

Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja

Juan Jose Bonnin Acosta¹

María Gloria Cabrera²

Rubén Franco Ibras³

Jorge Daniel González⁴

Sergio Manuel Chamorro⁵

Jorge Escobar⁶

Resumo

A agricultura de precisão é uma importante ferramenta para maximizar a produção. Nela mapas de produtividade indicam a localização de áreas críticas, ajudando a fazer intervenções localizadas, a fim de aumentar a produtividade e consequentemente a rentabilidade. Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da produtividade, perdas quantitativas na colheita mecanizada e a lucratividade em área de produção de soja. Realizou-se um levantamento de dados georreferenciados em uma área de 20,90 ha. Foram utilizadas técnicas geoestatísticas para a determinação da variabilidade espacial. A dependência espacial foi moderada para todos os parâmetros estudados, observando-se regiões com maior ou menor variabilidade espacial na produtividade, nas perdas quantitativas de grãos e na lucratividade. A produtividade média foi de 3.748,63 kg.ha⁻¹ e 67,65 % da área total apresentou patamares de produtividade de 3.254,05 a 3.609,91 kg.ha⁻¹ e de 3.609,91 a 3.965,91 kg.ha⁻¹. As perdas totais de grãos encontrados por ocasião da colheita foram baixas (49,59 kg.ha⁻¹). A lucratividade média foi 1.252,54 \$.ha⁻¹, com duas regiões representativas de lucro de 1.187,20 a 1.354,78 \$.ha⁻¹ e de 1.019,62 a 1.187,20 \$.ha⁻¹, correspondente a 67,65 % da área total. Pode-se dizer que a semelhança na variabilidade espacial dos mapas de produtividade e lucratividade ocorre por este último ter sido confeccionado a partir de dados de produtividade, o que permitiria ao produtor investigar os motivos das baixas produtividades, sugerindo eventualmente um estudo da fertilidade do solo, no intuito de encontrar e corrigir o problema que levou às baixas produtividades, a fim de melhorar a relação custo/benefício, tendo como resultado maior lucro.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Distribuição espacial. Rentabilidade.

Introdução

A cultura da soja iniciou-se há mais de três décadas no Paraguai, mas somente nos últimos 10 anos passou a ser exportada, tendo sido o primeiro produto de exportação do Paraguai. Produzem-se anualmente 8,2 milhões de toneladas (Safrá 2014-2015), posicionando o país como o quarto exportador.

1 Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, docente pesquisador. jose.bonnin@hotmail.com. Km 11 - Campus Universitário, San Lorenzo, Paraguai.

2 Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, docente pesquisador. ayacabrera@hotmail.com.

3 Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, docente pesquisador. rubenf27@hotmail.com.

4 Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, docente pesquisador. jorgedaniel.gonzalez@gmail.com.

5 Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, docente contratado. sergio_chamorro35@hotmail.com.

6 Fazenda Santo Antônio, engenheiro agrônomo. jorge_esc@live.com.

tador de grãos e sexto exportador de óleo de soja em nível mundial (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2016). Mais de 70 % da produção de soja são vendidos em forma de grão verde e o restante na forma de óleo ou farinha. Seus maiores mercados são a União Europeia, Rússia, Turquia e o Brasil para grãos e derivados; para óleo e farinha, os países da América do Sul e Ásia, de acordo com o Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA (2015).

Tem-se, assim, a importância econômica desta cultura, a qual ainda há muito a melhorar no processo de produção, sobretudo na diminuição das perdas de grãos que ocorrem no processo de colheita, transporte e armazenamento. De acordo com a Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas - CAPECO (2015), existe uma perda total próxima a 23 % da safra em cada ano. De todo o processo de produção, a operação de colheita mecanizada é uma das etapas mais importantes na produção desta cultura, uma vez que seus grãos são muito suscetíveis aos danos causados pela colhedora, razão pela qual a etapa é de vital importância (REGONAT, 2007). No Paraguai recomenda-se iniciar a colheita com uma umidade de 16,5 % e finalizá-la quando chegar a 13,5 %.

Portanto, perdas na colheita têm forte impacto econômico, apesar da alta tecnologia disponível para a colheita da cultura no Paraguai. Dessa maneira, podem ocorrer perdas durante este processo, diminuindo a produtividade e o lucro dos produtores de forma significativa. A rentabilidade final na cultura da soja está diretamente ligada à eficiência na colheita mecanizada quando realizada no estágio de maturação. No estágio de maturação inadequado, sem o devido preparo com manutenção e regulação incorreta das colhedoras, ocorrem perdas consideráveis (FERREIRA et al., 2007). De acordo com Bottega et al. (2014), os fatores que podem influenciar as perdas ocasionadas pela colhedora em forma direta são: altura de corte da plataforma da colhedora, velocidade do molinete, rotação do cilindro trilhador, abertura entre cilindro e côncavo e velocidade de deslocamento da máquina. As origens das perdas são diversas e ocorrem antes e durante a colheita. Cerca de 80 a 85 % das perdas na colheita ocorrem pela ação dos mecanismos da plataforma de corte das colhedoras; 12 % são ocasionadas pelos mecanismos internos e 3 % são causadas por deiscência natural (MAGALHÃES, 2009).

Com relação aos fatores ligados às perdas de grãos não oriundos do processo de colheita mecanizada, podem-se citar: deiscência das vagens, semeadura inadequada, ocorrência de plantas daninhas e o mau desenvolvimento da cultura; além disso, devido às incertezas climáticas podem ocorrer atrasos que prejudicam a colheita dos grãos (CHIODEROLI et al., 2012).

Para Mesquita et al. (2001), as perdas podem ser evitadas parcialmente, tomando-se alguns cuidados, tais como: monitoramento rigoroso das velocidades de trabalho da colhedora e aferição regular dos mecanismos de trilha, limpeza e separação. Câmara e Heiffi (2006) citam que, para que exista redução das perdas de grãos na colheita mecanizada, faz-se necessário o conhecimento da origem dessas perdas, sejam elas quantitativas ou qualitativas. De acordo com Manteufel (2012), a avaliação das perdas é feita por meio de determinações no campo, onde o material é recolhido em condições normais de operação, fazendo a coleta dos materiais perdidos logo após a passagem da colhedora, obtendo-se o peso desses e convertendo o valor encontrado em perda por unidade de área ou perda em porcentagem.

No Paraguai não existe parâmetro de perda aceitável por hectare ou dados estatísticos oficiais de quanto é a perda que ocorre em uma colheita mecanizada de soja. Não existe uma normativa ou programa nacional para a redução de perda na colheita mecanizada para as culturas produzidas no país. Nesse contexto, a agricultura de precisão insere-se na busca da rentabilidade por meio do

aumento da produtividade e o uso racional dos insumos (LAMBERT et al., 2006), como também da redução das perdas quantitativas produzidas na colheita.

Segundo Brusco et al. (2005), a agricultura de precisão é um sistema capaz de gerar informações agrônômicas sobre áreas de colheita e permite um acompanhamento metro a metro da lavoura, possibilitando uma ação localizada em pequenas áreas, tratando cada um desses pontos de acordo com a necessidade. Assim, aumenta-se a rentabilidade além de ajudar a proteger o meio ambiente. De acordo com Molin (2000), vários pesquisadores consideraram que os mapas de produtividade são fontes de informação mais completas, que permitem visualizar a variabilidade espacial da cultura que, por sua vez, é o momento no qual os grãos têm maior valor agregado. Entretanto, várias outras ferramentas estão sendo desenvolvidas e testadas, visando identificar regiões com valores distintos de produção em uma mesma área, como fotografias aéreas, imagens de satélite e videografia. No entanto, nenhuma informação reproduz com maior fidelidade as condições de cultivo do que a própria resposta da cultura (MOLIN, 2002).

