REVISTA BRASILEIRA DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA

http://revistas.fw.uri.br/index.php/rbdta ISSN 2527-0613

RASTREABILIDADE E VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES SOJA EM CAMPO DE PRODUÇÃO

Traceability and spatial variability to assess physiological quality of soybean seeds on production field

Alexandre Gazolla Neto[1], Rafael Oliveira Vergara[2], Gizele Ingrid Gadotti[3], Francisco Amaral Villela[3]

[1] Professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Frederico Westphalen, RS, email agazolla@uri.edu.br;
[2] Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS;
[3] Professor da UFPEL, Pelotas, RS.

Resumo: O trabalho teve por objetivo a aplicação de técnicas de agricultura de precisão associado à rastreabilidade como ferramenta de controle de qualidade e informações na produção de sementes de soja. Foram realizadas amostragens de sementes, em pontos georreferenciados, para determinação da qualidade fisiológica. Os resultados foram submetidos a análise geoestatística. A qualidade fisiológica das sementes não foi uniforme, com destaque para os testes de vigor que se mostraram mais sensíveis às variações dentro da área de produção, sendo possível a representação destes resultados em mapas de interpolação. Os valores do alcance da dependência espacial ficaram compreendidos entre 200 a 800 m. Observou-se uma grande variação na porcentagem de dano por percevejo e umidade dentro da área de produção. A rastreabilidade proporcionou o registro, acompanhamento e a gestão de informações das etapas do processo de produção de sementes. As principais informações relacionadas ao processo de produção foram disponibilizadas para consulta dos clientes através dos lotes de sementes beneficiadas. A associação entre técnicas de agricultura de precisão com a finalidade de avaliação da distribuição espacial da qualidade fisiologica, criação das variáveis respostas para adubação, integradas à rastreabilidade, como ferramenta de gestão de informações na produção de sementes é adaptável e viável de aplicação em empresas produtoras de sementes.

Palavras-chave: agricultura de precisão, variabilidade espacial, controle de qualidade, gestão de informações, rastreamento.

Abstract: The objective of the study was to associate precision agriculture techniques with traceability as quality control tools and information in the production of soybean seeds. Seeds were sampled for analysis of physiological quality in a soybean production field in georeferenced points. The results were subjected to geostatistical analysis and the information was interpolated and the results presented on maps. The seed quality was not uniform, and the sample showed greater variation in seed vigor within the production area. The values of spatial dependence ranged between 200-800 m. There was a large variation in the percentage of damage by insect and moisture within the production area. The interaction between technical precision agriculture and spatial distribution of physiological attributes of quality and traceability and management information during the seed production and processing provided identification of areas within of soybean production field with seed of high and low vigor. It increases the transparency of the process and, thereby, provides access to detailed information about the source and quality of the seed lots. The main information related to the production process was made available to customers through of the seed lots. The association between technical precision farming with traceability is adaptable and feasible to be used by soybean seed companies.

Keywords: precision agriculture, spatial variability, quality control, information management, tracking.

Recebido em: 26-09-2016
Aceito em: 25-05-2017

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem apresentado, nas últimas safras, um desempenho crescente em termos de produtividade e produção de grãos de soja (*Glycine max* L. Merrill) e a base dessa pirâmide produtiva esta associada à utilização de sementes de qualidade comprovada. Na safra 2014/2015, a taxa de utilização de sementes de soja no Brasil foi de 71%, frente a uma demanda potencial de 22.565.170 t de sementes (ABRASEM, 2016). Neste contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias, visando à otimização de recursos na produção e comercializações de sementes, são fundamentais.

O uso de sistema de informações geográficas, no contexto de agricultura de precisão, é uma poderosa ferramenta na avaliação de fatores quantitativos e qualitativos responsáveis pela variabilidade espacial em campos de produção de sementes (AMADO & SANTI, 2010). A produção de sementes com qualidade superior muitas vezes é limitada por um conjunto de fatores bióticos e abióticos que interagem, limitando a exploração de áreas destinadas à produção. O estudo dos limites de produtividade contribui para a identificação das variáveis ambientais responsáveis pelo desempenho final da cultura e ressalta cada nível à limitação imposta à expressão da máxima produtividade (MONDO et al., 2011)

Segundo Mattioni, et al. (2011) a variabilidade representada por mapas de interpolação é uma ferramenta de gestão de qualidade de sementes que permite a definição de áreas a serem colhidas e descartadas dentro de um campo de produção. A rastreabilidade na forma de garantia de origem e qualidade é uma importante alternativa de controle de qualidade e operações nos campos de produção, permitindo o acompanhamento de todas as etapas, iniciando com a semeadura, tratos culturais, aplicações de agrotóxicos e fertilizantes, colheita, beneficiamento, até a venda ao cliente final (GAZOLLA, et al., 2012).

