5. ATIVIDADES REALIZADAS

5.1. Condução de experimento a campo - Alto Rendimento de soja: Interação genótipo x fertilizante nitrogenado

Dois experimentos foram conduzidos durante a estação de crescimento de 2015 no Estado do Kansas, Estados Unidos da América, sendo um em Ottawa (Leste do KS), em área onde foi cultivada soja pela primeira vez, e o outro em Ashland (Centro do KS), em área com histórico de cultivos de soja. O objetivo do estudo foi identificar e estudar a contribuição do nitrogênio mineral pela utilização de diferentes estratégias de adubação nitrogenada em diferentes genótipos de soja. Cada experimento foi composto por nove tratamentos, com a utilização de três variedades de soja (Tabela 1), as quais representam a evolução em termos de tecnologia: (P93B8, lançada em 1997, representando a variedade não RR; 93Y92, lançada em 2007, a qual representa a variedade com tecnologia RR1, ou seja, variedade tolerante ao herbicida glifosato; e P34T43R2, representando a variedade mais moderna, lançada em 2014 e com tecnologia RR2, além de ser resistente ao herbicida glifosato, também possui tolerância para as principais pragas da soja, lagarta da soja, lagarta das maçãs, falsa medideira e broca das axilas) e três sistemas de manejo do N (não aplicação de N e inoculado; aplicação tardia (R3 – Início da formação de legumes) de 60 kg N ha⁻¹ e inoculado; e não inoculado com a aplicação de 600 kg N ha⁻¹, dividido igualmente na semeadura, estágio V8 e estágio R3). A fonte de N

utilizada foi o nitrato de amônia de ureia (UAN 32-0-0). A semeadura foi realizada em 15/05/2015 em Ashland, com 215.000 sementes ha^{-1} e em Ottawa em 15/06/2015, com 170.000 sementes ha^{-1} , com densidade menor que em Ashland por ser o primeiro ano de cultivo de soja e então com possível menor potencial de produção. O espaçamento entrelinha utilizado em ambos locais foi de 75 cm. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com seis repetições. Nas parcelas principais foram locadas as variedades de soja e, nas sub-parcelas, os sistemas de manejo do N. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando houve significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Figura 2 - Croqui da área experimental.



Fonte: Autor

Tabela 1. Descrição dos tratamentos.

Tratamento	Variedade	Manejo do N
1	Não-RR	Sem N
2	Não-RR	600 kg ha^{-1} de N
3	Não-RR	N tardio (60 kg ha^{-1} N)
4	RR-1	Sem N
5	RR-1	600 kg ha^{-1} de N
6	RR-1	N tardio (60 kg ha^{-1} N)
7	RR-2	Sem N
8	RR-2	600 kg ha^{-1} de N
9	RR-2	N tardio (60 kg ha^{-1} N)

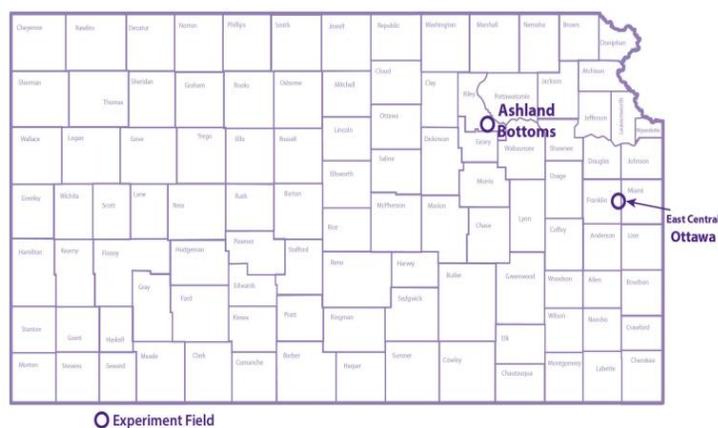
Fonte: Autor

Tabela 2. Atributos químico-físicos do solo para Ashland e Ottawa. Abril, 2015.

Atributos químico-físicos	Local	
	Ashland	Ottawa
pH ¹	7,9	6,4
P (ppm) ²	59,8	7,4
CTC (meq/100g)	13,2	25,9
MO (%) ³	1,5	3,3
K (ppm) ⁴	264,3	190,9

Métodos: ¹ 1:1 soil:water ratio; ² Mehlich III; ³ Walkley-Black method; ⁴ Ammonium acetate;

Fonte: Autor

Figura 3 - Localidades de condução do experimento. ¹Ashland; ²Ottawa.

Fonte: Dr. Ignacio Ciampitti

5.2. Atividade a campo e avaliações realizadas:

Marcação e medição de áreas experimentais: Aproximadamente um mês antes da implantação do experimento, foram realizadas a medição das áreas experimentais onde os experimentos seriam conduzidos e a marcação de todas as parcelas com bandeiras.

Análises de solo: Para análise de solo foram coletadas 4 amostras compostas de 12 subamostras. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-12 cm e 12-60 cm. Os resultados dos atributos químico-físicos para Ottawa e Ashland estão apresentados na Tabela 2. Nota-se que em Ottawa o resultado para fósforo (P) de 7,4 ppm está abaixo do nível crítico de 12 ppm, enquanto que em Ashland este nutriente (59,8 ppm) encontra-se acima do nível crítico. Já para potássio (K), em ambas as localidades este nutriente está acima do nível crítico de 120 ppm. Em termos

de matéria orgânica (MO), Ottawa apresenta altos teores de MO (>3,0 %) e Ashland baixos teores (<1,5 %).

Estande de plantas: O estande foi avaliado pela contagem final do número de plantas em quatro seções de 5 m lineares em cada parcela. Esta avaliação foi realizada imediatamente após a emergência (VE) (Tabela 3)

Tabela 3. Estande de plantas avaliado no estágio VE da cultura da soja. Ottawa e Ashland, 2015.

