

## Distribuição espacial da produção, qualidade e armazenamento de sementes de soja obtidas em várzea tropical

*Spatial distribution for yield, quality, and storage of soybean seeds obtained in the tropical lowlands*

**Edmar Vinicius de Carvalho\*** (ORCID 0000-0002-4563-2015), **Patricia Resplandes Rocha dos Santos** (ORCID 0000-0003-1388-0222), **Andressa Bruna Lima Morais** (ORCID 0000-0002-3280-3479), **Wictor Matheus da Conceição de Jesus** (ORCID 0000-0002-6460-3367), **Luigi Zanfra Provenci** (ORCID 0000-0003-4074-3514), **Cezar Neucir Freiburger** (ORCID 0000-0001-7645-7363), **Gustavo André Colombo** (ORCID 0000-0003-2297-8256)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Lagoa da Confusão, TO, Brasil. \*Autor para correspondência: edmar.carvalho@ifto.edu.br

Submissão: 23/10/2021 | Aceite: 13/01/2022

---

### RESUMO

Em um campo de produção de sementes de soja, as características relacionadas a qualidade das sementes não são uniformes e apresentam variação dentro da área de produção. O objetivo deste trabalho foi identificar a distribuição espacial da produção, da qualidade e do potencial de armazenamento de sementes de soja obtidas em condições de várzea tropical, na região de Lagoa da Confusão (Tocantins, Brasil). Adotou-se uma amostragem sistemática e malha amostral regular com distância de 100x100 m entre cada ponto (um ponto por hectare). Na colheita, as plantas foram trilhadas com as sementes sendo limpas, pesadas, secas e armazenadas até o momento das análises fisiológicas e sanitárias, realizadas à 50, 100, 150 e 200 dias após o armazenamento (DAA). Foi determinada a umidade atual do solo no momento da colheita. Os resultados mostraram que: a produtividade das sementes apresentou variação de 13,03% (195-342 g.m<sup>-2</sup>); os testes de germinação e do envelhecimento acelerado apresentaram aumento da variação com o tempo de armazenamento, com maior variabilidade neste último (24% a 96%) a 200 DAA; as propriedades analisadas apresentaram forte grau de dependência espacial, sendo possível identificar regiões com maior e menor qualidade de sementes de soja relacionadas ao vigor e também uma maior variação e distinção na área de estudo de acordo com o período de análises pós-colheita.

**PALAVRAS-CHAVE:** geoestatística; fatores ambientais; pós-colheita.

### ABSTRACT

In a soybean seed production field, the characteristics related to seed quality are not uniform since they were showing variation within the same production area. The work aimed to identify the spatial distribution of yield, quality and storage potential of soybean seeds obtained under tropical lowlands conditions, in the region of Lagoa da Confusão (Tocantins state, North region of Brazil). It used systematic sampling and regular sampling grid with 100x100 m between each point (one point per hectare). At harvest, the plants were threshed with the seeds be cleaned, weighed, dried and stored until the time of physiological and sanitary analyses. They were performed at 50, 100, 150 and 200 days after storage (DAS). Finally, the current soil moisture was also determined when the soybean was harvested. The results had shown that: seed yield varied by 13.03% (195-342 g.m<sup>-2</sup>); the germination and accelerated aging tests had shown increased variation with storage time, with greater variability (24% to 96%) at 200 DAS; the traits analyzed had shown a strong degree of spatial dependence and with these it possible to identify regions with higher and lower quality of soybean seeds related to vigor and also a greater variation and distinction in the study area according to the period of post-harvest analysis.

**KEYWORDS:** environment factors; geostatistics; postharvest.

---

### INTRODUÇÃO

O aumento de produtividade observado ao longo dos anos na cultura da soja possui relação com os avanços científicos e tecnológicos (ABATI et al. 2020), dentre estes, podem ser mencionadas as técnicas de

produção, armazenamento, controle de qualidade e tratamento de sementes (KRZYZANOWSKI et al. 2018).

No campo de produção de sementes de soja, a qualidade fisiológica e sanitária das sementes, ou seja, presença ou ausência de patógenos e anomalias fisiológicas decorrentes de estresses no campo ou armazenamento, germinação e o vigor (PEREIRA et al. 2018, VERGARA et al. 2019b) não são uniformes e apresentam variação dentro da área de produção (GAZOLLA-NETO et al. 2016, VERGARA et al. 2019a). Nesse sentido, a utilização de práticas de agricultura de precisão para mapeamento e caracterização da variabilidade espacial são importantes na busca de sistemas mais produtivos e eficientes (VERGARA et al. 2019a), visto que os fatores ambientais, genéticos e a interação entre eles influenciam a produção vegetal (MATTIONI et al. 2011).

Durante o período de entressafra no estado do Tocantins, Brasil, ocorrem condições climáticas favoráveis para a produção de sementes de soja em condições de várzea tropical como ausência de precipitação, baixa umidade relativa do ar e, no período noturno, baixas temperaturas (ALMEIDA et al. 2011), além da localização favorável do ponto de vista logístico para o escoamento da produção (PELUZIO et al. 2008). Trabalho realizado por CARVALHO et al. (2021) comprova a produção de sementes de qualidade nas várzeas tropicais com valores médios de germinação e vigor acima de 95% e 85%, respectivamente, na avaliação de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura. Outro ponto favorável para a região é que logo após o beneficiamento as sementes produzidas nas várzeas tropicais são utilizadas na safra verão seguinte.

Poucos são os estudos, consultados na literatura científica, realizados em condição de várzea no estado de Tocantins, Brasil que buscam avaliar a distribuição espacial e o tempo de armazenamento na qualidade de sementes de soja e na composição química deste importante insumo. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é identificar a distribuição espacial da produção, da qualidade e do potencial de armazenamento de sementes de soja obtidas em condições de várzea tropical.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no município de Lagoa da Confusão/TO (10°49'25"S, 49°46'10"W, 181 m), sob condições de várzea tropical, em uma área de estudo de dezessete hectares (17 ha), denominada campo de produção de sementes, durante a safra 2020/2020. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é Aw (tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno). A temperatura média anual está em torno de 25 °C com precipitação de 1.900 mm ao ano distribuída entre os meses de outubro e abril (SEPLAN 2012).

O plantio do campo de sementes de soja, com a cultivar Soy Rubi IPRO (Hábito determinado, GMR = 8,2), foi realizado em 15 de maio de 2020, sob palhada de arroz, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e população de 14 plantas por metro linear. A adubação de semeadura foi realizada com 300 kg ha<sup>-1</sup> de 4-20-20 (NPK). Outros tratamentos culturais foram realizados adotando o padrão utilizado na região das várzeas tropicais para a produção de sementes, como o manejo de irrigação por subsuperfície.