A associação entre técnicas de agricultura de precisão com a finalidade de avaliação da distribuição espacial dos componentes da qualidade integradas à rastreabilidade, esta como ferramenta central de gestão de informações na produção de sementes, pode ser utilizada visando: a) criação de mapas de espacialização para os componentes da qualidade fisiológica; b) definição de regiões dentro do campo de produção com sementes de alto e baixo vigor; c) ferramenta de gestão de informações e tomada de decisões; d) transparência na cadeia produtiva; f) disponibilização de informações chaves do processo produtivo aos clientes (GAZOLLA & GADOTTI, 2014).

A possibilidade de inserir informações detalhadas sobre a origem e as características dos produtos, distribuídos de acordo com lotes homogêneos, nas várias etapas da cadeia produtiva, tornou-se importante instrumento de vantagem comercial, constituindo-se para a empresa, numa condição essencial, para responder às exigências dos consumidores (QJAN et al., 2012; FENGA et al., 2013).

Este trabalho teve por objetivo a aplicação de técnicas de agricultura de precisão associada à rastreabilidade como ferramenta de controle de qualidade e informações na produção de sementes de soja.

2 MATERIAL E METODOS

O trabalho foi conduzido num campo de produção de sementes de soja no município de São Gabriel - RS (latitude 30º 19' 55'' S, longitude 54º 11' 06'' W) numa área de 39 ha na safra 2012/2013. As análises de qualidade das sementes foram realizadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, da Universidade Federal de Pelotas.

Considerando o mapa de contorno da área de produção, foram distribuídos os pontos de monitoramento espacializados de 100 x 100 metros, caracterizando um ponto amostral central por hectare com quatro subpontos distribuídos em quatro raios de 15 m a partir do ponto central, com um ângulo entre eles de 90º. Os pontos amostrais centrais foram definidos com base na metodologia de amostragem sistemática, seguindo uma malha regular de amostragem, cujos pontos são demarcados, dentro de uma rota de caminhamento pré-definida e com base no contorno do campo de produção.

A semeadura foi realizada no sistema de semeadura direta na palha, no dia 05 de novembro de 2012, utilizando uma semeadora equipada com sulcador do tipo facão e sistema de distribuição de sementes do tipo disco perfurado. A máquina foi regulada para distribuir 15 sementes por metro linear, e um espaçamento entre linhas de 0,45 m. A cultivar utilizada foi a TEC 5936 IPRO, com habito de crescimento indeterminado e grupo de maturação 5.9.

Para determinação da qualidade das sementes produzidas no campo, foi realizada a colheita de plantas em cinco parcelas de 1 m² cada uma, de forma que as cinco subamostras formaram a amostra média do ponto. Para demarcação das áreas a serem colhidas foi considerado o ponto de monitoramento

central, onde foi coletada uma subamostra e as outras quatro foram coletados em um raio de 15 m a partir do ponto central, sendo o ângulo entre cada raio de 90º.

A colheita foi realizada no dia 28 de março de 2013, totalizando 115 dias entre a emergência e a maturidade fisiológica e 123 dias entre a emergência e a colheita. As plantas colhidas tiveram as suas vagens separadas, posteriormente estas sofreram debulha manual, obtendo-se as amostras de sementes de todos os pontos da malha de amostragem. As amostras foram submetidas à operação de secagem artificial em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 30 ºC, até atingirem um teor de água de 12%.

Os resultados foram submetidos à análise geoestatística. O método geoestatístico de interpolação utilizada na elaboração dos modelos digitais foi a krigagem, com raio máximo de pesquisa de 100 metros. A elaboração dos modelos digitais (mapas) foi realizada através do software "Sistema Agropecuário CR - Campeiro 7" (GIOTTO et. al., 2004). Todas as informações referentes ao manejo, tratos culturais, colheita e precipitações pluviais, sequência do beneficiamento e controles de qualidade foram registrados através do sistema "Sementes Rastreadas", trata-se de um sistema onde todas as informações referentes à produção, fica disponível tanto para o produtor de sementes quanto para o cliente, promovendo maior transparência ao processo de produção (GAZOLLA et al., 2012).

Para a determinação da qualidade fisiológica das sementes, foram realizadas as seguintes avaliações:

Teste de germinação (G): conduzido em quatro amostras de oito subamostras de 50 sementes, totalizando 400 sementes. As sementes foram dispostas em rolos formados por três folhas de papel germitest, umedecidas com água o equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram transferidos para câmara de germinação tipo BOD a 25 ºC e período luminoso de 12 horas. As avaliações foram efetuadas no oitavo dia após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Coeficiente de velocidade de germinação (CVG): obtido a partir de contagens diárias do mínimo de sementes germinadas (protrusão radicular mínima de 3 a 4 mm). As contagens foram realizadas até a obtenção do número constante de sementes germinadas. Os resultados foram expressos em porcentagem (NAKAGAWA, 1994).