Local	Tratamentos (x 1.000 plantas ha ⁻¹)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ashland	280	268	256	297	285	293	299	258	286
Ottawa	180	162	156	169	170	177	183	178	186

Fonte: Autor

Aplicação de fertilizantes nitrogenados: Aplicações de fertilizantes nitrogenados foram realizadas utilizando nitrato de amônio (UAN, 32-0-0), conforme necessidade de cada combinação de tratamento: 1) 60 kg N ha⁻¹ no estágio R3, em uma única aplicação; e 2) 600 kg N ha⁻¹ aplicados de maneira fracionada (semeadura, V8 e em R3).

Avaliações de altura de plantas: Com uma régua, foi medida a altura da planta de soja do solo até o último trifólio desenvolvido. Foram avaliadas 10 plantas por parcela, nos estádios em V4, R2 (pleno florescimento) e R5 (início do enchimento de grãos). Os resultados estão apresentados na figura 5.

Avaliações de diâmetro de colmo: Este foi medido na base do solo, com o auxílio do equipamento paquímetro, em 10 plantas por parcela, nos estádios V4, R2 e R5 (Figura 5).

Avaliações de clorofilômetro SPAD (Soil Plant Analysis Development): As avaliações com o clorofilômetro foram realizadas em 10 plantas por parcela, nos estádios V4, R2 e R5, no último trifólio desenvolvido. Os valores obtidos pela leitura com a utilização do clorofilômetro tem relação direta com os níveis de clorofila presente na folha (Argenta et al., 2001) (FIGURA 5).

Coleta de biomassa da parte aérea: Foram realizadas a partir da coleta de dez plantas por parcela consecutivas em três estádios fenológicos (V5, floração, início do enchimento de grãos e maturação fisiológica) (Tabela 4). Cada planta foi cortada na base do caule e separada em diferentes frações: (i) as folhas e caule (fase vegetativa); ou (ii) legumes, folhas e caule (fase reprodutiva). Cada fração foi moída separadamente e seca em estufa a 60°C por

aproximadamente 20 dias. Não há ainda resultados de biomassa e concentrações de nutrientes, uma vez que estes estão atualmente sendo avaliadas.

Tabela 4. Data de semeadura e coletas em Ashland e Ottawa, 2015.

Local	Data de semeadura	Data de coleta	Estádio fenológico
Ashland	15/05/2015	22/06/2015	V4
		07/06/2015	R2
		17/08/2015	R5
		18/09/2015	R7
Ottawa	15/06/2015	20/07/2015	V4
		12/08/2015	R2
		09/09/2015	R5
		12/10/2015	R7

Fonte: Autor

Coleta e análise de raízes: A amostragem de raízes, escaner e a contagem dos nódulos foram realizadas em ambos os locais, sendo as amostras de raízes (10 plantas) coletadas no estágio V4. Scaneer, para posteriormente utilizar o programa Enrizo para determinação de comprimento de raízes e contagem de nódulos de raiz foram realizadas para todas as raízes em cada tratamento e os dados ainda estão sendo analisados.

Rendimento de grãos: Para determinação do rendimento de grãos, a área colhida foi de 1,5 m x 15 m, sendo colhidas as duas fileiras centrais de plantas. Os resultados finais foram calculados considerando umidade de 13,5%.

Além das atividades a campo referentes ao experimento conduzido descritas acima, atividades como organização dos dados coletados, processamento, realização de gráficos, figuras e tabelas também foram realizadas.

5.3.Outras atividades

5.3.1. Coleta de dados para o desenvolvimento do SorghumYield® App e SoyYield® App

A primeira atividade realizada foi o auxílio na coleta de dados para o desenvolvimento do aplicativo de telefone celular para estimativa do rendimento de grãos de sorgo antes da colheita chamado “SorghumYield®”. As atividades realizadas foram pesagem, contagem e realização de imagens de aproximadamente 4.000 panículas de sorgo, todas provenientes de lavouras de produtores. Essas atividades foram realizadas de janeiro a março de 2015.

Nesta mesma linha, em relação ao SoyYield[®] App, as atividades relacionadas ao mesmo foram realizadas de novembro a dezembro de 2015. Assim como o aplicativo para estimativa de rendimento de grãos de sorgo, este também tem o objetivo de estimar o rendimento de grãos de soja antes da colheita, na maturação fisiológica. As atividades realizadas para o desenvolvimento do SoyYield[®] App foram separação dos legumes das porções inferiores, medianas e superiores de aproximadamente 10.000 plantas de soja. Essas foram separadas em grupos de 15 legumes, sendo que cada legume foi pesado e fotografado. Após, foi usado o programa SisCob, o qual calcula a área superficial dos legumes. Posteriormente, cada legume foi aberto e os grãos pesados. Com isso, foi possível fazer uma correlação entre o peso de grãos e a área superficial do legume.

Ambos os aplicativos foram desenvolvidos com base na forte relação existente entre a imagem da panícula de sorgo e o número de grãos e a imagem da vagem e o peso de grãos, a qual havia sido previamente observada em estudos realizados pelo Dr. Ciampitti.

5.3.2. Elaboração de pôster e apresentação na ASA Meeting (Mineapolis/MN)

Durante dois meses, os componentes do grupo, um estudante de doutorado, três de mestrandos e três bolsistas se prepararam para a apresentação de seus respectivos trabalhos na ASA Meeting (Encontro da Sociedade Americana de Agronomia), realizada em Mineapolis/MN. A preparação se deu durante este período com reuniões semanais, nas quais cada estudante apresentava seus trabalhos e/ou a evolução do mesmo. Dos 7 trabalhos apresentados, dois foram de forma oral e os demais em forma de pôster. Neste congresso, as apresentações dos pôsteres são separadas em sessões para alunos da pós-graduação (148 alunos) e de graduação (56 alunos). Para a apresentação, o aluno tem cinco minutos para fazê-la, onde durante o tempo de exposição, 3 hrs, três jurados vão até o pôster para julgar o estudante, podendo se identificar como jurados ou não.