Para a coleta de dados na área estudo, foi elaborado um mapa de contorno com os pontos de monitoramento distribuídos a cada 100x100 metros (resultando 17 pontos na área estudo) seguindo amostragem sistemática e malha amostral regular na obtenção de amostras representativas (VERGARA et al. 2019a). Dentro de cada ponto de monitoramento, foram colhidas as plantas de cinco subamostras de 1 m<sup>2</sup>, sendo uma no ponto central e as outras quatro distantes 15 m do ponto central nas direções Norte, Sul, Leste e Oeste. Foram retiradas ainda amostras de solo em cada ponto central, na camada de 0-20 cm, para determinação do teor de umidade do solo no momento da colheita. O teor de umidade do solo no momento da colheita foi determinado com uso do método da umidade atual descrito por VIANA et al. (2017).

A colheita das plantas ocorreu uma semana após terem apresentado 95% das vagens secas, correspondendo o estádio R8 da escala de FEHR et al. (1971). Após a colheita, as plantas foram trilhadas com as sementes sendo limpas e secas até 12% de umidade (base seca), pesadas e armazenadas sob condições controladas (temperatura de 12 °C ± 0,3 °C) até o momento das análises químicas e de qualidade fisiológica e sanitária. A produtividade de sementes foi convertida para g.m<sup>-2</sup>.

Para as análises químicas, as sementes foram moídas e retiradas três amostras de cada ponto amostral (triplicata), em seguida, foram pesadas em balança de precisão para determinação do teor de óleo (TO - %), utilizando o método de Soxhlet segundo IAL (2005) e do teor de proteína (TP - %) utilizando o método de Kjeldahl com base na determinação do nitrogênio total seguindo o preconizado por AOAC (1975).

As análises para determinação da qualidade fisiológica e sanitária das sementes, de cada ponto amostral, foram realizadas 50, 100, 150 e 200 dias após o armazenamento das sementes, que são:

- Média do peso quatro subamostras de 1.000 sementes (g).

- Média percentual de sementes esverdeadas presentes em quatro subamostras de 50 sementes (%).
- Teste de germinação: uso de quatro subamostras de 50 sementes que foram semeadas em papel "germitest" que foi umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos dos papéis foram mantidos em germinador regulado a 25 °C. Com base na Regra de Análise de Sementes (BRASIL 2009a), foram feitas a primeira contagem (cinco dias - G5) e a contagem final de germinação (oito dias - G8) de plântulas normais (%).
- Teste de tetrazólio: segundo metodologia descrita em BRASIL (2009a) e proposta por FRANÇA NETO et al. (1998) para verificação da viabilidade e vigor das sementes, usando quatro subamostras de 50 sementes (%).
- Envelhecimento acelerado: usando quatro subamostras de 50 sementes, que foram colocadas em camada única sobre uma tela acondicionada em caixa do tipo gerbox, sobre 40 mL de água, e mantidas a 41 °C por 48 horas (MARCOS-FILHO 2015). Após, foi realizado o teste de germinação em laboratório com realização de uma única contagem no quinto dia e com os valores expressos em %.
- Sanidade: baseado no método de papel filtro de acordo com descrito em BRASIL (2009b), com o uso de duas subamostras de 50 sementes. As sementes foram coladas em caixas tipo gerbox estéreis, com duas camadas de papel filtro umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a sua massa. Após, as sementes foram alocadas em câmara de incubação (BOD) sob condições de fotoperíodo de 12 h e temperatura de 25 ± 0,3 °C, durante cinco dias. Após o período de incubação, foi realizada a análise dos fungos presentes nas sementes por meio de microscópio estereoscópico e ótico, visualizando as características morfológicas das estruturas fúngicas. A identificação a nível de gênero dos fungos foi realizada com base em literaturas especializadas (BARNETT & HUNTER 1998, WATANABE 2010). Após, foram estimadas a frequência e a incidência dos fungos com base no descrito por LEVIĆ et al. (2011), com os valores expressos em %.

Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva (média, variância, coeficiente de variação, assimetria e curtose), à análise multivariada e à análise geoestatística.

A análise multivariada foi realizada usando os dados de cada período de armazenamento, por meio da análise de fatores com base nos critérios descritos por HAIR JR et al. (2006) e FIGUEIREDO FILHO & SILVA JÚNIOR (2010), com extração dos fatores pelo método dos componentes principais e uso da rotação *varimax* para estabelecimento das cargas fatoriais, para verificação da relação entre as variáveis avaliadas.

A análise geoestatística foi realizada por meio de semivariograma definido com base na estimativa do erro mediante a validação cruzada e ajuste ao método Weight Least Squares - WLS. A dependência espacial foi estimada de acordo com CAMBARDELLA et al. (1994) e a krigagem foi usada como método de interpolação para elaboração dos modelos digitais com raio máximo de levantamento de 100 m. Foi utilizado o critério para classificação do grau de dependência espacial, proposto por CAMBARDELLA et al. (1994): forte (<25%); moderada (25%-75%) e; fraca (>75%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se pela Tabela 1, que a produtividade de grãos variou de 195,10 a 342,32 g.m<sup>-2</sup> (CV = 13,03%) com uma umidade da semente, no momento da colheita, entre 8,30% e 21,90% (CV = 14,61%). A umidade do solo, no momento da colheita, ficou entre 24,30% e 40,20% (CV = 9,40%). Os teores de óleo e proteína apresentaram valores médios de 21,82% e 35,79%, respectivamente, e com uma menor variação (CV < 3,22%) (Tabela 1).

GAZOLLA-NETO et al. (2016) encontraram coeficiente de variação de 9,86% para a produtividade de grãos, com valores médios próximos aos obtidos na presente pesquisa. MÜLLER et al. (2018) encontraram produtividade média de 4.148 kg ha<sup>-1</sup> com um coeficiente de variação de 15,21% em estudo da variabilidade espacial de qualidade de sementes de soja. Em estudo similar, BUSS et al. (2019) encontraram produtividade média de 3.370 kg ha<sup>-1</sup> e coeficiente de variação de 11,54%. A variabilidade da produtividade dentro de uma área pode estar relacionada com a falta de uniformidade de variáveis químicas ou físicas do solo (MATTIONI et al. 2011) além de fatores climáticos e genéticos (MÜLLER et al. 2018).