Comprimento de plântulas (CP): avaliados por meio de quatro subamostras de 10 plântulas, ao final do teste de germinação. O comprimento de plântulas foi obtido pela medida da distância entre a porção apical da raiz ao ápice da parte aérea. Os resultados foram expressos em centímetros (cm).

Massa seca de plântulas (MSP): obtida pela aferição da massa de quatro subamostras de 10 plântulas, ao final do teste de germinação. As plântulas foram acondicionadas em envelopes de papel pardo e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada sob temperatura de 65 °C, por 72 horas. Os resultados foram expressos em gramas (g).

Envelhecimento acelerado (EA): foram utilizadas caixas plásticas do tipo gerbox como compartimento individual, em cujo interior ocorreu à adição de 40 mL de água. As sementes foram colocadas em camada única sobre uma tela acondicionada dentro da caixa gerbox e mantidas a 41 ºC durante 72 horas. Posteriormente conduziu-se o teste de germinação, realizando uma única contagem no quinto dia (MARCOS FILHO, 2005).

pH do exsudato (Viabilidade): as sementes foram embebidas em 2 mL de água destilada com pH = 7,0 em recipiente de plástico com células individualizadas (capacidade de 3 mL cada), durante 30 minutos, a 25 ºC. Em seguida, adicionou-se a cada célula uma gota de solução indicadora pH do exsudato, e agitou-se com um bastonete. A coloração resultante indica o nível de viabilidade da semente, indo do rosa forte (sementes viáveis que originarão plantas normais), passando pelo rosa fraco (sementes que originarão plântulas anormais) até o incolor (sementes mortas). Os resultados foram expressos em percentagem (BARROS & MARCOS FILHO, 1990).

Teste de tetrazólio: foram utilizadas oito repetições de 50 sementes, sendo estas dispostas entre três folhas de papel germitest umedecido com água destilada e pré-condicionadas por 16 horas em estufa incubadora (tipo BOD), a 25 ºC. Decorrido este período, as sementes foram transferidas para copos plásticos, com volume de 50 mL, sendo totalmente submersas em solução de tetrazólio (0,075%), e mantidas a 40 ºC por 180 minutos no interior da BOD. Após a coloração e lavagem das sementes em água corrente, as sementes foram cortadas de modo a possibilitar a visualização do eixo embrionário, como também as demais estruturas internas da semente. Estas foram classificadas em níveis de 1 a 8, levando em consideração a ocorrência de dano por percevejo, dano ocasionado por umidade e dano mecânico. A viabilidade (VBT) foi representada pela soma das porcentagens de sementes pertencentes às classes de 1 a 5; o nível de vigor (VT), pelas classes de 1 a 3 e, a perda de viabilidade, pelas classes de 6 a 8, o dano por percevejo {DP 1-8(%)}, dano por umidade {DU 1-8(%), {DP 6-8(%)} e o {DU 6-8(%)}, foram

calculados pela soma das repetições dos respectivos efeitos nas classes de 1 a 8 e de 6 a 8, respectivamente. Os resultados foram expressos em porcentagem (FRANÇA NETO et al., 1992).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas descritivas determinadas para os atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja (germinação, pH do exsudato, viabilidade e vigor por tetrazólio, envelhecimento acelerado, coeficiente de velocidade de germinação, matéria seca de plântulas, dano por percevejo e umidade) estão apresentados na Tabela 1.

Entre as variáveis, o coeficiente de variação (CV) apresentou uma amplitude de valores de 1,40% para germinação em papel e 42,91% para o dano por percevejo. A germinação em papel, o pH do exsudato e viabilidade pelo teste de tetrazólio registraram os menores coeficientes de variação, 1,40; 1,42 e 1,63%, respectivamente. Estes resultados são evidenciados nos mapas de espacialização dessas variáveis (Figura 1). Mattioni et al. (2011) e Mondo et al. (2012) obtiveram coeficientes de variação superiores para variável germinação em papel, de 7,25 e 8,45%, respectivamente.

Tabela 1 - Variáveis estatísticas para os atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja, safra 2012/2013.