O trabalho que tive a oportunidade de apresentar em forma de pôster (ANEXO A) na sessão da graduação foi intitulado como “Revisão da eficiência do uso de nutrientes em soja”. Este trabalho teve como objetivo sintetizar, interpretar e entender a associação histórica e geográfica do rendimento de grãos com a absorção de nitrogênio e potássio pela cultura. Este

trabalho foi agraciado com o prêmio de primeiro lugar em sua respectiva sessão de apresentação (ANEXO B).

6. RESULTADOS

6.1. Temperatura e precipitação – Estação de crescimento 2015

a) Ottawa

As condições meteorológicas se constituem em um dos principais fatores que afetam o rendimento de grãos da maioria das culturas. Referente à temperatura, variações máximas e mínimas normais (30 anos) seguiram tendência semelhante dos dados de temperatura do ar para estação de crescimento de 2015. Em maio, houve uma maior diferença entre a normal climática e as temperaturas ocorridas em 2015 (variação em torno de 18°C) (Figura 3).

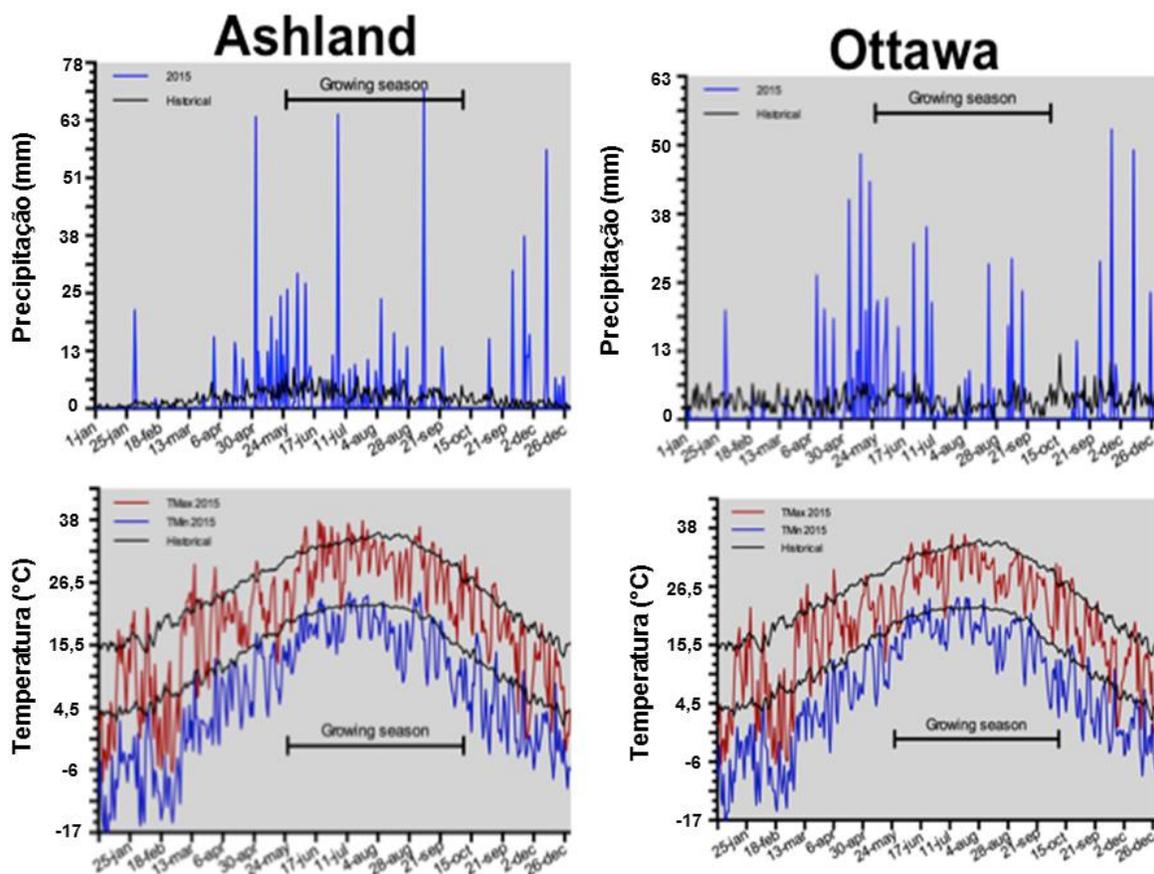
Em relação à precipitação, os dados de 2015 são semelhantes à normal climática para quase todos os meses, exceto em maio, onde a precipitação foi quase o dobro daquela indicada pela normal (Figura 3). Com base nisso, podemos ver que o mês de maio de 2015 foi um mês atípico, tendendo a altas temperaturas e elevada precipitação. Já no mês de agosto, podemos notar uma deficiência hídrica, coincidindo com a fase de enchimentos de grãos da cultura da soja, o que, possivelmente pode estar relacionado com a nodulação deficiente e o baixo rendimento de grãos nesta localidade (Figura 3 e 4 e Tabela 4). A precipitação total para esta estação de crescimento foi de, aproximadamente, 350 mm, estando abaixo do necessário para a soja (450 a 700 mm). Fator que possivelmente afetou a eficiência da nodulação e consequentemente o rendimento de grãos neste local.

b) Ashland

Em Ashland, as temperaturas variaram entre 4°C a 33°C, semelhante a Ottawa (Figura 3), porém não foram verificados os aumentos de temperatura em maio, como em Ottawa.

A distribuição das chuvas em Ashland e Ottawa seguiram padrão semelhante (Figura 3). A precipitação total na estação também foi de aproximadamente 500 mm, 150 mm a mais que em Ottawa, estando então, dentro da faixa ideal de precipitação para o bom desenvolvimento e alcance de altos rendimento de grãos na cultura da soja.