Os teores de óleo e proteína estão próximos aos obtidos por CARVALHO et al. (2021) em experimentos de campo na região da várzea tropical/TO, na safra 2019/2019. Em relação a assimetria, resultados positivos indicam maior concentração de valores acima da média e resultados negativos, a maior presença de valores menores (GAZOLLA-NETO et al. 2016). Neste aspecto, a umidade da semente, umidade do solo e o teor de proteína apresentaram predominância de valores altos.

Tabela 1. Produtividade, umidade de solo e teores de óleo e proteína para sementes de soja obtidas em campos de sementes em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

Table 1. Yield, soil and seed moisture and oil and protein contents of soybean in seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.

Característica	Máx.	Mín.	Média	S	CV	Assimetria	Curtose
Prod.	342,32	195,10	275,55	35,89	13,03	-0,17	-0,20
U. Semente	21,90	8,30	14,66	3,20	14,61	0,19	-0,04
U. Solo	40,20	24,30	30,56	3,78	9,40	0,69	0,45
Óleo	23,13	20,37	21,82	0,70	3,21	-0,25	-0,56
Proteína	38,06	34,00	35,79	1,07	2,99	0,22	-0,58

Prod = produtividade de grãos em g.m<sup>-2</sup>. U. Semente = umidade da semente na colheita, em %. U. Solo = umidade do solo na colheita, em %. Óleo e Proteína = teor de óleo e de proteína, respectivamente, nas sementes, em %. S = desvio padrão. CV = coeficiente de variação, em %.

O peso de mil sementes variou entre 152,37 a 227,80 g com coeficiente de variação entre 13,21% a 15,10%, considerando todas as avaliações. Em relação ao percentual de sementes esverdeadas, os valores observados ficaram entre 1% e 27%, com um coeficiente de variação superior (Tabela 2).

Tabela 2. Qualidade fisiológica de sementes de soja obtidas em campos de sementes em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

Table 2. Physiological quality of soybean seeds obtained from seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.

Caract.	Máx.	Mín.	Média	S	CV	Assimetria	Curtose
Peso de mil sementes (g)							
50 dias	227,80	177,00	199,72	213,34	14,60	7,31	0,28
100 dias	220,95	169,28	195,16	202,74	14,23	7,29	0,06
150 dias	205,13	152,37	179,12	228,17	15,10	8,43	0,03
200 dias	219,00	171,00	192,50	174,52	13,21	6,86	0,25
Percentual de sementes esverdeadas (%)							
50 dias	19,00	1,00	12,15	4,33	35,64	-0,63	0,51
100 dias	27,00	3,00	10,68	5,88	55,06	1,00	1,22
150 dias	13,00	3,00	5,68	2,24	39,44	1,99	4,27
200 dias	12,00	1,00	6,00	3,09	51,50	-0,07	-0,93
Primeira Contagem de Germinação (%)							
50 dias	97,00	72,00	88,56	6,39	7,22	-0,87	0,42
100 dias	97,00	66,00	82,75	10,76	13,00	0,01	-1,60
150 dias	98,00	61,00	83,12	12,30	14,80	-0,60	-1,01
200 dias	92,00	39,00	77,12	15,64	20,28	-1,38	0,54
Contagem Final de Germinação (%)							
50 dias	99,00	86,00	94,62	3,99	4,22	-0,84	-0,68
100 dias	99,00	74,00	89,81	8,23	9,16	-0,74	-1,03
150 dias	98,00	66,00	86,62	10,62	12,26	-0,69	-0,95
200 dias	94,00	40,00	79,06	15,79	19,97	-1,41	0,61
Envelhecimento Acelerado (%)							
50 dias	96,00	57,96	82,36	11,93	14,49	-0,76	-0,72
100 dias	95,00	64,00	79,56	9,22	11,59	0,00	-1,30
150 dias	95,00	39,00	74,25	18,55	24,98	-0,76	-1,05
200 dias	96,00	24,00	66,31	22,78	34,35	-0,53	-1,01

50, 100, 150 e 200 dias = dias após a colheita. S = desvio padrão. CV = coeficiente de variação, em %.

Nota-se que para primeira contagem de germinação, contagem final e os resultados do envelhecimento acelerado, os coeficientes de variação aumentaram com os dias após a

colheita/armazenamento, com os valores médios diminuindo (Tabela 2). Na contagem final da germinação, os valores variaram de 40% a 99% e no envelhecimento acelerado de 24% a 96%, indicando que dentro da área avaliada existem regiões com sementes com padrões elevados e baixos de qualidade fisiológica. Resultados positivos estão relacionados a diversos fatores, como condições climáticas favoráveis durante os estágios R7 e R8 e umidade de semente adequada (VERGARA et al. 2019a). A diminuição da germinação de sementes de soja com o armazenamento também foi observada por ZUFFO et al. (2017) e PEREIRA et al. (2018) e que relacionaram com a ocorrência do processo de deterioração com o tempo e que permite diferenciar os lotes de sementes quanto ao vigor.

Ao comparar os valores de coeficiente de variação do envelhecimento acelerado com os obtidos na contagem final de germinação, verifica-se que no primeiro houve maior variabilidade dos resultados em todas as avaliações realizadas. Segundo MATTIONI et al. (2011) o vigor, estimado pelo envelhecimento acelerado, é mais sensível as mudanças do ambiente de cultivo em comparação a viabilidade (estimada pelo teste de germinação) sendo mais fácil de visualizar a variação presente na área com os resultados deste teste.

Os resultados do teste de tetrazólio, vigor e viabilidade, apresentaram maior precisão com os valores médios tendo pequenas alterações em função do tempo de avaliação, como mostra a Tabela 3, estando entre 66% e 92% (vigor) e 86% e 100% (viabilidade). Segundo GAZOLLA-NETO et al. (2015), valores de germinação, teste de tetrazólio e envelhecimento acelerados de 90%, 94% e 92% revelam alta qualidade fisiológica das sementes, e que confirma que dentro da área de estudo existem regiões com sementes de alto e baixo padrão.

Tabela 3. Vigor e viabilidade de sementes de soja obtidas em campos de sementes em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

Table 3. Vigor and viability of soybean seeds obtained from seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.