Assim, o mapeamento analisaria o uso mais eficiente dos fatores de produção, relacionando-o com a eficiência econômica e onde um mapa de lucratividade poderia ser de melhor utilidade para o agricultor, podendo fazer uma análise econômica da propriedade, acompanhado de um mapa de perdas na colheita, além de verificar se é viável a produção da cultura, tendo uma expectativa de preço de venda dos grãos. Outra vantagem que se pode obter com o mapeamento é o controle da qualidade em operações agrícolas mecanizadas, pois o controle das operações agrícolas permite a caracterização da variabilidade e a análise da qualidade das operações (MOLIN et al., 2006). Sendo assim, objetivou-se avaliar, em uma propriedade comercial, a variabilidade espacial da produtividade e perdas quantitativas na colheita mecanizada e a lucratividade em área de produção de soja.

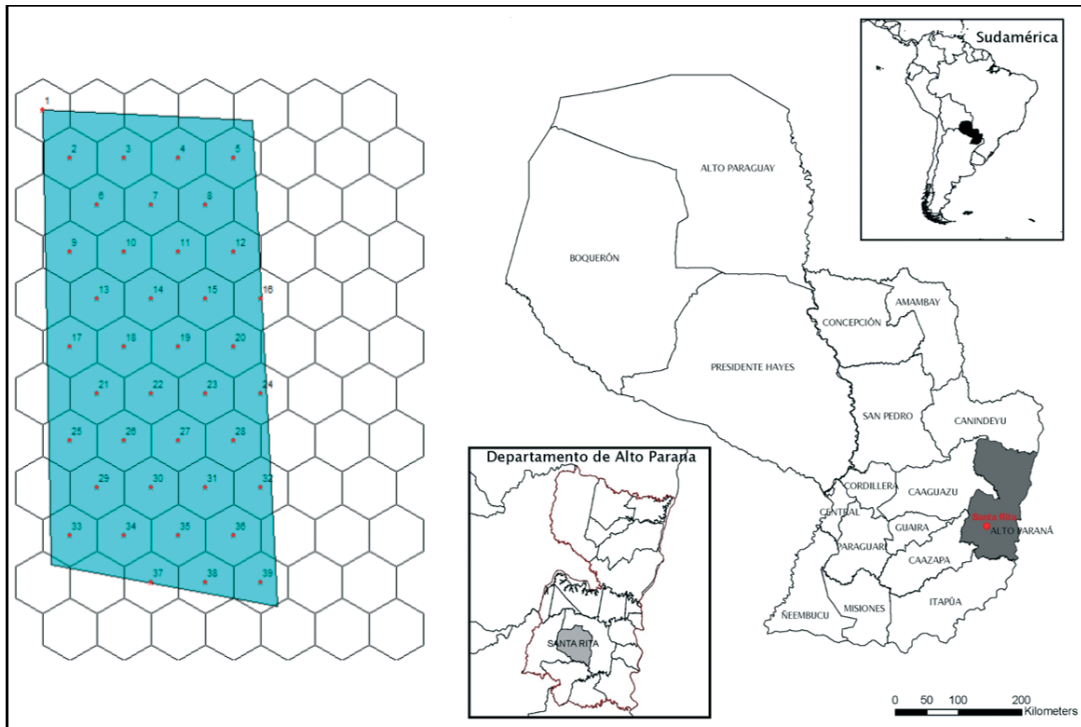
Material e métodos

A pesquisa foi realizada durante a safra 2014/2015 de soja na Fazenda Santo Antônio, localizada no Distrito de Santa Rita do Departamento de Alto Paraná (Paraguai), com coordenadas de 25°49'51" latitude Sul, 55°21'08" longitude Oeste, com uma altitude de 155 m (Datum WGS 84).

O clima da região é temperado (Subtropical), com estações seca no inverno e úmida no verão. A temperatura média durante o ciclo da cultura foi em torno de 23 °C, a umidade relativa média do ar é de 68 % e a precipitação acumulada foi de 864 mm. O solo da área experimental está classificado como Ultisol, subordem: Udult, grande grupo: Paleudult, subgrupo Rhodic Paleudult, de acordo com López et al. (1995).

A soja utilizada foi da variedade BMX Potência RR, geneticamente modificada, desenvolvida pela empresa Brasmax Genética, com ciclo de maturação de 129 dias (Ciclo médio), com uma densidade de 17 sementes por metro em espaçamento de 0,45 m entre linhas, recomendado para a região. A implantação da cultura foi em uma área de 20,90 ha, com sistema de semeadura direta. O manejo da fertilização, plantas daninhas, doenças e pragas foi realizado de acordo com as recomendações e necessidades da cultura de modo uniforme para toda a área de estudo.

Para a determinação da produtividade de grão de soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi realizada uma amostragem em malha, de modo a proporcionar o maior número de pontos possíveis para a melhor caracterização da área, de forma a configurar uma melhor distribuição espacial dos pontos, totalizando 39 pontos de colheita, como apresentado na Figura 1. A localização e distribuição geográfica de todos os pontos da amostragem foram realizadas com o programa Fram Works™ Mobile (Trimble Navigation Limited), executado por meio de um receptor GPS Trimble Juno 3B.

Figura 1. Área de pesquisa com 20,90 ha, com 39 pontos de amostragens

Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

A determinação quantitativa das perdas de grãos de soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi dividida em perdas de pré-colheita (perdas naturais), perdas de pós-colheita (perda durante a colheita mecânica) e as perdas totais (pré-colheita + pós-colheita). A densidade de amostragem, como o número de pontos e coordenadas geográficas, foi a mesma utilizada para a determinação da produtividade. Em cada ponto da amostragem foi delimitada uma área de 3 m^2 , dentro de uma armação retangular, construída com duas barras de PVC e dois cordões de nylon, com $7,0 \times 0,43 \text{ m}$, que coincidia com a largura da plataforma de corte da colhedora New Holland modelo TC59, ano 2003, com potência do motor de 220 cv (164 kW) a 2100 rpm e sistema radial de trilha. As regulagens utilizadas nos mecanismos da colhedora foram testadas antes da colheita e estavam de acordo com as recomendações do fabricante para a colheita de soja. A velocidade média de deslocamento durante a colheita da área experimental foi de $5,50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

A quantificação da produtividade e das perdas na pré-colheita foram mensuradas antes da colheita mecanizada em forma manual, em que a armação foi colocada no sentido transversal à linha de semeadura, sendo coletadas primeiramente as plantas para a determinação do rendimento e logo em seguida as sementes e vagens que estavam na superfície do solo para a quantificação das perdas. Para o caso das perdas na pós-colheita foram recolhidas todas as sementes do solo, dentro da área delimitada pela armação, logo após a passagem da colhedora, segundo metodologia proposta por Mesquita et al. (1998). Cada amostra coletada do campo foi devidamente identificada e impermeabilizada em sacolas plásticas, para mantê-las inalteradas e logo encaminhá-las ao laboratório de sementes da FCA/UNA. Determinaram-se, posteriormente, a massa e a umidade dos grãos de soja, posteriormente a umidade foi corrigida para 13 % por fator de correção em todos os pontos de colheita, como é recomendado por Portella (2000), e logo foram extrapolados para $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Após o levantamento dos dados de produção, foi realizada uma análise de custo de produção, na qual foram contemplados os gastos operacionais como sementes, fertilizantes, defensivos agríco-

las, semeadura, pulverização e colheita. As informações dos custos de produção foram padronizadas à unidade de \$.ha⁻¹, a fim de poder calcular o Lucro Bruto por hectare apresentado na Equação 1, na qual considerou-se o preço por quilograma de soja em dólares no momento que foi comercializado. O lucro ou prejuízo em cada ponto da amostragem foi obtido pela diferença entre o Lucro Bruto e o Custo de Produção da soja por meio da Equação 2.