Figura 4. Precipitação normal (1985-2015) e mensal (2015), temperaturas mínimas e máximas (2015) e normais (1985-2015). Ashland e Ottawa.



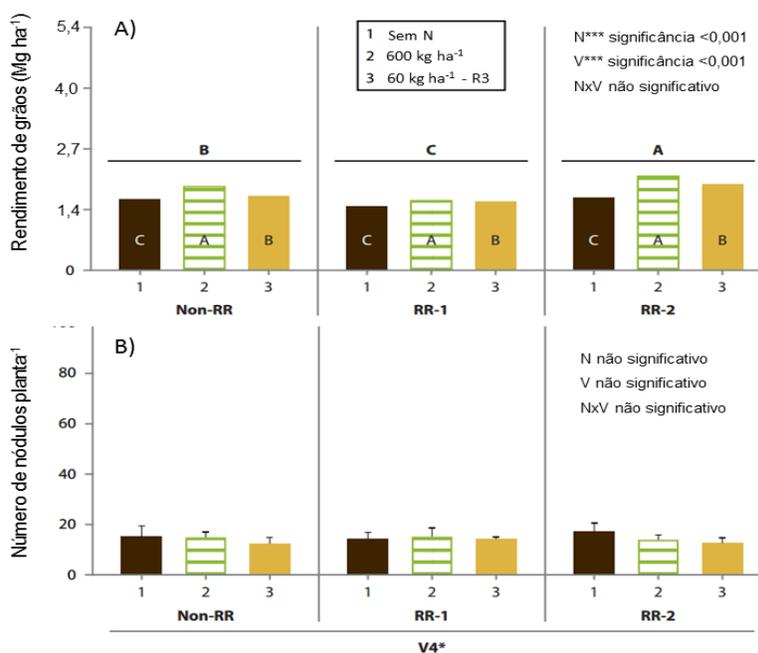
Fonte: Autor

6.2. Ottawa

Os rendimentos de grãos de soja variaram de 1,5 a 2,5 Mg ha⁻¹. Nota-se que os rendimentos obtidos foram, de forma geral, muito baixos. Isso pode estar relacionado com a baixa precipitação (~350 mm) durante a estação de crescimento da soja, este fator pode ter contribuído, também, para o menor número de nódulos planta⁻¹, contribuindo para uma nodulação deficiente. Rendimentos mais elevados foram obtidos com a variedade RR-2 e com a aplicação 600 kg ha⁻¹ de nitrogênio, enquanto os rendimentos mais baixos foram encontrados com a utilização da variedade RR-1 e sem a aplicação de N. Estatisticamente, variedade e aplicação de N mostraram diferenças significativas entre os tratamentos (P<0,001). Para todos os

tratamentos, houve uma tendência de rendimentos mais elevados com a aplicação 600 kg ha⁻¹ de N e rendimentos mais baixos sem a utilização de fertilizantes nitrogenados (Figura 4.A). Já o número de nódulos por planta de soja em V4 não diferiu entre os tratamentos, com média de 17 nódulos por planta (Figura 4.B).

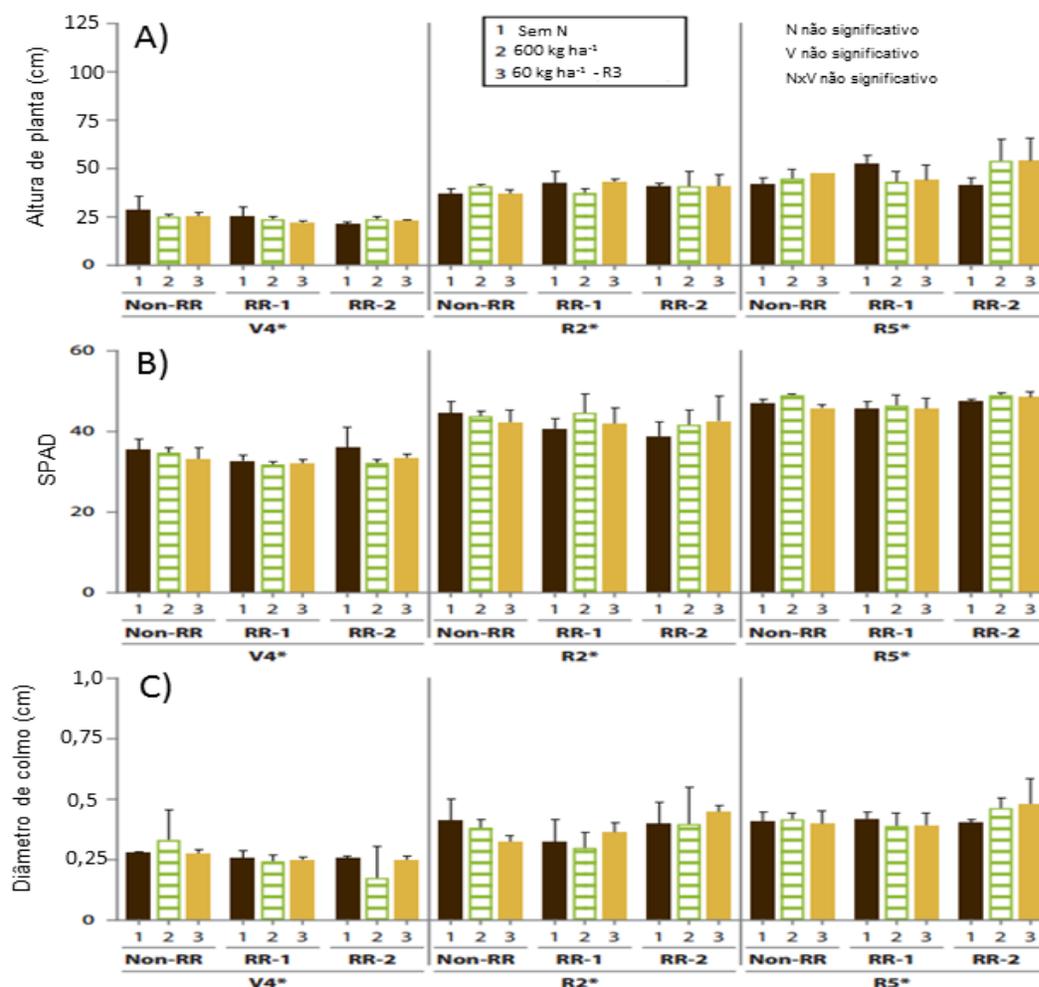
Figura 5. Rendimento de grãos de soja (A) e número de nódulos por planta (B) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ottawa, 2015.