Caract.	Máx.	Mín.	Média	S	CV	Assimetria	Curtose
Vigor (%)							
50 dias	90,00	72,00	82,94	4,87	5,87	-0,49	-0,65
100 dias	92,00	69,00	83,12	5,65	6,80	-0,54	0,23
150 dias	90,00	66,00	79,56	6,26	7,87	-0,29	-0,59
200 dias	91,00	73,00	82,31	5,88	7,14	-0,07	-1,45
Viabilidade (%)							
50 dias	100,00	86,00	95,62	3,46	3,62	-1,14	1,15
100 dias	100,00	87,00	95,43	3,59	3,76	-0,85	-0,05
150 dias	99,00	87,00	94,12	2,84	3,02	-0,83	0,43
200 dias	100,00	90,00	96,00	3,03	3,16	-0,36	-1,11

50, 100, 150 e 200 dias = dias após a colheita. S = desvio padrão. CV = coeficiente de variação, em %.

A determinação da qualidade sanitária das sementes, de cada ponto amostral, foi realizada aos 50, 100, 150 e 200 dias após a colheita. Durante o período de armazenamento, foram detectadas a presença de fungos nas sementes obtidas em campo, sendo do gênero *Fusarium* com maior frequência (CV = 31,11%, moderado), seguido por *Cladosporium* e *Aspergillus* (Tabela 4). Também foram observadas presença de outros cinco gêneros, em menor grau.

Fungos dos gêneros *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Fusarium* spp. podem sobreviver mesmo em condições ideais de armazenamento das sementes de soja, porém durante o período de armazenamento pode ocorrer a redução da percentagem de tais fungos (FERREIRA et al. 2019). Além destes, fungos do gênero *Cercospora* também são observados em sementes de soja e que apresentam diminuição de viabilidade com o tempo de armazenamento das sementes (KRZYŻANOWSKI et al. 2019).

Os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* são responsáveis pela produção da maioria das micotoxinas (PRESTES et al. 2019), e suas presenças nas amostras é um indicativo da deterioração das sementes ou grãos de cereais e oleaginosas (MARQUES et al. 2009). ZUFFO et al. (2017) observaram a presença de fungos dos gêneros *Colletotrichum* sp., *Phomopsis* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Semitectum* sp., *Cercospora* sp. e *Alternaria* sp., em sementes de soja e ainda destacaram serem os mais observados no Brasil, corroborando com gêneros também detectados neste trabalho.

A Tabela 4 mostra dados de incidência de fungos que apresentaram maior frequência de associação

as amostras de sementes de soja, sendo *Aspergillus*, *Fusarium* e *Cladosporium*, com o gênero *Fusarium* apresentando as maiores médias de incidência (> 22%) e valores máximos (até 97% - 150 dias após a colheita). No tocante ao coeficiente de variação (CV), os elevados valores observados possuem relação com as diferenças encontradas nos pontos amostrais dentro da área de estudo, em que em alguns pontos foi registrado o valor zero, por exemplo. Resultados semelhantes foram encontrados por NOETZOLD et al. (2014) na avaliação da variabilidade espacial de *Colletotrichum truncatum* em campo de sementes de soja.

Tabela 4. Frequência e incidência de fungos em sementes de soja obtidas em campos de sementes em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

Table 4. Frequency and incidence of fungi in soybean seeds obtained from seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.

Caract.	Máx.	Mín.	Média	S	CV	Assimetria	Curtose
Frequência de Fungos (gênero, em %)							
<i>Aspergillus</i>	62,50	0,00	34,37	19,63	57,11	-0,19	-1,37
<i>Cercospora</i>	25,00	0,00	8,59	10,91	127,01	0,55	-1,54
<i>Choanephora</i>	12,50	0,00	1,56	4,26	273,08	2,05	2,39
<i>Cladosporium</i>	75,00	0,00	42,18	20,34	48,22	-0,57	-0,67
<i>Fusarium</i>	100,00	12,50	82,81	25,76	31,11	-1,50	1,20
<i>Macrophomina</i>	75,00	0,00	13,28	20,13	151,58	1,76	2,66
<i>Penicillium</i>	62,50	0,00	7,81	17,00	217,67	2,14	3,87
<i>Rhizopus</i>	12,50	0,00	1,56	4,26	273,08	2,06	2,40
Incidência de <i>Aspergillus</i> (%)							
50 dias	1,00	0,00	0,06	0,25	400,00	3,28	9,36
100 dias	24,00	0,00	2,50	5,85	234,00	3,06	8,38
150 dias	3,00	0,00	0,50	1,09	218,00	1,56	0,64
200 dias	50,00	0,00	12,92	14,89	115,25	1,11	0,05
Incidência de <i>Fusarium</i> (%)							
50 dias	56,00	0,00	26,50	20,67	78,00	-0,04	-1,64
100 dias	90,00	0,00	22,68	21,94	96,74	1,63	2,77
150 dias	97,00	0,00	41,18	37,43	90,89	0,15	-1,84
200 dias	96,00	1,00	27,37	27,65	101,02	1,25	0,52
Incidência de <i>Cladosporium</i> (%)							
50 dias	13,00	0,00	6,18	3,76	60,84	-0,27	-0,74
100 dias	21,00	0,00	8,81	7,35	83,43	0,29	-1,43
150 dias	6,00	0,00	0,63	1,54	246,40	2,63	6,24
200 dias	-	-	-	-	-	-	-

50, 100, 150 e 200 dias = dias após a colheita. S = desvio padrão. CV = coeficiente de variação, em %.

As análises multivariadas, de cada período de armazenamento, foram realizadas entre as características de campo e as obtidas em laboratório, sendo que a inclusão das características nas análises seguiu o descrito por HAIR JR et al. (2006) e FIGUEIREDO FILHO & SILVA JÚNIOR (2010). Nesse ponto, a produtividade de grãos foi incluída somente nas análises com os dados de 50 e 100 dias após a colheita/armazenamento (Tabelas 5 e 6).

O sinal das cargas fatoriais nos componentes principais, positivo ou negativo, revela o sentido da associação entre as variáveis agrupadas num mesmo componente. Ao observar o primeiro componente principal (CP1) obtido nas análises com os dados de 50 e 100 dias após a colheita, a produtividade de grãos esteve associada de maneira positiva com a umidade da semente e o peso de mil sementes e; de maneira negativa com os resultados da primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e teor de óleo.

O vigor e a viabilidade das sementes apresentaram relação positiva, nas avaliações realizadas 50, 100 e 150 dias após a colheita (Tabelas 5 e 6). Ao considerar os dados das duas últimas avaliações (150 e 200 dias após a colheita), a primeira contagem de germinação, a germinação, o envelhecimento acelerado, o vigor e a viabilidade apresentaram relações positivas (Tabela 6).