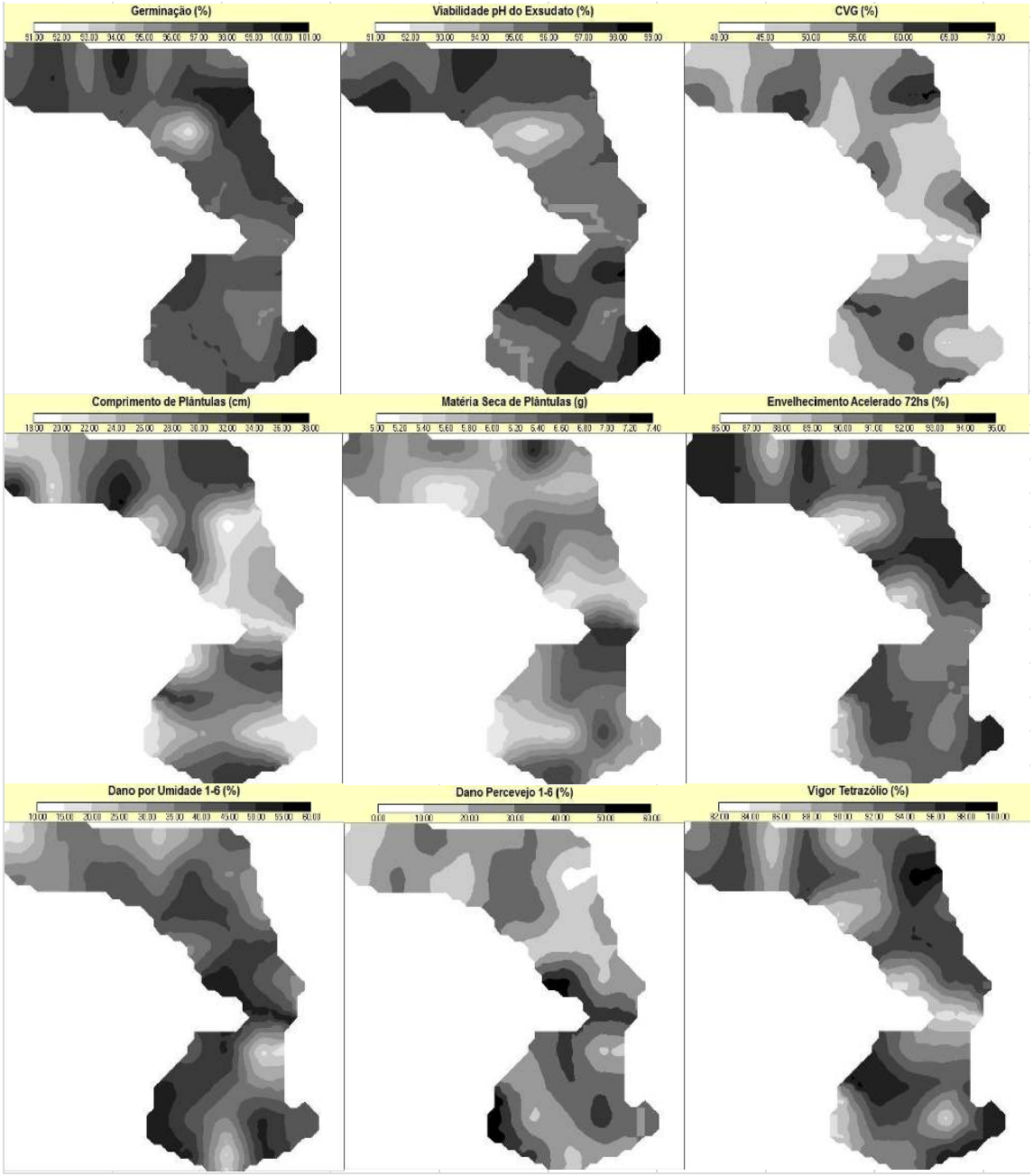
Variáveis	Valores		Média	Coeficiente		
	Mínimo	Máximo		Variação (%)	Assimetria	Curtose
G (%)	92	100	97,54	1,40	4,36	-1,31
pH do Exsudato (%)	92	98	96,02	1,42	0,48	-0,37
VBT (%)	93	99	96,28	1,63	-0,83	-0,19
EA (%)	87	92	91,51	2,00	-0,01	-0,97
VT (%)	85	99	92,49	4,38	-0,86	-0,56
CVG (%)	43,80	65,79	53,05	11,74	-1,17	0,21
CP (cm)	19,07	36,21	27,48	18,52	-1,37	-0,09
MSP (g)	5,31	7,08	6,05	8,00	-0,89	0,28
DP 1-8 (%)	54	6	27,89	42,91	-0,48	0,47
DU 1-8 (%)	54	18	39,62	25,52	-0,32	-0,55

Os gráficos da espacialização das variáveis em estudo estão representados na Figura 1. Os componentes da qualidade fisiológica (germinação em papel, pH do exsudato, envelhecimento acelerado, coeficiente de velocidade de germinação, viabilidade e vigor por tetrazólio, comprimento e matéria seca de plântulas), demonstram variação dentro da área de produção, caracterizando uma distribuição desuniforme da qualidade fisiológica. Dados semelhantes foram obtidos em estudos realizados por Mattioni et al. (2011).