Fonte: Autor

A altura da planta, o diâmetro de colmo e a leitura do clorofilômetro (Valor SPAD) aumentaram ao longo dos estádios fenológicos. A altura da planta variou de 25 cm em V4 a 50 cm em R5. O SPAD em V4 foi menor do que em R2 e R5, sendo que, nos estádios R2 e R5 os valores de leitura do clorofilômetro foram basicamente estáveis, com pequenas variações. Com relação ao diâmetro do colmo, essa característica aumentou a partir da média de 2 cm em V4 a aproximadamente 4,8 cm em R5 (Figura 5).

Figura 6. Altura de planta (A), leitura do clorofilômetro –SPAD (B) e diâmetro de colmo (C) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ottawa, 2015. * Estádio fenológico.



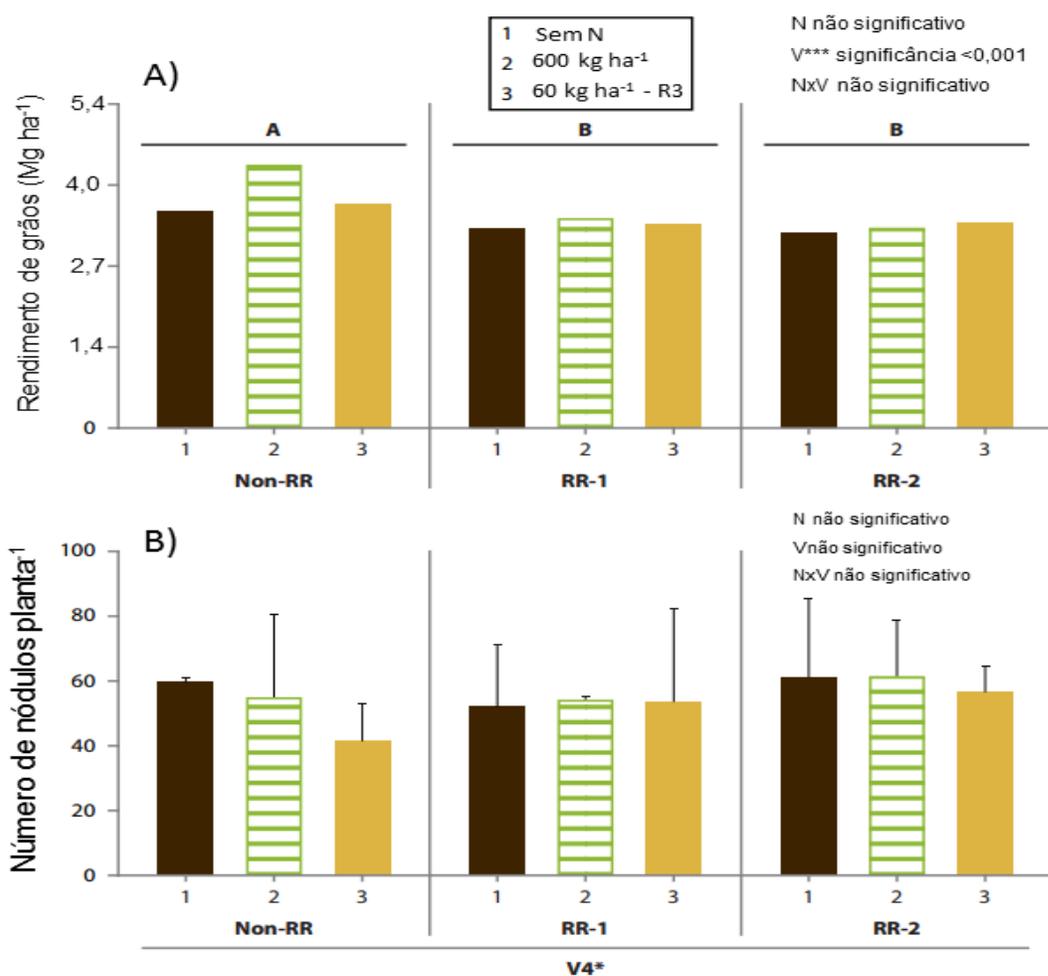
Fonte: Autor

6.3. Ashland

Em Ashland, o rendimento de grãos de soja não apresentou interação entre variedade e aplicação de N. A variação foi de 4,5 Mg ha⁻¹ (variedade não RR e 600 kg ha⁻¹ de nitrogênio) para 3,8 Mg ha⁻¹ (variedade RR-2 e sem aplicação de N). Estatisticamente, a variedade não RR apresentou os rendimentos de grãos mais elevados (P <0,05), enquanto que as cultivares RR-1 e RR-2 não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Figura 6.-A). Pode-se notar que em Ashland os rendimentos de grãos obtidos foram superiores à Ottawa, o que pode estar

relacionado com o fato de Ashland ter histórico de cultivos de soja, maior precipitação e possível nodulação mais eficiente e Ottawa ser o primeiro ano de cultivo. Além disso, o número de nódulos por planta em Ashland foi quatro vezes maior (média de 50 nódulos por planta) em relação a Ottawa (Figuras 4.B e 6.B). Esta avaliação, em Ashland, não diferiu estatisticamente entre os genótipos e o manejo do N (Figura 6.B).