Relação negativa entre o teor de proteína e incidência e/ou frequência de fungos do gênero *Fusarium*

foi observada em todas as avaliações realizadas. De maneira similar, relação negativa foi observada entre o teor de óleo e a incidência de *Fusarium*, nas avaliações feitas 100, 150 e 200 dias após a colheita. VERGARA et al. (2019a) encontraram relação positiva do teor de proteína com variáveis relacionadas a qualidade fisiológica de sementes de soja e negativa com os danos causados por percevejos. Segundo CARVALHO & NAKAGAWA (2012) sementes com alta qualidade fisiológica tendem a ter altos teores de proteína em função de que condições desfavoráveis afetam a síntese proteica.

Tabela 5. Autovalores, variância explicada (%) e cargas fatoriais associadas aos componentes principais extraídos (CP) a partir das características obtidas em campos de sementes de soja em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020, avaliadas aos 50 e 100 dias após a colheita.

Table 5. Eigenvalues, explained variance (%) and factor loadings associated with the extracted principal components (CP) from the characteristics obtained in soybean seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season, and evaluated at 50 and 100 days after the harvest.

Característica	Cargas Fatoriais					
	50 dias após a colheita			100 dias após a colheita		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
Produtividade <sup>1</sup>	0,62	0,37	-0,15	0,65	0,11	0,30
Umidade da Semente <sup>1</sup>	0,84	0,39	0,23	0,89	0,38	-
Umidade do Solo <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-
Peso de mil sementes	0,81	0,30	-	0,86	0,21	0,12
% Sementes Esverdeadas	0,61	-0,48	0,10	-	-	-
1ª Contagem de Germinação	-0,62	-0,14	-0,46	-0,82	-0,27	0,18
Germinação	-	-	-	-0,82	-0,18	0,34
Envelhecimento Acelerado	-0,94	-0,13	-0,13	-0,77	-0,44	0,19
Vigor	0,14	0,81	0,16	-0,16	-	0,92
Viabilidade	0,16	0,93	0,17	0,13	-0,10	0,95
Teor de Óleo	-0,76	0,25	-	-0,74	0,25	0,16
Teor de Proteína	-0,14	-0,20	-0,90	-0,13	-0,86	0,25
Frequência de <i>Fusarium</i>	-	-	-	0,22	0,93	-
Incidência de <i>Fusarium</i>	-	-	0,95	0,92	-	-
Autovalores	4,01	2,27	2,08	5,37	2,18	2,16
Variância explicada (%)	0,37	0,21	0,19	0,45	0,18	0,18

<sup>1</sup> = avaliação feita somente no momento da colheita.

Tabela 6. Autovalores, variância explicada (%) e cargas fatoriais associadas aos componentes principais extraídos (CP) a partir das características obtidas em campos de sementes de soja em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020, avaliadas aos 150 e 200 dias após a colheita.

Table 6. Eigenvalues, explained variance (%) and factor loadings associated with the extracted principal components (CP) from the characteristics obtained in soybean seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state), 2020 season, and evaluated at 150 and 200 days after the harvest.

Característica	Cargas Fatoriais					
	150 dias após a colheita			200 dias após a colheita		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
Produtividade <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-
Umidade da Semente <sup>1</sup>	-0,84	-0,22	0,42	0,73	-0,46	0,46
Umidade do Solo <sup>1</sup>	-	-	-	0,68	0,46	-
Peso de mil sementes	-0,63	-0,38	0,22	0,71	-0,16	0,16
% Sementes Esverdeadas	-	-	-	-	-	-
1ª Contagem de Germinação	0,60	0,67	-0,27	-0,44	0,82	-0,20
Germinação	0,62	0,71	-0,24	-0,34	0,87	-0,23
Envelhecimento Acelerado	0,57	0,72	-0,31	-0,54	0,73	-0,38
Vigor	-	0,92	0,27	0,18	0,91	-
Viabilidade	0,17	0,86	-0,25	-	-	-
Teor de Óleo	0,86	-	0,19	-0,69	0,44	0,15
Teor de Proteína	0,11	0,20	-0,87	-	0,16	-0,89
Frequência de <i>Fusarium</i>	-0,20	-	0,94	0,12	-	0,95
Incidência de <i>Fusarium</i>	-0,84	-0,19	0,32	0,93	-0,14	-
Autovalores	3,71	3,34	2,36	3,48	3,47	2,18
Variância explicada (%)	0,34	0,30	0,22	0,32	0,32	0,20

<sup>1</sup> = avaliação feita somente no momento da colheita.

Em todas as análises geoestatísticas realizadas, as variáveis apresentaram grau de dependência espacial forte segundo a classificação de CAMBARDELLA et al. (1994), com exceção do percentual de sementes esverdeadas aos 200 dias após a colheita que apresentou grau moderado (Tabelas 7, 8 e 9). Entretanto, em algumas das variáveis o valor do alcance foi menor que a distância entre cada ponto amostral (100 m). MATTIONI et al. (2011), GAZOLLA-NETO et al. (2015) e VERGARA et al. (2019a) obtiveram resultados que demonstram que na avaliação da qualidade de sementes de soja o uso de um ponto por hectare (malha amostral de 100x100 m) foi eficiente para obtenção de amostras representativas.

Tabela 7. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para características obtidas em campos de sementes de soja em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

*Table 7. Parameters of the semivariogram adjusted for characteristics obtained in soybean seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.*

Característica	Modelo	Alcance (m)	GDE	C <sub>0</sub>
Produtividade	Gaussiano	100	Forte	0,00
Umidade Semente	Gaussiano	107	Forte	2,00
Umidade Solo	Gaussiano	65	Forte	1,00
Teor de Óleo	Gaussiano	19	Forte	0,00
Teor de Proteína	Gaussiano	100	Forte	0,00

GDE = grau de dependência espacial com classificação segundo CAMBARDELLA et al. (1994). C<sub>0</sub> = Efeito pepita.