$$Lb = Pp * Pd \quad (1)$$

Em que:

Lb: lucro bruto (\$.ha⁻¹)

Pp: preço do produto (\$.kg⁻¹)

Pd: produtividade (kg.ha⁻¹)

$$LP = Lb - Cp \quad (2)$$

Em que:

LP: lucro ou prejuízo (\$.ha⁻¹)

Lb: lucro bruto (\$.ha⁻¹)

Cp: custo de produção (\$.ha⁻¹)

Para a análise das variáveis estudadas, primeiramente foi realizada uma análise exploratória, com a finalidade de descrever os parâmetros estatísticos que auxiliaram a identificação da tendência, dispersão e forma de distribuição dos dados (homogeneidade e normalidade), por meio do software estatístico InfoStat. Nesta análise, assumiu-se que as observações eram independentes espacialmente, ou seja, as variações de um lugar a outro foram consideradas aleatórias. Com esta análise, verificou-se principalmente se existia alguma discrepância entre o valor mínimo e máximo e se os dados apresentavam distribuição normal (valores dos coeficientes de assimetria e curtose próximas de zero). Quando um conjunto de dados aproxima-se da distribuição normal, os valores de assimetria e curtose, por sua vez, aproximam-se de zero (VIEIRA; PAZ, 2003).

A análise espacial foi realizada sobre a óptica da geoestatística, levando em consideração os vizinhos mais próximos, com suas respectivas coordenadas geográficas de cada amostra coletada no campo para a construção dos semivariogramas e os modelos teóricos que melhor caracterizavam o fenômeno na área estudada. Nesta etapa, utilizou-se do software CR Campeiro 7 para identificar a estrutura da dependência espacial. Finalmente, foram construídos os mapas temáticos das variáveis analisadas.

Resultados e discussão

Na Tabela 1, são apresentados os custos diretos de produção da cultura de soja na safra 2014/2015. Verifica-se que na distribuição dos custos de produção, os fertilizantes responderam por 41,37 % dos custos, seguido pelos custos dos defensivos agrícolas com 26,83 %, logo sementes com uma participação de 16 %. Os custos na mecanização (Semeadura, pulverização e colheita) foram da ordem de 15,79 % do total. Os custos de produção de semente, fertilizantes e defensivos agrícolas representaram 84,20 % dos custos totais, portanto, o agricultor precisa avaliar esses itens com o fim de minimizar os custos de produção, sem prejuízo da produtividade da cultura.

Tabela 1. Estimativa de custo de produção ($\$.ha^{-1}$) da cultura de soja na safra de 2014/2015

Itens	Custo de Produção ($\$.ha^{-1}$)	Percentual (%)
Semente	54,00	16,00
Fertilizante	139,67	41,37
Defensivo Agrícola	90,58	26,83
Semeadura	17,53	5,19
Pulverização	15,58	4,61
Colheita	15,58	5,99
Custo total por hectare	337,60	100

Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

Na Tabela 2, pode se observar a análise exploratória (estatística descritiva) realizada para as variáveis estudadas. Todos os parâmetros apresentaram uma distribuição normal (Shapiro-Wilks). Pode-se observar que todas as variáveis analisadas apresentaram uma assimetria positiva, menos a variável de pré-colheita que foi negativa. De acordo com Issaks e Srivastava (1989), o coeficiente de assimetria detecta o grau de afastamento da média com relação à moda e à mediana, sendo esse grau o coeficiente mais usado para descrever a forma de distribuição da frequência de uma amostragem. Com relação à curtose, todos os parâmetros estudados apresentaram uma distribuição de frequência platicúrtica, com curtose menor que zero (Negativa), o que significa uma maior variabilidade em torno da média.

A produtividade média de grão de soja na área objeto de estudo foi de $3.748,63 \text{ kg}.ha^{-1}$, superior à média nacional de $2.452 \text{ kg}.ha^{-1}$ para a safra 2014/2015 (CAPECO, 2015). A produtividade mínima registrada foi de $2.898,19 \text{ kg}.ha^{-1}$, também superior à média nacional. A máxima produtividade observada foi de $5.033,35 \text{ kg}.ha^{-1}$, o dobro da média nacional. A perda média na pré-colheita foi de $12,55 \text{ kg}.ha^{-1}$ e na pós-colheita de $36,84 \text{ kg}.ha^{-1}$. As perdas máximas registradas na pré-colheita e pós-colheita foram de $20,63$ e $67,86 \text{ kg}.ha^{-1}$, respectivamente. A perda média total (pré-colheita + pós-colheita) na área analisada foi de $49,59 \text{ kg}.ha^{-1}$, na qual a perda de grãos originados pela colheita mecanizada (pós-colheita) corresponde a $74,59\%$ das perdas quantitativas totais. Camolese et al. (2015) registraram perdas na colhedora (Sistema de trilha, separação e limpeza) de $87,50\%$ na cultura de soja, semelhante aos resultados obtidos por Pinheiro e Pinheiro (2012). Também Reynaldo et al. (2015) obtiveram perdas de $78,80\%$ na colheita mecanizada de soja. Igualmente, na pesquisa realizada por Bragachini e Peiretti (2012), observou-se uma porcentagem de perda de grão na pós-colheita de 70% ; da mesma forma, Lança et al. (2009), registraram perdas de $77,80\%$ na colheita mecanizada de soja. Com relação às perdas médias na pré-colheita, a porcentagem atingida foi de 25% das perdas totais.

Para a variável lucro ou prejuízo não foram registrados em nenhum dos pontos da amostragem valores negativos ou prejuízo, evidenciando-se os benefícios dos valores pagos nos custos de produção. A lucratividade média foi de $1.252,54 \text{ } \$.ha^{-1}$. O maior lucro obtido foi de $1.857,54 \text{ } \$.ha^{-1}$ e o menor ganho foi de $837,19 \text{ } \$.ha^{-1}$. De acordo com a CAPECO (2015), a rentabilidade média para a safra 2014/2015 foi de $1.020,03 \text{ } \$.ha^{-1}$, e neste caso a lucratividade registrada na área avaliada foi em média $22,79\%$ maior. Se analisadas as perdas totais registradas na área de estudo, pode-se observar que deixou-se de colher em média $49,59 \text{ kg}.ha^{-1}$ de grão de soja, que corresponderia a uma perda de $20,63 \text{ } \$.ha^{-1}$ e como a área total da análise foi de $20,90 \text{ ha}$, o produtor deixou de ganhar

um total de 431,17 \$, em que 74,59 % (321,61 \$) correspondia às perdas na pós-colheita e o restante à perda na pré-colheita.

A variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a magnitude do seu coeficiente de variação (FREDDI et al., 2006) e de acordo com os limites propostos por Warrick e Nielsen (1980); para os coeficientes de variações (CV), os parâmetros estudados apresentaram uma variabilidade média ($12% < CV < 60%$), em que os coeficientes registraram valores de 14,16 a 46,35 %, semelhante ao encontrado por Milani et al. (2006). Por outro lado, Rosa Filho et al. (2009) estudaram a variabilidade da produtividade de grãos de soja e obtiveram um coeficiente de variação de 14 %, porém Johann et al. (2004), por sua vez, encontraram uma variabilidade da produtividade com um coeficiente de variação de 23 %. Os maiores coeficientes de variação registrados foram nas perdas de grãos. Resultados de coeficiente de variação elevados também foram observados por Mesquita et al. (2002) quando avaliaram as perdas na colheita da soja, o que pode ser justificado pela alta variabilidade das amostras encontradas, como também pode-se ver a heterogeneidade encontrada para a lucratividade, evidenciando que a área apresenta variabilidade de produtividade, uma vez que para toda a área estudada foi considerado o mesmo custo total.