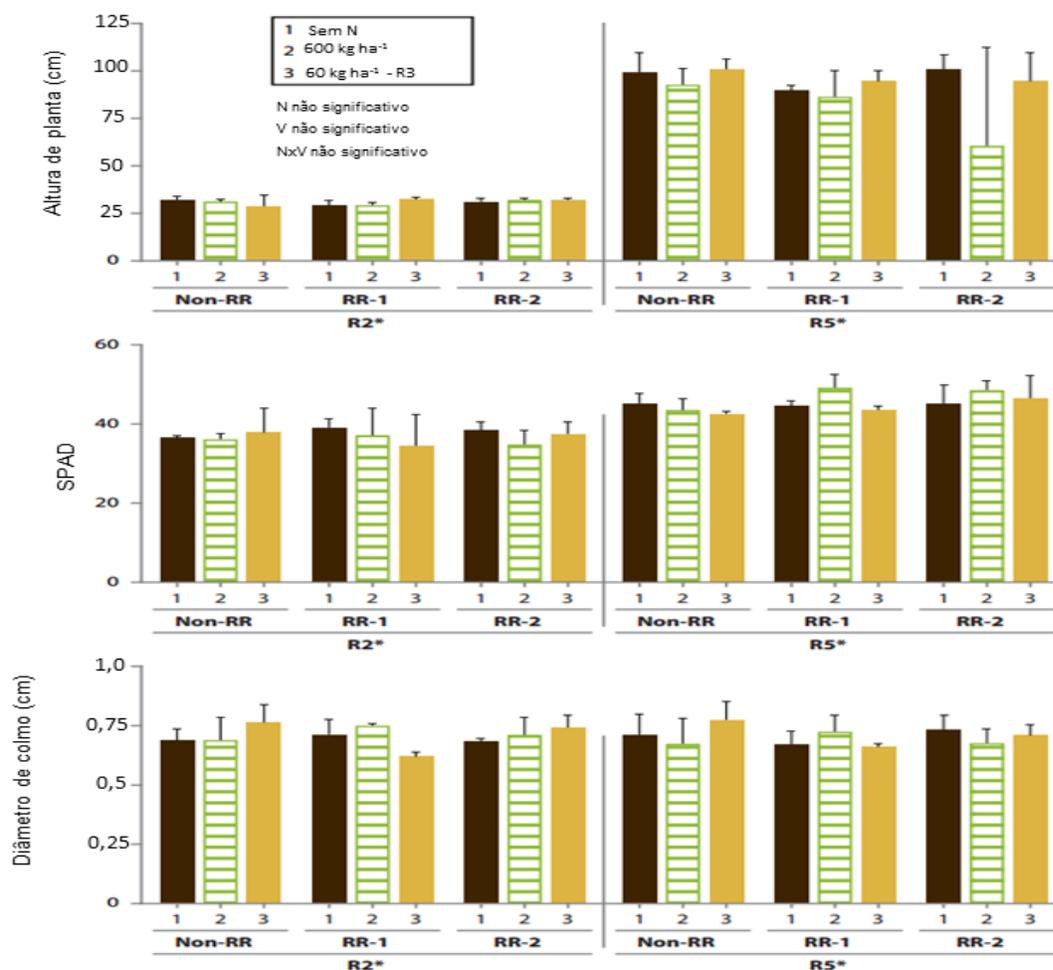
Figura 7. Rendimento de grãos de soja (A) e número de nódulos por planta (B) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ashland, 2015. *Estádio fenológico.



Fonte: Autor

Em Ashland, a altura de planta e os valores SPAD aumentaram ao longo dos estádios fenológicos, com exceção do diâmetro de colmo, que manteve-se estável (Figura 7). Essas avaliações foram superiores neste local com em relação a Ottawa, o que pode estar relacionado com maior acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, maior potencial produtivo.

Figura 8. Altura de planta (A), leitura do clorofilômetro –SPAD (B) e diâmetro de colmo (C) em soja em função da cultivar e aplicação de nitrogênio. Ashland, 2015. * Estádio fenológico.



Fonte: Autor

7. DISCUSSÃO

Em relação ao experimento conduzido, a produtividade da soja em Ashland foi maior do que em Ottawa, o que reflete, principalmente, a interação condições ambientais x solo x histórico de cultivo de soja na área. Em Ottawa, os rendimentos de grãos foram menores que em Ashland, possivelmente devido à menor precipitação durante a estação de crescimento, menor número de nódulos por planta e problemas de compactação do solo. Este baixo rendimento de grãos em Ottawa reflete a deficiente nodulação, como podemos observar na Figura 5. Segundo Staton (2014), 70% do N requerido pela soja é proveniente da fixação biológica de N, o que, neste caso, explica o baixo rendimento de grãos no tratamento onde só havia sido realizada a inoculação,

sem suplementação de N mineral. Staton (2014) complementa que nodulações podem ser deficientes em situações de primeiro de ano de cultivo de soja e que, neste caso, a aplicação de N mineral pode ser uma estratégia para alcançar maiores rendimentos de grãos, mas ainda não se sabe qual seria o melhor momento para esta aplicação de N em cobertura. Os resultados obtidos neste primeiro ano de experimento confirmam as hipóteses postuladas por Staton (2014). O rendimento máximo de grãos foi observado para a variedade de soja moderna (RR-2), de 2,5 Mg ha⁻¹ quando dependente apenas da adubação nitrogenada. Por outro lado, menor rendimento de grãos foi obtido para a variedade RR-1, de 1,5 Mg ha⁻¹ quando era dependente da fixação biológica de N como a principal fonte de N (inoculação).