Tabela 8. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para características obtidas em campos de sementes de soja em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

*Table 8. Parameters of the semivariogram adjusted for characteristics obtained in soybean seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.*

Característica	Modelo	Alcance (m)	GDE	C <sub>0</sub>
Peso Mil sementes (g)				
50 dias	Gaussiano	57	Forte	9,00
100 dias	Gaussiano	62	Forte	15,00
150 dias	Gaussiano	79	Forte	12,00
200 dias	Gaussiano	46	Forte	25,00
Percentual de sementes esverdeadas (%)				
50 dias	Exponencial	121	Forte	2,00
100 dias	Gaussiano	129	Forte	0,00
150 dias	Gaussiano	172	Forte	0,00
200 dias	Gaussiano	116	Moderada	4,00
Primeira Contagem de Germinação (%)				
50 dias	Exponencial	2	Forte	0,00
100 dias	Gaussiano	100	Forte	0,00
150 dias	Gaussiano	100	Forte	0,00
200 dias	Gaussiano	83	Forte	12,00
Contagem Final de Germinação (%)				
50 dias	Gaussiano	136	Forte	0,00
100 dias	Gaussiano	64	Forte	0,00
150 dias	Gaussiano	100	Forte	0,00
200 dias	Gaussiano	107	Forte	14,00
Envelhecimento Acelerado (%)				
50 dias	Esférico	95	Forte	0,00
100 dias	Gaussiano	54	Forte	0,00
150 dias	Gaussiano	94	Forte	48,00
200 dias	Gaussiano	107	Forte	122,00

GDE = grau de dependência espacial com classificação segundo CAMBARDELLA et al. (1994). C<sub>0</sub> = Efeito pepita.

O alcance representa a distância limite em que os pontos amostrais possuem correlação espacial e distâncias superiores ao alcance indicam a não dependência espacial a partir deste ponto (BRIDA et al. 2016, GAZOLLA-NETO et al. 2016). Ainda, quanto menor o alcance, menos pontos serão utilizados na geração dos mapas e com isso baixa qualidade na estimativa de valores não amostrados. Esta baixa qualidade pode ter relação com o uso de grids amostrais não suficientes para capturar a variabilidade especial das características, e que segundo OLIVEIRA et al. (2015) demanda o uso de malhas amostrais mais densas.

Desse modo, os mapas de variabilidade espacial somente foram gerados para as características em que o alcance foi igual ou maior que a distância entre os pontos amostrais: produtividade, umidade da semente, teor de proteína, percentual de sementes esverdeadas, primeira contagem de germinação (100 e 150 dias após a colheita), contagem final de germinação (50, 150 e 200 dias após a colheita), envelhecimento acelerado (200 dias após a colheita), vigor (50, 150 e 200 dias após a colheita), viabilidade (150 e 200 dias após a colheita), frequência dos fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Fusarium* e a incidência de *Fusarium* aos 50, 150 e 200 dias após a colheita.

Tabela 9. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para características obtidas em campos de sementes de soja em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

Table 9. Parameters of the semivariogram adjusted for characteristics obtained in soybean seed fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.

Característica	Modelo	Alcance (m)	GDE	C <sub>0</sub>
<b>Vigor (%)</b>				
50 dias	Gaussiano	100	Forte	1,00
100 dias	Esférico	95	Forte	0,00
150 dias	Gaussiano	100	Forte	0,00
200 dias	Gaussiano	100	Forte	0,00
<b>Viabilidade (%)</b>				
50 dias	Esférico	95	Forte	0,00
100 dias	Exponencial	67	Forte	0,00
150 dias	Exponencial	100	Forte	0,00
200 dias	Gaussiano	100	Forte	0,00
<b>Frequência de Fungos (gênero)</b>				
<i>Aspergillus</i>	Gaussiano	100	Forte	0,00
<i>Cladosporium</i>	Esférico	100	Forte	0,00
<i>Fusarium</i>	Gaussiano	100	Forte	132,00
<b>Incidência <i>Fusarium</i> (%)</b>				
50 dias	Esférico	100	Forte	0,00
100 dias	Gaussiano	52	Forte	60,00
150 dias	Esférico	100	Forte	65,00
200 dias	Esférico	110	Forte	32,00

GDE = grau de dependência espacial com classificação segundo CAMBARDELLA et al. (1994). C<sub>0</sub> = Efeito pepita.

Os mapas gerados revelam a variação observada na estatística descritiva e permitiram identificar regiões de maior e menor qualidade, com base nas características avaliadas (Figuras 1, 2 e 3), com as avaliações relacionadas ao vigor das sementes e/ou realizadas num período maior após a colheita apresentando maior variação e distinção da área de estudo.

As variações observadas na distribuição espacial da qualidade das sementes de soja em função do período de armazenamento (50 a 200 dias após a colheita) são comuns e observadas em outros estudos sobre a temática, como o realizado por VERGARA et al. (2019a). Ainda, GAZOLLA-NETO et al. (2015) e VERGARA et al. (2019a) encontraram distribuição não uniforme da qualidade de sementes de soja num campo de produção, ou seja, numa mesma área foram observadas regiões com sementes de qualidade superior e inferior.

A identificação destas regiões é importante para a destinação das sementes dentro das Unidades de Beneficiamentos e a realização do descarte parcial do campo (MATTIONI et al. 2011). Tal ação é justificada pelo fato de que sementes com menor qualidade apresentam tendência de maior atividade respiratória em comparação as sementes de qualidade superior e durante o armazenamento espera-se que a diferença entre elas aumente (VERGARA et al. 2019a).

Com relação a sanidade das sementes, FERREIRA et al. (2019) observaram menor germinação e vigor em sementes de soja contaminadas com fungos. No presente estudo, as regiões com sementes tendo maior frequência de *Cladosporium*, incidência de *Fusarium* aos 50 dias após a colheita e percentual de sementes esverdeadas (100 dias após a colheita) apresentaram menores valores de vigor (150 e 200 dias após a colheita), viabilidade (150 dias após a colheita), teor de proteína, primeira contagem de germinação (150 dias após a colheita), germinação (150 e 200 dias após a colheita) e envelhecimento acelerado (200 dias após a colheita).