Os resultados para o teste de germinação e a viabilidade pelo pH do exsudato foram superiores a 92%, associado a um baixo coeficiente de variação. O vigor, representado pelo envelhecimento acelerado, coeficiente de velocidade de germinação, comprimento de plântulas, matéria seca de plântulas e vigor pelo teste de tetrazólio, expressaram as maiores variações dentro da área de produção, proporcionando um adequado diagnóstico espacial da qualidade fisiológica das sementes (Figura 1). Avaliando a variabilidade espacial da qualidade fisiológica em sementes de soja, Mondo et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes para o vigor, representado pelas variáveis, primeira contagem da germinação e envelhecimento acelerado. Segundo Peske et al. (2012), durante o processo de deterioração, a perda da capacidade de germinar é o último processo antes da morte da semente, em contrapartida os testes de vigor se baseiam em eventos que ocorrem anteriormente.

A interação dos resultados da distribuição espacial dos componentes da qualidade, associada ao mapeamento georreferenciado, proporcionou a identificação de regiões com sementes de alto e baixo vigor dentro do campo de produção (Figura 1). Segundo Mattioni et al. (2011), a variabilidade representada por mapas de interpolação é uma ferramenta da gestão de qualidade de sementes que permite a definição de áreas a serem colhidas e descartadas dentro de um campo de produção de sementes. Sementes com baixo vigor podem provocar reduções na velocidade de emergência, na uniformidade, na emergência total, no tamanho inicial e no estabelecimento de estandes adequados (VANZOLINI & CARVALHO, 2002), fatores que podem reduzir o acúmulo de matéria seca, e consequentemente a produtividade (KOLCHINSKI, et al., 2005).

Figura 1 - Mapas de variabilidade espacial dos componentes da qualidade fisiológica em campo de produção de sementes de soja, safra 2012/2013.



A espacialização dos resultados dos testes de tetrazólio para as variáveis, dano por percevejo (DP 1-6) e umidade (DU 1-6) evidenciaram uma ampla faixa de distribuição na área de produção, sendo possível a identificação de regiões com diferentes níveis de infestação (Figura 1). Altos índices de dano por percevejo e umidade estão diretamente relacionados à redução do vigor das sementes de soja (FRANÇA NETO et al., 1992). Em contrapartida, a percentagem de sementes inviáveis devido ao DP 6-8 e DU 6-8 foram não acentuadas, não apresentando variação expressiva, não permitindo a construção dos mapas de interpolação.

A espacialização dos atributos da qualidade de sementes de soja foram estabelecidas através da análise dos semivariogramas e seus componentes (Tabela 2). De maneira ampla, verificaram-se variações expressivas nos valores do alcance da dependência espacial entre as variáveis, com valores compreendidos entre 200 a 800 m. O alcance expressa o limite da dependência espacial da variável, de forma que determinações realizadas a distancias superiores ao alcance possuem

distribuição espacial aleatória e, por isso, são independentes entre si, podendo ser aplicada a estatística clássica. Por outro lado, determinações realizadas em distâncias inferiores são correlacionadas umas às outras, permitindo interpolações para espaçamentos menores que os amostrados (ANDRIOTTI, 2013). Nesse sentido, valores de alcance são importantes na planificação de futuras amostragens, permitindo dimensionar grades e estimar o número de pontos a serem amostrados (SOUZA et al., 2006). Segundo Oliveira et al. (1999), o conhecimento dos valores do alcance e as localizações das áreas onde estão concentrados os maiores e/ou menores índices de determinado atributo químico, são fundamentais para o planejamento do manejo da fertilidade do solo, na agricultura de precisão.

Tabela 2 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados aos atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja, safra 2012/2013.

Variáveis	Modelo	C_0	C_0+C_1	Alcance (m)	GDE		r^2
					E(%)	RDE	
G (%)	Esférico	1.339	2.097	200	63,85	Moderada	0,998
pH do Exsudato (%)	Esférico	0,901	1,867	300	48,24	Moderada	0,998
VBT (%)	Esférico	1,210	2,471	300	48,98	Moderada	0,999
EA (%)	Esférico	1,824	3,414	200	53,43	Moderada	0,998
VT (%)	Esférico	8,866	16,414	200	54,02	Moderada	0,997
CVG (%)	Esférico	21,019	38,884	200	54,11	Moderada	0,990
CP (cm)	Esférico	11.500	25.912	500	44,38	Moderada	0,978
MSP (g)	Esférico	0,120	0,238	200	50,56	Moderada	0,995
DP 1-8 (%)	Esférico	69,294	143,305	500	48,35	Moderada	0,882
DU 1-8 (%)	Esférico	44,423	102,242	800	43,45	Moderada	0,951

*Efeito pepita: C_0; Patamar: $C_0 + C_1$; Grau de dependência espacial: GDE; Coeficiente de efeito: E (%); Razão de dependência espacial: RDE; Coeficiente de determinação: r^2.