Tabela 2. Resultados estatísticos das variáveis de produtividade, pré-colheita, pós-colheita, perda total e lucratividade da cultura de soja, safra de 2014/2015

Parâmetros estatísticos	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Lucro ou Prejuízo (\$.ha ⁻¹)	Perda na pré-colheita (kg.ha ⁻¹)	Perda na pós-colheita (kg.ha ⁻¹)	Perda total de grão (kg.ha ⁻¹)
Média	3.748,63	1.252,54	12,55	36,84	49,59
Mediana	3.686,67	1.223,36	13,67	36,67	51,00
Mínimo	2.898,19	852,04	2,09	11,76	18,67
Máximo	5.033,35	1.857,52	20,63	67,86	88,67
DS	530,75	249,95	5,82	7,75	13,87
CV (%)	14,16	19,96	46,35	21,04	27,86
Assimetria	0,55	0,55	-0,39	0,07	0,14
Curtoses	-0,38	-0,48	-1,13	-0,46	-0,41

*DS - Desvio-padrão, CV - Coeficiente de variação.

Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

O comportamento espacial dos dados foi analisado por meio de semivariogramas. Os parâmetros tabulados da análise geoestatística para cada uma das variáveis podem ser observados na Tabela 3. O grau de dependência espacial foi avaliado por meio da porcentagem do efeito pepita no patamar ($C_0/(C_1+Co)$) e de acordo com o critério proposto por Cambardella et al. (1994), no qual o valor máximo da semivariância menor do que 25 % faz o grau de dependência espacial ser considerado forte; quando essa relação assume grandezas entre 25 e 75 %, o grau de dependência espacial é considerado moderado; quando maior do que 75 %, fraco. Para todas as variáveis estudadas, o grau de dependência espacial foi moderado.

Tabela 3. Parâmetros dos modelos teóricos ajustados aos semivariogramas

Variáveis analisadas	Modelo	Efeito pepita Co	Patamar $C_1 + Co$	Alcance Ao (m)	Co/ $C_1 + Co$ (%)	Dependência espacial.
Produtividade	Exponencial	120.301,98	281.687,74	400	42,71	Moderada
Lucro ou Prejuízo	Exponencial	62.473,55	30.917,92	399	42,68	Moderada
Pré-colheita	Exponencial	7,67	33,820	350	25,68	Moderada
Pós-colheita	Exponencial	52,40	98,51	200	53,19	Moderada

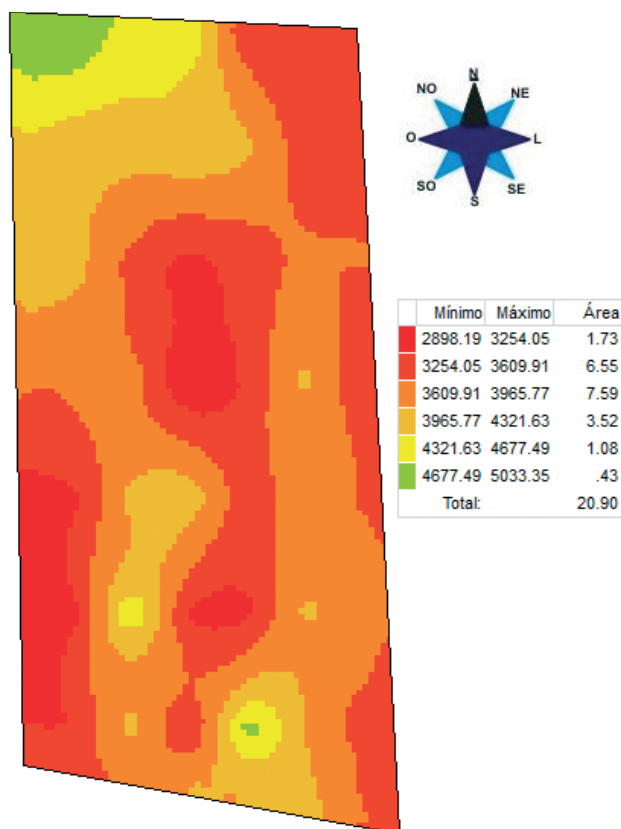
Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

Entre os modelos teóricos que melhor têm-se ajustado aos semivariogramas experimentais para os dados de produtividade, perdas e lucro corresponderam ao tipo exponencial, apresentando índices de dependência espacial de 25,68 a 42,71 %. A determinação do alcance é de suma importância para a interpretação do semivariograma, pois indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si, ou seja, os pontos localizados em uma área cujo raio seja o alcance são mais semelhantes entre si do que os separados por distâncias maiores (VIEIRA, 1997). Os valores de alcance, no geral, foram maiores do que a distância entre as amostras (100 m) e oscilaram entre 200 e 400 m. De acordo com Carvalho et al. (2002), para garantir a dependência espacial, os pontos de amostragem deveriam ser coletados a uma distância equivalente à metade do alcance. Pode-se observar que a distância de amostragens adotada no trabalho foi muito inferior à metade do alcance calculado para as variáveis de produtividade, lucro, pré-colheita e pós-colheita.

Com base nos parâmetros anteriormente analisados para as variáveis que apresentaram continuidade espacial e patamar determinado, foi efetuada a interpolação e a geração dos mapas por meio da krigagem. Os resultados obtidos no trabalho proporcionaram uma série de informações com relação à distribuição espacial da produtividade, perda e lucro na área estudada e, de acordo com Amado et al. (2007), o mapa de produtividade é uma importante ferramenta na tomada de decisão e análise de desempenho agrícola no que se refere a propriedade. Para Mantovani (2006), o mapa de produtividade é a alternativa mais completa e moderna para discriminar a variabilidade espacial das lavouras comerciais, orientando práticas de manejo, embora a geração de mapas de produtividade confiáveis exige cuidados operacionais e de tratamento dos dados.