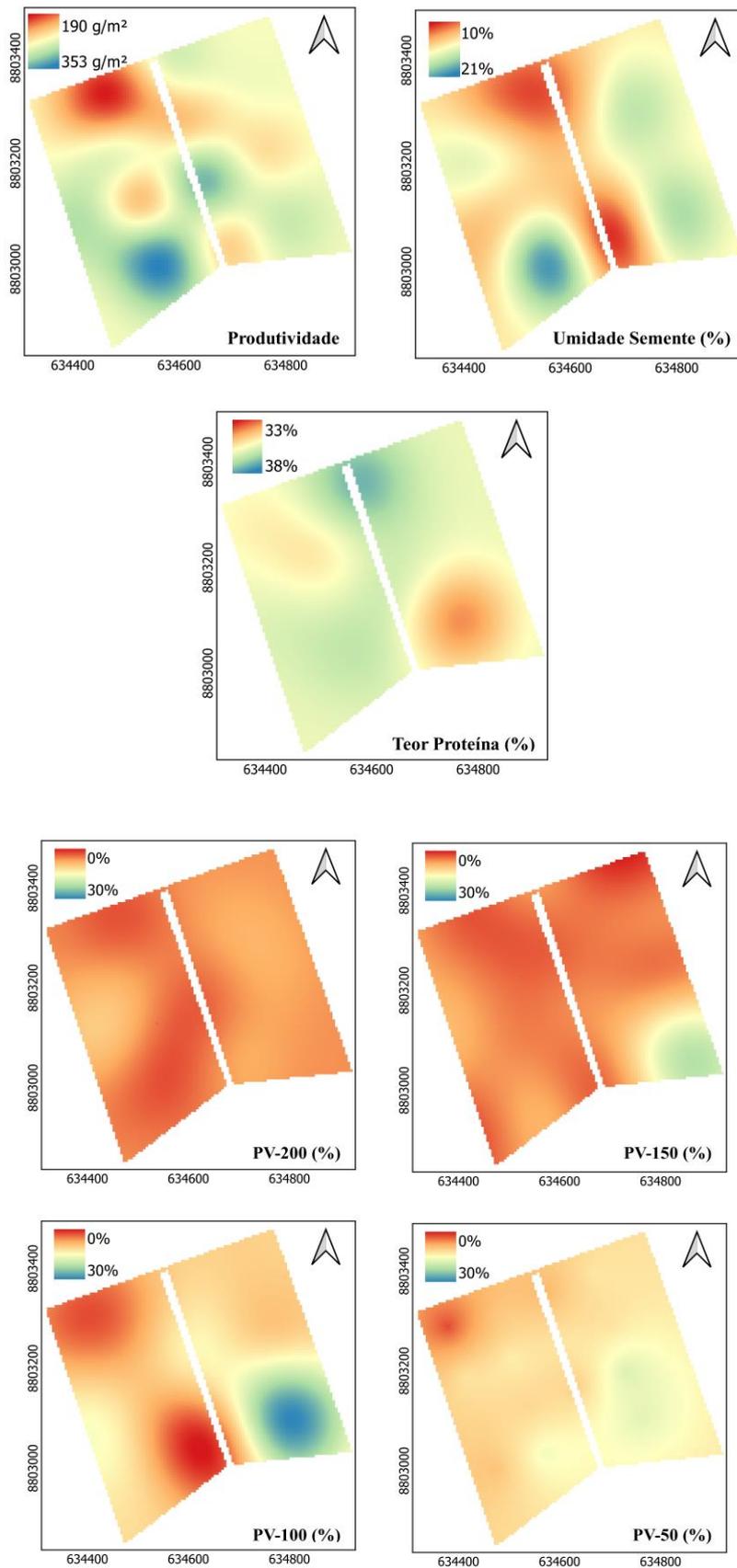


Figura 1. Mapas da distribuição espacial da produtividade de sementes ( $g \cdot m^{-2}$ ), umidade de sementes (%), teor de proteína (%) e percentual de sementes esverdeadas (PV, em %) em sementes de soja obtidas em campos de produção em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

Figure 1. Spatial distribution maps of seed yield ( $g \cdot m^{-2}$ ), seed moisture (%), protein content (%) and percentage of greenish seeds (PV, in %) in soybean seeds obtained from production fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.

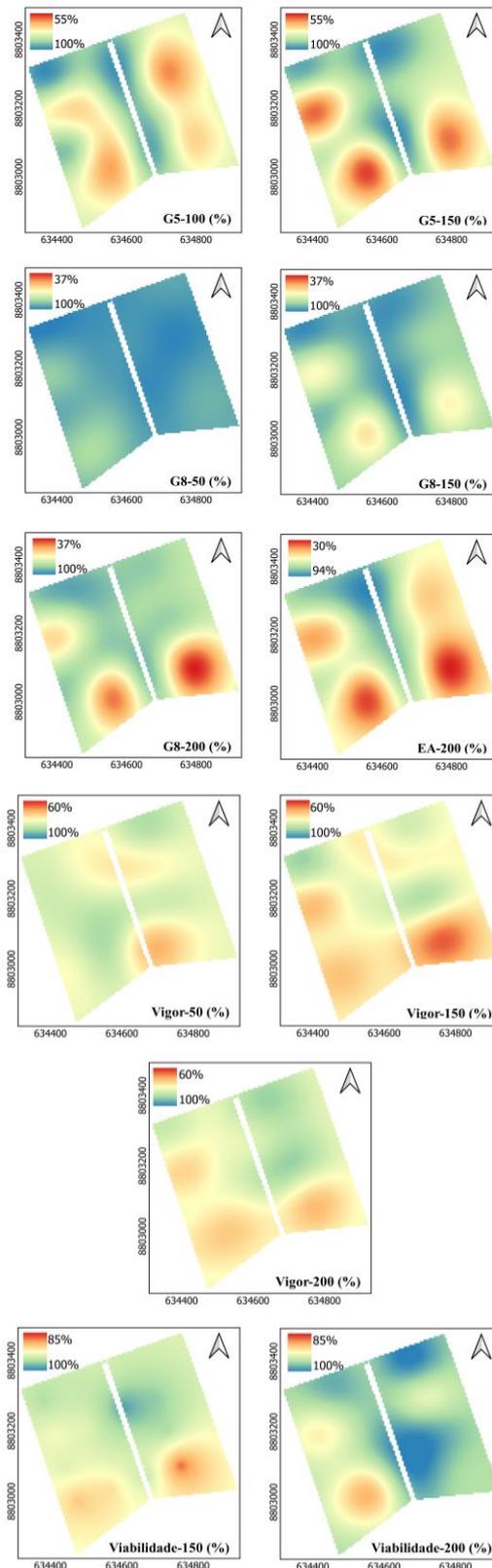


Figura 2. Mapas da distribuição espacial da primeira contagem de germinação (100 e 150 dias após a colheita, G5 e em %), germinação (50, 150, e 200 dias após a colheita, G8 e em %), envelhecimento acelerado (200 dias após a colheita, EA e em %), vigor (50, 150 e 200 dias após a colheita, em %) e da viabilidade (150 e 200 dias após a colheita, em %) de sementes de soja obtidas em campos de produção em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