Pela análise dos parâmetros dos semivariogramas (Tabela 2), verificou-se que todas as variáveis ajustaram-se ao modelo esférico, concordando com resultados de pesquisas que indicam este modelo como o de maior ocorrência (SOUZA et al., 2004; CORÁ et al., 2004 e MONTANARI et al., 2008). Entre as variáveis em estudo o coeficiente de determinação (r^2) ficou compreendido entre 0,882 para dano por percevejo 1-8 (%) e 0,999 para o vigor pelo teste de tetrazólio. Valores superiores a 0,882 para os atributos da qualidade indicam, respectivamente que 88,2% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados (SOUZA et. al., 2006).

Os valores do efeito pepita (C_0) e do patamar (C_0+C_1) exibiram destacada faixa de destruição, de 0,121 a 69,294 e 0,238 a 143,305, respectivamente (Tabela 2). O efeito pepita indica a variabilidade não explicada, considerando a distância de amostragem utilizada. Quanto maior for a diferença do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior a continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa ou maior a confiança que se pode ter na estimativa (VIEIRA, 2000). A razão entre os valores do efeito pepita e os do patamar estabelece o grau de dependência espacial (GDE) das variáveis em estudo (CAMBARDELLA et al., 1994).

O coeficiente de efeito pepita (E%) apresentou valores mínimo e máximo de 43,45 e 63,85%. A razão de dependência espacial (RDE) foi obtida conforme a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), indicando que todas as variáveis apresentaram moderada dependência espacial. Este critério baseia-se nos resultados do coeficiente do efeito pepita das variáveis compreendido entre 25 a 75%. Estes dados demostram que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais. Avaliando a variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja, Mondo et al. (2012) observaram variações de moderada a forte para a razão de dependência espacial. De acordo com Kravchenko (2003), variogramas com estrutura de dependência espacial de moderada a forte geram mapas de krigagem mais precisos do que aqueles gerados com fraca dependência espacial, devido à menor contribuição do componente aleatório na variabilidade dos dados.

As operações da semeadura até a expedição ao cliente final foram documentadas através do

software de rastreabilidade. Este monitoramento iniciou pelo registro detalhado das unidades de produção (fazenda, áreas de produção e unidade de beneficiamento de sementes), seguindo pelas operações pós-semeadura (tratos culturais executados durante o ciclo da cultura, monitoramento de pragas, doenças e inimigos naturais, gestão de aplicações de agrotóxicos e fertilizantes), colheita, seguido pelas operações de condicionamento na unidade de beneficiamento de sementes e controle de qualidade. Segundo Ávila e Albrecht (2010), a máxima qualidade fisiológica das sementes de soja é alcançada por ocasião da maturidade fisiológica, período que coincide com o máximo acúmulo de matéria seca, vigor, germinação e todas as condições desfavoráveis enfrentadas pelas plantas durante a maturação das sementes (estresse hídrico e térmico, ataque de insetos e patógenos); durante a pré-colheita (altas temperaturas, alta umidade relativa do ar, ataque de percevejos e patógenos), de colheita (momento e umidade adequados, sistema de trilha e velocidade de colheita) e de pós-colheita (secagem, beneficiamento e condições de armazenamento) afetam a qualidade das sementes. Neste contexto, o controle e a gestão de informações são fundamentais.

Assim houve a integração das ferramentas onde os dados gerados pela Agricultura de Precisão como mapas, zonas de manejo e dados foram incorporados ao sistema de rastreabilidade.

Durante os processos de recepção e beneficiamento, as cargas e os lotes foram relacionados ao histórico de produção do campo e organizados de acordo com a data da recepção, cultivar, fazenda e área de produção. Todos os históricos dos novos lotes foram associado a um código único de 10 caracteres, composto de letras e números, impresso a uma etiqueta com código de barras 2D, fixada nas embalagens (Figura 2). Após este procedimento, as movimentações no interior da unidade de beneficiamento de sementes foram controladas através da leitura do código 2D. A utilização do código de barras 2D torna a rastreabilidade um processo acessível para as empresas que desejam aumentar a transparência do processo de produção, proporcionando ao cliente final o acesso detalhado às informações através de dispositivos móveis e site da empresa (FRÖSCHLE et al., 2009; QJAN et al., 2012; VAZ & VAZ, 2014).