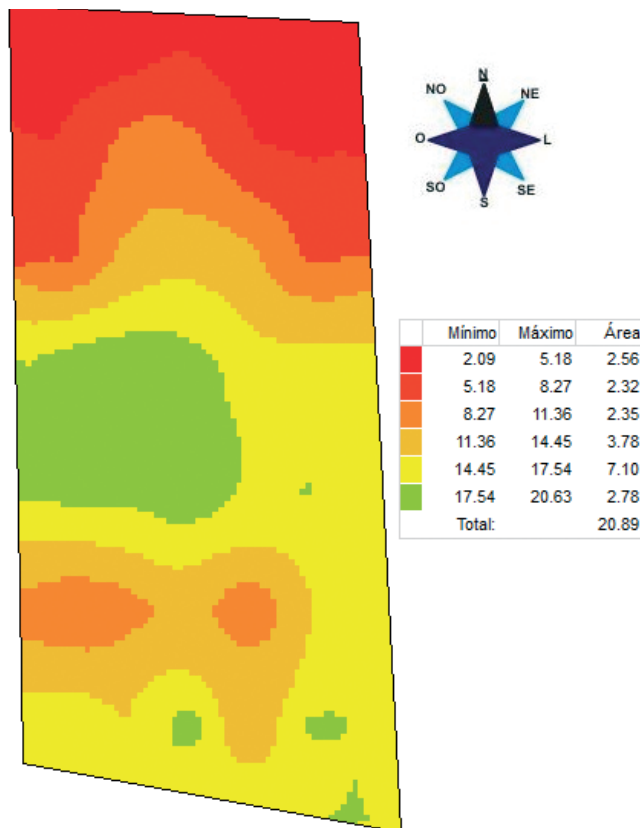
No mapa da Figura 2 é possível observar a variabilidade espacial da produtividade de soja, onde se destacam duas áreas representativas, uma de 3.254,05 a 3.609,91 kg.ha⁻¹ e outra com um rendimento de 3.609,91 a 3.965,91 kg.ha⁻¹, que representam uma área de 6,55 e 7,59 ha respectivamente e que somadas equivalem a 67,65 % da área total. O maior rendimento de grão foi entre 4.677,40 e 5.033,35 kg.ha⁻¹ em uma área de 0,43 ha, e a menor produção em uma área de 1,73 ha, com um rendimento entre 2.898,19 e 3.254,05 kg.ha⁻¹. A média da região do Alto Paraná foi de 2.738 kg.ha⁻¹ para a safra 2014/2015 (CAPECO, 2015) e como pode-se ver a produtividade alcançada nesta lavoura foi superior e está de acordo com a tecnologia e as práticas de manejo conservacionistas adotadas pelo produtor, o que pode ser considerado como eficiente para a região.

No Paraguai não existem parâmetros de tolerâncias de perdas quantitativas para a pré-colheita. Foram utilizados os valores de tolerâncias propostos pelo Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária Projeto de Eficiência de Colheita e Pós-Colheita de Grãos INTA-PRECOP (INTA MANFREDI, 2013) da Argentina e da Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA (2013).

Figura 2. Mapa da distribuição espacial da Produtividade de Soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

Para o caso das perdas na pré-colheita (Figura 3), os valores de tolerância fixados para a cultura de soja foi de zero quilograma por hectare, assim, as perdas obtidas na parcela avaliada foram superiores a este valor proposto pelas duas unidades de pesquisas mencionadas anteriormente. A perda de grãos na pré-colheita com maior representatividade foi de 14,45 a 17,54 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, registrada em uma área de 7,10 ha. As maiores perdas foram registradas em uma área de 2,78 ha, com valor de 17,54 a 20,63 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e em nenhum dos casos foram registradas perdas de grãos inferiores aos valores entre 2,09 e 5,18 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Segundo Toledo et al. (2008), as perdas de grãos na pré-colheita podem ocorrer devido à deiscência das vagens, semeadura inadequada, escolha errada da cultivar, ocorrência de plantas daninhas e mau desenvolvimento da cultura. Um outro fator a ser considerado é a pontualidade na colheita, na qual podem se apresentar atrasos, sobretudo devido às incertezas climáticas, o que pode ocasionar perdas naturais (BORGES et al., 2006). De acordo com o Ministério da Agricultura e Ganadeira do Paraguai, a colheita deve começar logo que a soja atinja o estágio fenológico R8 (Ponto de maturação de colheita), pois a partir desse estágio, a tendência é a deterioração dos grãos, proporcional ao tempo que a soja permanecer no campo. A magnitude dessas perdas ainda é desconhecida no Paraguai.

Figura 3. Mapa da distribuição espacial das perdas na pré-colheita ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

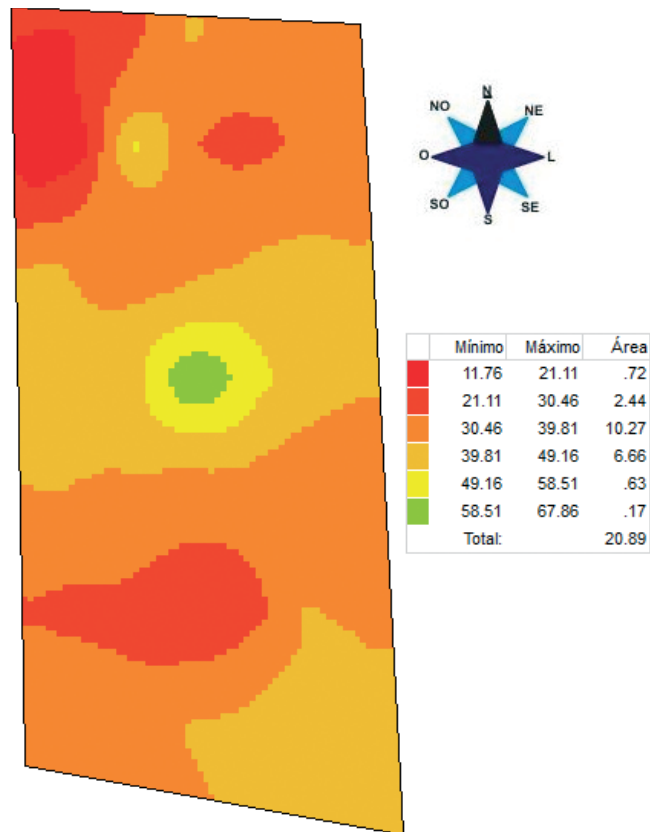
Para o caso das perdas quantitativas de grãos na pós-colheita (colheita mecanizada), a tolerância aceita é de $75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de acordo com o INTA-PRECOP, e para a EMBRAPA a tolerância é de $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Durante a colheita mecanizada não foram avaliadas separadamente as perdas na plataforma, na trilha, saca palhas e peneiras, uma vez que se tratou da área de produção comercial, evitando que a colhedora não interrompesse a operação para não interferir na capacidade de campo operacional da máquina.

Na Figura 4 podem-se observar duas regiões de perdas relevantes de grãos, uma de $30,46$ a $39,81 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e outra de $39,81$ a $49,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ambas representaram 81% ($16,93 \text{ ha}$) da área total, embora não tenha superado o limite de tolerância proposto para esse parâmetro, continuam sendo perdas para o produtor. A menor perda de grão registrada na área esteve no nível de $11,76$ a $21,11 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ em uma área de $0,72 \text{ ha}$. Em uma área de $0,17 \text{ ha}$ foram registradas perdas de grãos da ordem de $58,51$ a $67,86 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, superando ligeiramente os limites de tolerância propostos pela EMBRAPA.

Como no Paraguai não se têm dados estatísticos sobre a quantidade de grão perdida a cada ano na colheita mecanizada da soja fica difícil fazer comparações com os resultados obtidos nesta pesquisa. Outros trabalhos realizados por Campos et al. (2005) na cultura de soja no Estado de Minas Gerais apresentaram como resultados perdas de grãos de $24,0$ a $126,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Um levantamento feito pelo Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER (2005) em 440 propriedades do Estado do Paraná verificou perdas de $60,0$ a $180,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na colheita mecanizada de soja. Giordano et al. (2009) compararam as perdas de grãos durante a colheita de soja em função da evolução tecnológica das colhedoras e puderam observar perdas na ordem de $82,8$ a $129,7$

kg.ha⁻¹ em que as colhedoras mais antigas apresentaram maior percentagem de perdas. Cavalheiro et al. (2015) avaliaram as perdas de grãos na cultura de soja em duas propriedades agrícolas no município de Cascavel (PR), onde foram registradas perdas de 89,0 kg.ha⁻¹ a 87,0 kg.ha⁻¹. Zandonadi et al. (2015) determinaram as perdas na colheita de soja na região do médio norte de Mato Grosso, onde registraram valores de 70,0 kg.ha⁻¹. Viola et al. (2015) fizeram um levantamento das perdas na colheita de soja para duas regiões, Nordeste e Médio-Norte do Estado de Mato Grosso, onde as perdas médias ficaram em 58,2 e 69,3 kg.ha⁻¹ para as duas regiões respectivamente.