Já em Ashland, não houve interação N x variedade. Estatisticamente, a variedade não-RR apresentou maiores rendimentos quando comparado a RR-1 e RR-2, as quais tiveram rendimentos similares. Em termos de determinações, a altura da planta, valores SPAD, diâmetro de colmo e número de nódulos por planta foram maiores do que em Ottawa, refletindo as melhores condições de desenvolvimento e maior potencial de rendimento de grãos. Ainda assim, boa inoculação é fundamental para o estabelecimento da cultura da soja e para o aumento da produção de forma sustentável e economicamente eficiente.

Em resumo, é necessária uma avaliação mais profunda, a fim de identificar corretamente a "verdadeira" contribuição da genética na produtividade da soja e sua interação com o manejo do N.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção da soja é extremamente importante tanto por ser utilizada para a alimentação humana como animal. Para a alimentação humana, a soja é utilizada em forma de óleo e também para a fabricação de produtos como chocolate, tempero de salada, margarinas e gordura vegetal. Além disso, a lecitina, agente emulsificante extraído do óleo de soja, é muito utilizado para fabricação de salsichas, maionese e achocolatados. Outro segmento alimentício atualmente em expansão é a fabricação de bebidas, como leite e sucos, à base de soja, sendo estes uma opção para pessoas com intolerância a lactose, por exemplo. Já para a alimentação animal, a soja é muito utilizada em forma de farelo de soja. Diante de tantos usos, a produção de soja é extremamente importante, ainda mais ligada com o desafio de suprir a demanda por alimentos em função de aumento populacional estimado para as próximas décadas. Por isso, experimentos

que investigam o aumento de rendimento de soja são muito válidos. Neste contexto, a experiência na condução de um experimento com o objetivo de fechar a lacuna de rendimento entre o rendimento real obtido pelos produtores e o potencial de rendimento foi extremamente importantes. Além disso, uma experiência profissional nessa área amplia os horizontes e complementa a formação universitária. Além de conhecimentos técnicos adquiridos no período, o conhecimento sociocultural vivenciado e as amizades feitas fizeram com que a experiência tenha valido ainda mais a pena.

Um estágio em uma universidade de excelência, em outro país, com pessoas com diferentes culturas e visões do mundo, fez com que o conhecimento em diferentes áreas, não somente com a cultura de soja e produção da mesma, mas com outras culturas e diferentes atividades fossem exploradas. A liberdade e receptividade dada pela equipe fez com que a experiência fosse multifuncional e proveitosa. Essa visão do sistema de pesquisa de outra universidade e outro país ajudou na exploração de ideias e contribuiu para um grande crescimento profissional e pessoal. Além de tudo isso, essa experiência já tem “aberto novas portas”, como a possibilidade de realização de curso de mestrado.

Por fim, o estágio, de um ano, foi extremamente proveitoso. Além de todo aprendizado profissional, a experiência de poder trabalhar e conviver com o Dr. Ignacio Ciampitti, com o seu método singular de trabalhar em equipe e sua impecável liderança, me ensinaram o quanto é importante saber trabalhar em equipe, e que assim o trabalho é muito mais proveitoso e os resultados ainda melhores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argenta, G., Silva, P.R.F., Bortonili, C.G., 2001. **Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio na folha de cereais**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 31, n.4, p.715-722.

Casteel, S., Long, P.A., Camberato, J.J, Murrell, S.T. 2013. **Nitrogen allocation by soybean cultivars released over 90 years**. Abstract ASA, CSSA, & SSSA International Annual Meetings, Tampa, Florida.

COOK, Rob. **Soybean: Ranking of Production by State**. 2016. Disponível em: <<http://beef2live.com/story-soybeans-ranking-production-state-2012-vs-2013-0-110116>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

Crutzen P, Mosier AR, Smith KA, Winiwarter W (2007). **N₂O release from agro-fuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels**. Atmos. Chem. Phys. Discussions **7**, 11191–11205.

Brett J. Ferguson, Arief Indrasumunar, Satomi Hayashi, Meng-Han Lin, Yu-Hsiang Lin, De Bruin, J.L., and P. Pedersen. 2008. **Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield**. Agron. J. 100:704-710.

Dugald E. Reid and Peter M. Gresshoff (2010). **Molecular Analysis of Legume Nodule Development and Autoregulation**. Journal of Integrative Plant Biology, **52** (1): 61–76.

EMBRAPA, 2016. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições / Amélio Dall'Agnol**. – Brasília, DF : Embrapa, 2016.

Hanway, J.J. and C.R. Weber, 1971. **N, P and K percentages in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] plant parts**. Agron. J., 63: 286-290.

Kratochvil, R.J., J.T. Pearce, and M.R. Jr. Harrison. 2004. **Row spacing and seeding rate effects on glyphosate-resistant soybean for Mid-Atlantic production systems**. Agron. J. 96:1029-1038.

Kumudini S, Hume D J and Chu G 2002. **Genetic Improvement in Short-Season Soybeans: II. Nitrogen Accumulation, Remobilization, and Partitioning**. Crop Sci 42, 141-145.

MOREIRA, Tânia. **USDA - Soja: ESTOQUES FINAIS AMERICANOS SOFREM CORTE ACIMA DO ESPERADO E MERCADO REGISTRA ALTA**. 2016. Disponível em: <<http://www.coreconpr.org.br/wp-content/uploads/2016/05/faep.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

O'BRIEN, Patricia J.. **USDA “ Natural Resources and Conservation Service Kansas: State Soil Harney Silt Loam - Kansas State Soil”**. 2010. Disponível em: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ks/soils/?cid=nrcs142p2_033163>. Acesso em: 13 jul. 2016.

Rowntree, S.C., J.J. Suhre, N.H. Weidenbenner, E.W. Wilson, V.M. Davis, S.L. Naeve et al. 2013. **Genetic gain and management interactions in soybean: I. Planting date.** *Crop Sci.* 53:1128–1138.