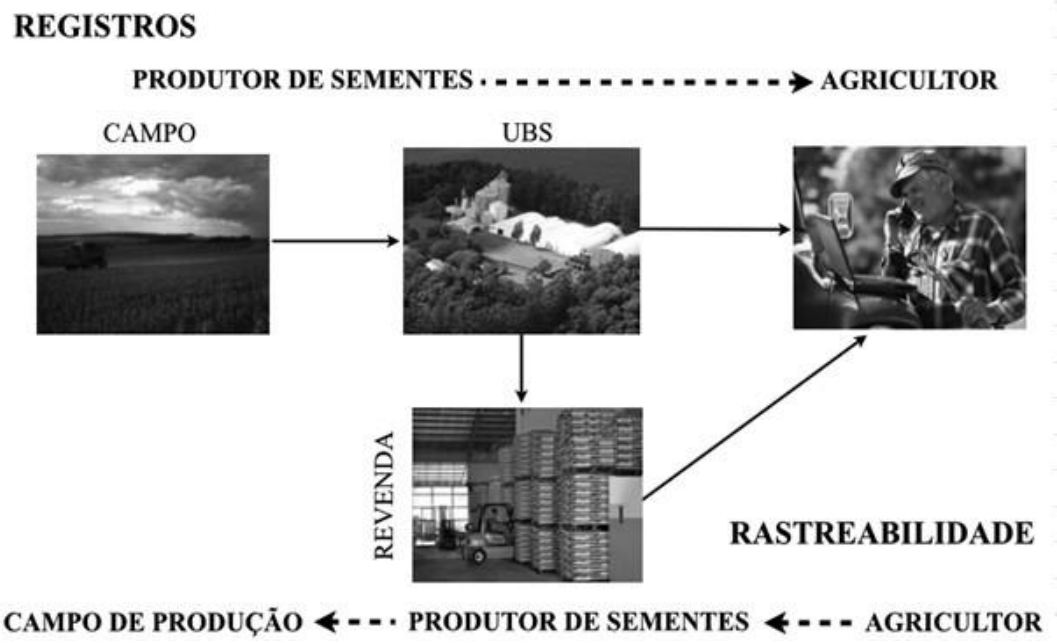
A proposta de rastreabilidade para a produção de sementes de soja, está de acordo com o proposto por Legge Regionale (2002), ao relatar que um sistema de rastreabilidade eficiente possui a finalidade de garantir a segurança alimentar, assegurar o direito do consumidor à informação, destacar a origem e qualidade da produção e aperfeiçoar a organização das cadeias produtivas através de inovações tecnológicas.

Figura 2 - Código para rastreabilidade de sementes.



Após a comercialização, os lotes foram rastreados até o destino final, a fim de garantir a manutenção da origem em todas as etapas da cadeia produtiva (QJAN et al., 2012; FENGA et al., 2013). Considerando, por exemplo, a ocorrência de problemas relacionados a um lote, através da rastreabilidade é possível realizar a identificação e a localização de todos os produtos pertencentes a este lote, facilitando a tomada de ações corretivas por parte do produtor de sementes (Figura 3). De acordo com Gazolla e Gadotti (2014), a possibilidade de inserir e transferir informações detalhadas sobre a origem, qualidade e histórico de produção nas diversas etapas da cadeia produtiva de sementes, tornou-se importante instrumento de gestão da qualidade, marketing e transparência com os consumidores, constituindo-se para a empresa, em condição essencial, para responder às crescentes exigências do mercado consumidor.

Figura 3 - Fluxo de registro e consulta de informações no sistema de rastreabilidade.



4 CONCLUSÃO

A interação entre técnicas de agricultura de precisão através da espacialização dos atributos da qualidade fisiológica com a rastreabilidade proporcionou a identificação de regiões dentro do campo de produção com sementes de soja de alto e baixo vigor, associada à gestão de informações durante as etapas da produção e beneficiamento, permitindo aumentar a transparência do processo e assim possibilitar o acesso a informações detalhadas sobre a origem e a qualidade dos lotes.

Os valores do alcance da dependência espacial apresentaram uma ampla faixa de distribuição entre as variáveis, com valores compreendidos entre 200 a 800 m.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor. À empresa O Agro, pelo desenvolvimento do sistema de rastreabilidade de sementes - "Sementes Rastreadas".

REFERÊNCIAS

ABRASEM. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/# >Acesso em: 26 set.2016.

AMADO, T.J.C.; SANTI, A.L. In: THOMAS, A.L.; CONTA, J.A. Soja: Manejo para altas produtividades de grãos. **Porto Alegre** : EVANGRAF, 2010, 248 p.

ANDRIOTTI, J.L.S**. Fundamentos de estatística e geoestatística.** São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2013, 102 p.

Associação Brasileira de Sementes e Mudas - ABRASEM. 2012. **Anuário 2012.** p.39.

ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. **Isoflavonas e a qualidade das sementes de soja**. Informativo ABRATES, Londrina, v. 20, n. 1,2, p. 15-20, 2010.

BARROS, A.S.R.; MARCOS FILHO, J. Testes para avaliação rápida da viabilidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.10, p.1447-1459, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf> Acesso em: 26 set. 2016.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F. & KONOPKA, A. E. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils.** Soil Science Society of America Journal, v.58, p.1501-1511, 1994.

CORÁ, J.E., ARAUJO, A.V., PEREIRA, G.T. & BERALDO, J.M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1013-1021, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600010> Acesso em: 26 set. 2016.

FENGA, JIANYING.; FUA,ZETIAN.; WANGB, ZAIQIONG.; XUC, MARK. & ZHANGB, XIAOSHUAN. Development and evaluation on a RFID-based traceability system for cattle/beef quality safety in China. **Computers and Electronics in Agriculture.** v.31, n.2, p.314-325, 2013.

FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. **DIACOM**. Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1992, 22p.

FRÖSCHLE, H.K..; GONZALES-BARRON, U.; MCDONNELL, K. & WARD, S. Investigation of the potential use of e-tracking and tracing of poultry using linear and 2D barcodes.

Computers and Electronics in Agriculture. v.66, n.2, p.126-132, 2009.

GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; LEVINSKI, P.; FONSECA, F. R.; PESKE, S. T. & VILLELA, F. A. **Rastreabilidade aplicada à produção de sementes de soja**. Informativo ABRATES, Londrina, v.22, n.2, p.20-24, 2012. Disponível em: <http://www.abrates.org.br/images/Informativo/v22_n2/Artigo3.pdf> Acesso em: 26 set. 2016.

GAZOLLA-NETO, A.; GADOTTI, G. I. **Estratégias para gestão de informações na produção de sementes**. Revista SeedNews, Pelotas, n.5, p.16-18, 2014.

GIOTTO, L; ROBAINA, A.D. & SULZBACH, L. A Agricultura de precisão com o sistema CR campeiro 5, **Manual do Usuário,** 2004, 330p. Disponível em: <http://www.crcampeiro.net/c7/Curso/cursos/Agricultura/pdf/C7_AP1.pdf> Acesso em: 27 set. 2016.

LEGGE REGIONALE. 9 diciembre de 2002, n. 33. **Bolletino Ufficiale Della Regione Emilia Romagna**, n. 171, 2002.

KIKUTI, A.L.P.; VASCONCELOS, R.C.D.; MARINCEK, A. & FONSECA, A.H. Desempenho de sementes de milho em relação à sua posição na espiga. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.765-770, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v27n4/v27n4a04.pdf> Acesso em: 27 set. 2016.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. & PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600004> Acesso em: 27 set. 2016.

KRAVCHENKO, A.N. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. Soil. **Science Society of American Journal**, v.67, p.1564-1571, 2003.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, 495 p.

MATTIONI, N.M.; SCHUCH, L.O.B. & VILLELA, F.A. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.608-615, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000400002> Acesso em: 02 out. 2016.

MONDO, V.H.V.; JUNIOR, F.G.G.; PINTO, T.L.F.; MARCHI, J.L.; MOTOMIYA, A.V.A.; MOLIN, J.P. & CICERO, S.M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, p.193-201, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000200002> Acesso em: 26 set. 2016.

MONTANARI, R.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PAZETO, R.J.; CAMARGO, L.A. Variabilidade espacial de atributos químicos em latossolo e argissolos. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1266-1272, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000500010> Acesso em: 26 set. 2016.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas**. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, p.49-85.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E. & LUNA, J.G. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.23, p.783-789, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000400004> Acesso em: 28 set. 2016

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 3 edição Pelotas: Gráfica e Editora Universitaria/UFPel, 2012, 531p.

QJAN, J. A.; YANG, X. T.; WU, X. M.; ZHAO, L.; FAN, B. L. & XING, B. Traceability System incorporating 2D barcode and RFID technology for wheat flour mills. **Computers and Electronics in Agriculture**. v.89, p.76-85, 89:76-85, 2012. Disponível em http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2012.08.004. Acesso em: 02 out.2014.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; STORCK, L. & FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1013-1020, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000600005> Acesso em: 02 out. 2016.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J. & PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.937-944, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600001> Acesso em: 02 out. 2016.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T & MONTANARI, R. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.829-836, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000300016> Acesso em: 02 out. 2016.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.33-41, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222002000100006> Acesso em: 02 out. 2016.

VAZ, M. C. S.; VAZ, M. S. M. G. Information Technology Applied to the Process of Traceability in the Wheat Supply Chain. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9(17), p. 1318-1325, 2014.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES, V.V.H.; SCHAEFFER, C.E.G.R. (ed.) **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-54.