Figura 4. Mapa da distribuição espacial das perdas na pós-colheita (kg.ha⁻¹)



Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

Provavelmente essas perdas registradas na área analisada devem-se a fatores tais como a própria arquitetura da planta de soja, por exemplo, a inserção das vagens muito próximas ao solo, o que impossibilita a entrada das vagens à plataforma de corte da colhedora. Pesquisas realizadas por Pereira et al. (2010) confirmam que os padrões normais para altura de corte na colheita mecanizada de soja é de 0,15 m, o que pode reduzir as perdas ocasionadas por vagens não colhidas. Compagnon et al. (2012) chamam atenção para as perdas de grãos por deficiência na altura de corte, que contribuem em grande parte para as perdas de grãos de soja durante a colheita.

De acordo com Aguila, H., Aguilha, S. e Theisen (2011), é difícil acabar com todas as perdas, porém eles ressaltam a necessidade da redução dessas em um mínimo para que o lucro seja maior. Também a falta de regulação adequada da máquina, como a velocidade de deslocamento da colhedora, tem destaque especial, pois os limites recomendados para a velocidade de trabalho são de 4 a 7 km.h⁻¹ de acordo com a EMBRAPA (2013) e, quando não respeitados, o sistema de trilha da colhedora fica sobrecarregado, aumentando dessa maneira a quantidade de grãos não trilhados. Para Mesquita et al. (2006), as menores perdas de grãos de soja na colheita mecanizada são observadas

para velocidades próximas à faixa de 4,5 a 5,5 km.h⁻¹. Esse fato se evidencia mais com o aumento da idade da máquina (CUNHA; ZANDBERGEN, 2007).

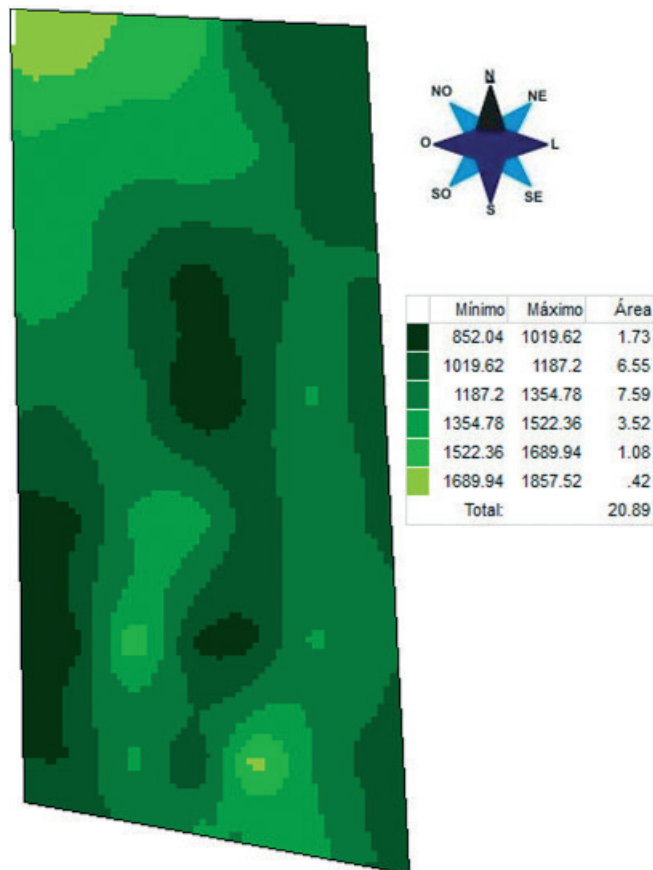
Outro fator a ser considerado é a capacidade do próprio operário; de acordo com Schanoski et al. (2011), máquinas conduzidas por operadores não treinados ocasionam perdas em torno de 150 kg.ha⁻¹ na cultura de soja. Para Alves Sobrinho e Hoogerheide (1998), a redução das perdas na colheita de soja pode ser dificultada pela baixa capacitação dos operadores. Além disso, os autores afirmam que a redução das perdas pode ser obtida se os produtores fizerem monitoramento constante da colheita.

Uma proposta para minimizar esse problema seria o monitoramento das perdas na colheita mecanizada por meio da utilização de monitores de perdas, no entanto, faltam estudos que comprovem sua eficiência e até mesmo experimentos que mostrem qual é a melhor forma de regulação para diferentes situações (CÂMARA et al., 2007). Hotz et al. (2013) mensuraram as perdas quantitativas e qualitativas das sementes de soja, colhidas em diferentes horários e dias, sujeitas aos efeitos das variações climáticas, buscando estabelecer suas correlações com a umidade da palha, grau de umidade e temperatura da semente da soja e concluíram que as perdas totais de sementes durante o processo de colheita mecanizada aumentaram com o tempo de permanência no campo.

O mapa de lucratividade tem grande importância neste contexto, pois com ele o produtor pode fazer uma análise econômica da propriedade e verificar se é viável a produção de determinada cultura antes do plantio, tendo uma expectativa de preço de venda do produto. Ao analisar a distribuição espacial da lucratividade da cultura de soja (\$.ha⁻¹) no mapa da Figura 5, podem-se observar duas regiões com maior destaque com relação ao lucro obtido na área de estudo para a safra 2014/2015.

A primeira região apresentou uma lucratividade de 1.187,20 a 1.354,78 \$.ha⁻¹, registrada em uma área de 7,59 ha e a segunda região com um lucro de 1.019,62 a 1.187,20 \$.ha⁻¹ em 6,55 ha. Se somadas ambas as superfícies, tem-se 14,14 ha, o que representa 67,65 % da área total, resultando, em média, em um lucro de 1.270,99 e 1.103,41 \$ por hectare, respectivamente. O maior lucro foi registrado em uma superfície de 0,43 ha, com uma rentabilidade de 1.689,94 a 1.857,52 \$.ha⁻¹, entretanto, esse resultado obtido não supera os 2 % da área. 16,85 % da área analisada apresentou um lucro de 1.354,78 a 1.522,36 \$.ha⁻¹. A menor lucratividade registrada foi de 852,04 a 1.019,62 \$.ha⁻¹ em uma superfície de 1,73 ha, correspondente a 8,28 % da área total. É importante destacar a semelhança na variabilidade espacial dos mapas de produtividade e lucratividade apresentados nas Figuras 2 e 5. A explicação para isto é que a lucratividade é uma função linear da produtividade (Equação 2). Dessa forma, os mapas obtidos por krigagem foram semelhantes.

Figura 5. Mapa da distribuição espacial da lucratividade da soja (R\$ ha⁻¹)



Fonte: Bonnin, J. J. (2016).

Conclusões

Com base nos resultados obtidos na análise dos semivariogramas, foi possível verificar dependência espacial moderada para todos os parâmetros avaliados no campo, observando-se regiões com maior ou menor variabilidade espacial na produtividade, perdas quantitativas de grãos e lucratividade para a cultura de soja. A produtividade média da área estudada foi de 3.748,63 kg.ha⁻¹. As perdas totais de grãos encontrados por ocasião da colheita foram baixas. A lucratividade média foi 1.252,54 \$.ha⁻¹. Essa informação permite ao produtor analisar os motivos das baixas produtividades na região objeto de estudo. Sendo assim, sugere-se um eventual estudo das propriedades físicas, assim como da fertilidade do solo, no intuito de encontrar e corrigir o problema que levou às baixas produtividades nessas regiões a fim de melhorar a relação custo/benefício, tendo como resultado um maior lucro, que é o esperado.