Salvagiotti, F., J.E. Specht, K.G. Cassman, D.T. Walters, A. Weiss, and A. Dobermann. 2009. **Growth and nitrogen fixation in high-yielding soybean: Impact of nitrogen fertilization.** *Agron. J.* 101:958-970.

Salvagiotti, F., K.G. Cassman, J.E. Specht, D.T. Walters, A. Weiss, and A. Dobermann. 2008. **Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review.** *Field Crops Res.* 108:1–13.

Salvagiotti, F., J.E. Specht, K.G. Cassman, D.T. Walters, A. Weiss, and A. Dobermann. 2009. **Growth and nitrogen fixation in high-yielding soybean: Impact of nitrogen fertilization.** *Agron. J.* 101:958-970.

Santos D, Ferrari B, Fresoli D, Beret P, Benavidez R, Vicentini R, Della Magdalena M, Mondino M, Salas G, Lustig S, Antogiovani M, Devani M, Ledesma F, Lizondo M, Erazzu L, Salines L, Baigorri H, Nari C, Rossi R, Salado-Navarro J, Dolinkue R, Wright R, Curti L, Sanmartin O and de la Vega D. 2006. **Ganancia genética en soja en Argentina entre 1980 y 2000.** In 3° Congreso de la Soja del Mercosur. Mercosoja 2006. Rosario, Argentina.

Staton, Mike. 2014. **“Identifying and responding to soybean inoculation failures”.** Disponível em:

[http://msue.anr.msu.edu/news/identifying and responding to soybean inoculation failures](http://msue.anr.msu.edu/news/identifying_and_responding_to_soybean_inoculation_failures)>

Acesso em: 25 de julho de 2016.

USDA-National Agricultural Statistics Service (NASS). **Crops U.S. state and county databases.** Washington DC. Disponível em:

<<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/nass/CropProd//2010s/2015/CropProd-12-09-2015.pdf>>.

Acesso em: 18 jul. 2016.

ANEXOS

ANEXO A – Pôster apresentado na ASA Meeting 2016.



KSCROPS

Nutrient Use Efficiencies in Soybean: A review

Gabriela I. Carmona^{1,2}, Guillermo R. Balboa², and Ignacio A. Ciampitti²
¹Federal University of Rio Grande Do Sul, Brazil. ²Dept. of Agronomy, Kansas State University, Kansas, US.
gabicarmona@ksu.edu



K-STATE
Research and Extension

Introduction

From a physiological standpoint, a synthesis-analysis on potassium (K) and nitrogen (N) content, utilization, interaction with other nutrients and impact on yield is relevant for properly understanding scientific knowledge gaps on this nutrient.

Objective

Summarizing, interpreting, and increasing the understanding of soybean yield and K uptake associations from both historical and geographical perspectives.

Material & Methods

- Numerous data sources (Refereed Journals) and unpublished selected theses (MS and PhD) - Since 1920's.
- A total of ~500 treatment means for grain yield and plant nutrient uptake at maturity were collected
- The database was divided into geographical clusters: USA vs the World (excluding USA) and Eras (1920-60, 1961-75, 1976-95, 1996-05, 2006-12).
- Plant density values were gathered for each individual data point, and all variables were normally distributed.
- The term for Nutrient Internal efficiency (N-K) was calculated as: $\frac{\text{Grain yield (Mg ha}^{-1}\text{)}}{\text{K or N uptake (Mg ha}^{-1}\text{)}}$

Results

Yield and Plant K Uptake Association

Main outcomes: 1) Historical soybean yields followed country-level (USDA) evolution (Fig.1A); 2) Historical world yield trend was stagnant relative to USA yield (Fig.1C); 3) Aboveground-K uptake increased in parallel with yield until 1960's for USA, while, the World presented a similar pattern relative to the yield factor (Fig. 1D).

Yield to N and K uptake

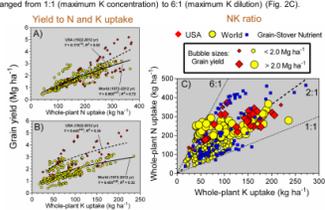


Figure 2: Data summary for the association yield vs whole plant N (A), K (B) uptake, and plant NK uptake ratio at maturity (C) for all historical and geographical division (USA vs. World).

NK ratio residuals

Main outcomes: 1) The variation observed in the NK ratio (Fig. 2B) was primarily accounted in large part ($R^2 = 0.36$) by changes in stover K concentration (%), rather than grain %N ($R^2 = 0.09$) (Fig. 3).

USA: Historical trend

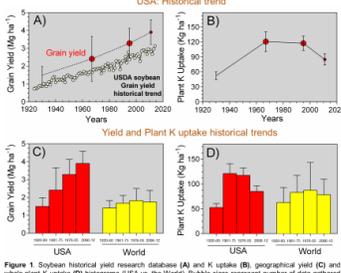


Figure 1: Soybean historical yield research database (A) and K and N uptake (B), geographical yield (C) and whole-plant K uptake (D) histograms (USA vs the World). Bubble sizes represent number of data gathered for each Era evaluated (panel A & B). Error bars represent the standard error.

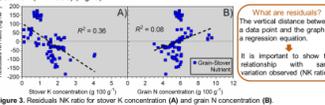


Figure 3: Residuals NK ratio for stover K concentration (A) and grain N concentration (B).

Conclusions

- Historical USA soybean yield research trend mimicked a similar pattern as portrayed by the USDA (1920-2012) yield database.
- The historical yield trend depicted a parallel K uptake pattern [except for the last years (2012 season, drought stress)].
- High-yielding data points were closely related with balanced NK ratio close to 2:1.
- The %K in the stover has more influence in the NK relation than grain %N.



Figure 4: Illustration of different soybean Eras: Non-RR (A), RR-1(B) and RR-2(C), corresponding 1987, 2006 and 2014 release year, respectively.

Fonte: Autor

ANEXO B – Premiação pôster - ASA Meeting 2016.



Fonte: Autor