Spatial variability of profits, loss in productivity and crop soybean culture.

Abstract

Precision agriculture emerges as an important tool to maximize production, at which yield maps indicate the locations of critical areas, helping to make localized interventions, to increase productivity and consequently the profitability. The objective was to evaluate the spatial variability of producti-

vity and quantitative losses in mechanical harvesting and profitability of soybean production area. It carried out a survey of georeferenced data in an area of 20.90 ha. It was used geostatistical techniques for determining the spatial variability. The spatial dependence was moderate for all the studied parameters, observing regions, with more or less spatial variability in productivity in quantitative grain losses and profitability. The average yield was 3748.63 kg.ha⁻¹, at which 67.65 % of the total area of 3254.05 presented levels of productivity from 3254.05 to 3609.91 kg.ha⁻¹ and 3609.91 to 3965.91 kg ha⁻¹. The total grain losses found at harvest were low (49.59 kg.ha⁻¹). The average profit was 1,252.54 \$.ha⁻¹, with two representative profit regions from 1187.20 to 1354.78 \$.ha⁻¹ and from 1019.62 to 1187.20 \$.ha⁻¹, corresponding to 67.65 % of the total area. It is possible to state that the similarity in the spatial variability of yield maps and profitability is due to the fact that the latter was made from productivity data, which would allow the producer to investigate the reasons for low productivity, possibly suggesting a soil fertility study in order to find and fix the problem that led to low productivity, improving the cost/benefit ratio, resulting in a higher profit.

Keywords: Precision agriculture. Spatial distribution. Profitability.

Referências

AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. A.; THEISEN, G. **Perdas na colheita da cultura da soja**. Comunicado Técnico, n. 271, p. 1-12, dez. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79567/1/comunicado-271.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

ALVES SOBRINHO, T.; HOOGERHEIDE, H. C. Diagnóstico de colheita mecânica da cultura de soja no município de Dourados - MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 52-54.

CAVALHEIRO, G. A.; WUNSCH, C. A.; GANASCINI, D.; RENOSTO, L.; GURGACZ, F. Perda de grãos na colheita mecanizada das culturas de soja e milho. In: I ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO, 2015, Cascavel. **Anais...** Cascavel (PR), 2015. p. 1-4. Disponível em: <<https://www5.unioeste.br/eventos/eaicti/eaictiAnais/.../10029.doc>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; MOREIRA, J. H.; SOUZA, L. A. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, ago. 2007. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/126261/1/42n08a06.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

BORGES, J. O.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M. Programa computacional para o dimensionamento de colhedoras considerando a pontualidade na colheita. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 131-141, jan./abr., 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30104.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2016.

BOTTEGA, E. L.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. Avaliação de uma colhedora e da qualidade de sementes de forragem colhidas por varredura. Campo Digit@l: **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, Campo Mourão, v. 9, n. 1, p. 10-20, 2014. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/1662/584>>. Acesso em: 9 jan. 2016.

BRAGACHINI, M.; PEIRETTI, J. **Instrutivo para medir perdas durante la cosecha de soja**. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos - INTA PRECOP. Boletín técnico. Manfredi. 2012. Disponível em: <<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/Perdidas-Cosecha-Soja-Impactan-2013.asp>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

BRAGACHINI, M.; PEIRETTI, J.; SANCHEZ, F.; USTARROZ, F.; GIORDANO, J.; M. **Cosecha de soja com valor agregado em origen**. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos - INTA PRECOP. Atualización técnica n. 77, p. 30. Manfredi Mayo 2013. Disponível em: <<http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/cosecha/Eficiencia-Cosecha-Granos-2004.asp>> 2013.asp>. Acesso em: 25 jul. 2016.

BRUSCO, J.; SOUZA, E. G.; JUNIOR, F. A. R.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Mapas de lucratividade da soja em sistema de cultivo agricultura de precisão e cultivo convencional. In: 3° SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 6p., 2005. Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: SIAP, 2005. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/downloads/111099.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 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 America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994. Disponível em: <<http://phoenix.nal.usda.gov/bitstream/10113/18168/1/ind20518015.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. **Soja: colheita e perdas**. Piracicaba, SP, Número especial, 36p. 2006. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/biblioteca/PUBLICACAO/Serie%20Produtor%20Rural%20Especial303%20-%20Soja%20Colheita%20e%20Perdas/soja.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

CAMPOS, M. A. O.; ROUVERSON, P.; CARVALHO FILHO, A.; MESQUITA, H. B.; ZAMBANI, S. Perdas na colheita mecanizada de soja no Estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 207-213, jan./abr.2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24887.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M. A. Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Revista Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 3, n. 3, p. 215 – 223, 2012. Disponível em: <[http://Downloads/Dialnet-ComparacaoEntreMetodosDePerdasNaColheitaMecanizada-4027608%20\(2\).pdf](http://Downloads/Dialnet-ComparacaoEntreMetodosDePerdasNaColheitaMecanizada-4027608%20(2).pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2016.

CAMOLESE, H. S.; BAILO, F. H. R.; ALVES, C. Z. Perdas quantitativas e qualitativas de colhedoras com trilha radial e axial em função da umidade do grão. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Chapadão do Sul, MS, Brasil. v. 9, n. 1, p. 21-29, 2015. Disponível em: <<http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/viewFile/238/219>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, ago. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n8/11675.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p. 112-121, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n1/aop994.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2016.

Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y oleaginosas- CAPECO. **Ranking Mundial**. 2015. Disponível em: <<http://capeco.org.py/ranking-mundial-es>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

COSTA, N. P.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MESQUITA, C. M.; TAVARES, L. C. V. Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade de semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 232-237, 1996. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/462075/1/ABRATES11.PDF.18,n.2,p.232-237,1996>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

CUNHA, J. P. A. R.; ZANDBERGEN, H. P.; DIEHL, S. R. L.; JUNQUETTI, M. T. Perdas na colheita mecanizada da soja na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 61-66, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6662/4388>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS - USDA. **Las proyecciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos – Paraguay**, set. 2014. Disponível em: <<http://www.economia.com.py/economia/usda-mantiene-perspectivas-de-exportacion-de-soja-local>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

FERREIRA, I. C.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 15, n. 02, p. 141-150, abr./jun. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237486575_perdas_quantitativas_na_colheita_de_soja_em_funcao_da_velocidade_de_deslocamento_e_regulagens_no_sistema_de_trilha>. Acesso em: 12 jan. 2016.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 113-121, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30102.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

GIORDANO, J. M.; SOSA, N.; BRAGACHINI, M. Pérdidas de cosecha de trigo y soja, en función de la evolución tecnológica de las cosechadoras y la importancia de su regulación diaria. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL Y II DEL MERCOSUR, 10., 2009, Rosario, Santa Fé (Argentina). **Anais...** Rosario, Santa Fe, Argentina, 2009. Disponível em: <http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/115/misc115_128.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2016.

HOLTZ, V.; REIS, E. T. Perdas na colheita mecanizada de soja: uma análise quantitativa e qualitativa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 347-353, maio/jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v60n3/07.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA- IICA. **Observatorio IICA del sector agropecuario y forestal**. Paraguay. Disponível em: <<http://www.iica.org.py/observatorio/soja.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). **Perdas na colheita mecanizada da soja** - Safra 2004/2005. Levantamento para estudo de casos. Curitiba: EMATER-PR, 2005, 15p. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Graos/Perd_Col04_05.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2016.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. Oxford University Press, New York, ISBN 0-19-505012-6. 1989. 561 p.

JOHANN, J. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G.; ROCHA, J. V. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e da produtividade em um Latossolo Bruno Distrófico da Região de Cascavel, PR. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 212- 219, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n2-3/v8n2a08.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

LAMBERT, D.; LOWENBERG, J; MALZER, G. Economic analysis of spatial- temporal patterns in corn and soy bean response to nitrogen and phosphorus. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 1, p. 43-54, 2006. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=3725&content=PDF>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

LOPEZ, O.; GONZALEZ, E.; LLAMAS, P. A.; MOLINAS, A.; FRANCO, E.; GARCIA. S.; RIOS, E. **Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay**. Asunción, PY: MAG/SRNMA/BM/PRUT. v.1, 1995. 197 p.

MAGALHÃES, S. C.; OLIVEIRA, B.; TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; SILVA, R. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em diferentes condições operacionais de duas colhedoras. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 5, n. 25, p. 43-48, 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6983/4626>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

MANTEUFEL, M. A. **Avaliação de desempenho de duas plataformas de corte para colhedoras de grãos**. 2012. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) Faculdade de Horizontina, Horizontina, RS, Brasil. Disponível em: <<http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2012/M.Manteufel.pd332f>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MANTOVANI, E. C. **Agricultura de precisão na Embrapa**. Brasília: [s.n.], 2006. 8p. Disponível em: <http://www.ripa.com.br/fileadmin/user_upload/_temp_/Projeto_Agricultura_de_Precisao-Juho_2006.doc>. Acesso em: 12 jan. 2016.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; QUEIROZ, E. F. Influência dos mecanismos das colhedeiras e o manejo da lavoura de soja (*Glycine max* (L.) (Merril) sobre as perdas na colheita e a qualidade das sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9., 1980, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1980. p. 261-273.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; MANTOVANI, E. C.; ANDRADE, J. C. M. A.; FRANÇA NETO, J. B.; SIVA, J. G.; FONSECA, J. R.; PORTUGAL, F. A. F.; GUIMARÃES SOBRINHO, J. B. **Manual do produtor: como evitar desperdício nas colheitas de soja, do milho e do arroz**. Londrina: Embrapa Soja, 1998. 31 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/460388/manual-do-produtor-como-evitar-desperdicios-nas-colheitas-de-soja-do-milho-e-do-arroz>>. Acesso em: 19 dez. 2016.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. G. M. Caracterização da colheita mecanizada da soja no Paraná. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 197-205, 2001.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. G. M. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: safra 1998/1999. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 398-406, 2002.

MESQUITA, C. M.; HANNA, M. A.; COSTA, N. P. Crop and harvesting operation characteristics affecting field losses and physical qualities of soybeans. – Part I. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, p. 325-333, 2006. Disponível em: <<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=20449>>. Acesso em: 19 dez. 2016.

MILANI, L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3030/303026571004.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

MOLIN, J. P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. **Agricultura de precisão**. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 237-258. 2000.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002. Disponível em: <<http://pointer.esalq.usp.br/departamentos/leb/download/APP%202002.02.PDF>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N. GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 759-767, set./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n3/13.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

PEREIRA JUNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L. V. T.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 908-913, jul./ago., 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a16.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2016.

PORTELLA, J. A. **Colheita de grãos mecanizada**: implementos, manutenção e regulagem. Viçosa: Aprenda Fácil, 190 p. 2000.

REGONAT, A. **Factores de manejo que inciden en la eficiencia durante la cosecha de soja**. Hoja Informativa Económica para ayudar en las decisiones de su empresa, nº 27. EEA INTA Reconquista. 2007

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M. Avaliação de perdas de uma colhedora axial na colheita da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 44., São Pedro – SP, Brasil, 2015. **Anais...** São Pedro – SP, Brasil, 2015. Disponível em: <[http://www.downloads/898951444337893ppt-eposter-trab-aceito-0135-1%20\(1\).pdf](http://www.downloads/898951444337893ppt-eposter-trab-aceito-0135-1%20(1).pdf)>. Acesso em: 10 maio 2016.

RODRIGUES, J. L. de; MONTEIRO, L. A.; OLIVEIRA, C.; OLIVEIRA, E. S. de; MAZETTO, E. Avaliação de perdas na colheita de soja na região de Paraguaçu Paulista/SP. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL Y II DEL MERCOSUR, 10., 2009, Rosario. **Anais...** Rosário, Argentina, 2009. p. 238-245.

SILVEIRA, J. M.; CONTE, O. **Determinação de perdas na colheita de soja**: copo medidor da Embrapa. Londrina: Embrapa CNPSo, 2013. 28p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97495/1/Manual-Copo-Medidor-baixa-completo.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M. P. E; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTTI, F. F. S.; GIOIA, M. T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 283-293, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n2/06.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

SCHANOSKI, R; RIGHI, E. Z.; WERNER, V. Perdas na colheita mecanizada de soja (*Glycine max*) no município de Maripá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1206–1211, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n11/15.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

TOLEDO, A. D.; TABILEII, R. A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C; COSTA, B. O. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v28n4/11.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

VIEIRA, S. R.; PAZ GONZÁLEZ, A. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 127-138, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052003000100016>. Acesso em: 14 jan. 2016.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Revista Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051997000100019>. Acesso em: 14 jan. 2016.

VIOLA, M; ZANDONADI, R. S.; RUFFATO, S.; MOTA, B. L. da; BARBOSA, F. S.. Perdas na colheita mecanizada de soja nas regiões nordeste e médio-norte do Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 44., 2015, São Pedro – SP, Brasil. **Anais...** São Pedro-SP, 2015. Disponível em: <<http://www.downloads//545901444390459ppt-eposter-trab-a-ceito-0330-1.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic. cap. 2, p. 319-344. 1980. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000117&pid=S0100-6916201100040000300027&lng=en>. Acesso em: 1º nov. 2015.

WOLFF, R. L.; TONINI, E. Fatores relacionados com perdas de soja na colheita e suas implicações para a extensão rural. **Revista Centro Ciências Rurais**. v. 5, p. 281-285, 1975. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/revistaccr/index.php/RCCCR/article/view/157/157>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

ZANDONADI, R. S.; RUFFATO, S.; FIGUEIREDO, Z. N. Perdas na colheita mecanizada de soja na região Médio-Norte: safra 2012/2013. **Revista Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Sinop, v. 03, n. 01, p. 64-66, 2015. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/viewFile/2035/pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

Histórico Editorial:

Submetido em: 22/07/2016

Aceito em: 30/01/2017

Como citar:

ABNT

ACOSTA, J. J. B.; CABRERA, M. G.; IBRAS, R. F.; GONZÁLEZ, J. D.; CHAMORRO, S. M.; ESCOBAR, J. Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, p. 27-46, jan./mar. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181050>

APA

ACOSTA, J. J. B., CABRERA, M. G., IBRAS, R. F., GONZÁLEZ, J. D., CHAMORRO, S. M. & ESCOBAR, J. (2018). Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (1), 27-46. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181050>

ISO

ACOSTA, J. J. B.; CABRERA, M. G.; IBRAS, R. F.; GONZÁLEZ, J. D.; CHAMORRO, S. M. e ESCOBAR, J. Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 1, pp. 27-46. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181050>

VANCOUVER

Acosta JJB, Cabrera MG, Ibras RF, González JD, Chamorro SM, Escobar J. Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja. *Rev agrogeoambiental*. 2018 jan/mar; 10(1): 27-46. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181050>