*Figure 2. Spatial distribution maps of the first germination count (100 and 150 days after harvest, G5 and in %), germination (50, 150, and 200 days after harvest, G8 and in %), accelerated aging (200 days after harvest, EA and in %), vigor (50, 150 and 200 days after harvest, in %) and viability (150 and 200 days after harvest, in %) of soybean seeds obtained in production fields in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.*

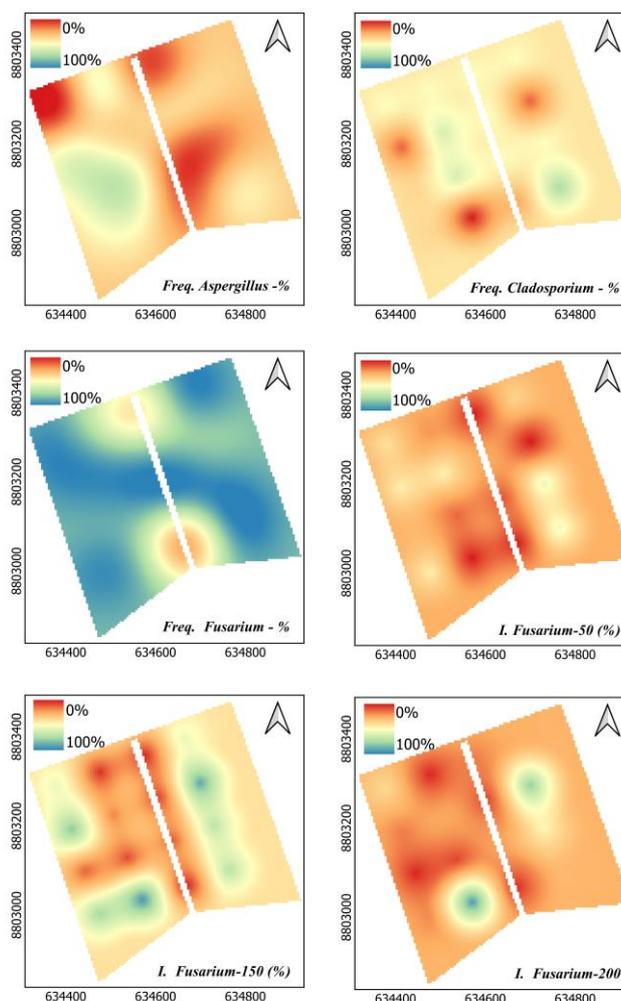


Figura 3. Mapas da distribuição espacial da frequência (freq. - %) dos gêneros fúngicos *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Fusarium* e Incidência (I) do gênero *Fusarium* (50, 150 e 200 dias após a colheita, em %) em sementes de soja obtidas em campos de produção em Lagoa da Confusão/TO, safra 2020.

Figure 3. Spatial distribution maps of the frequency (freq. - %) of the fungal genera *Aspergillus*, *Cladosporium* and *Fusarium* and Incidence (I) of the genus *Fusarium* (50, 150 and 200 days after harvest, in %) in soybean seeds obtained in fields of production in Lagoa da Confusão (Tocantins state, Northern Brazil), 2020 season.

## CONCLUSÃO

Foi possível identificar a variabilidade espacial na maioria das características avaliadas no campo de sementes de soja em condições de várzea tropical, com a identificação de regiões com sementes de qualidade superior ou inferior. Nas demais características, como o teor de óleo, deve-se utilizar malha amostral mais densa para identificação da distribuição espacial.

Os resultados dos testes de germinação, de tetrazólio e de envelhecimento acelerado apresentaram resultados similares quando realizados em período maior após a colheita/armazenamento das sementes (150 e 200 dias).

As avaliações relacionadas ao vigor das sementes, tal como o envelhecimento acelerado, e/ou realizadas em um período maior após a colheita apresentaram maior variação e distinção na área de estudo, facilitando a identificação de regiões com sementes de qualidade superior ou inferior.

Os fungos do gênero *Fusarium* apresentaram maior ocorrência e incidência na área de estudo e apresentaram relação negativa com o teor de proteína e de óleo nas sementes, com regiões com maior incidência aos 50 dias após a colheita apresentando sementes com menor qualidade.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins pelo apoio financeiro para  
Rev. Ciênc. Agrovet., Lages, SC, Brasil (ISSN 2238-1171)

execução da pesquisa e concessão de bolsa produtividade do primeiro autor e de bolsa de iniciação científica do terceiro autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica do quinto autor.

## REFERÊNCIAS

- ABATI J et al. 2020. Physiological response of soybean seeds to spray volumes of industrial chemical treatment and storage in different environments. *Journal of Seed Science* 42: e202042002.
- ALMEIDA RD et al. 2011. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado do Tocantins. *Revista Ciência Agronômica* 42: 108-115.
- AOAC. 1975. Association of Official Analytical Chemists Official methods of analysis. 12.ed. Washington.
- BARNETT HL & HUNTER BB. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Saint Paul: APS Press.
- BRASIL. 2009a. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS.
- BRASIL. 2009b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Análise Sanitária de Sementes. Brasília: Mapa/ACS.
- BRIDA AL et al. 2016. Variabilidade espacial de *Meloidogyne javanica* em soja. *Summa Phytopathologica* 42: 172-179.
- BUSS RN et al. 2019. Spatial and multivariate analysis of soybean productivity and soil physical-chemical attributes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 23: 446-453.
- CAMBARDELLA CA et al. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal* 58: 1501-1511.
- CARVALHO EV et al. 2021. A época de semeadura na produção de sementes de soja em condições de várzea tropical. *Revista Sítio Novo* 5: 100-117.
- CARVALHO NM & NAKAGAWA J. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal-SP: FUNEP.
- FEHR WR et al. 1971. Stage of development descriptions for soybeans (*Glycine max* L. Merrill). *Crop Science* 11: 929-931.
- FERREIRA TF et al. 2019. Sanitary quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. *Journal of Seed Science* 41: 293-300.
- FIGUEIREDO FILHO DB & SILVA JÚNIOR JA. 2010. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. *Opinião Pública* 16: 160-185.
- FRANÇA NETO JB et al. 1998. Teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: Embrapa - CNPSo. (Documentos 116).
- GAZOLLA-NETO A et al. 2015. Distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em campo de produção. *Revista Caatinga* 28: 119-127.
- GAZOLLA-NETO A et al. 2016. Spatial distribution of the chemical properties of the soil and of soybean yield in the field. *Revista Ciência Agronômica* 47: 325-333.
- HAIR JR JF et al. 2006. *Multivariate Data Analysis*. 6.ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- IAL. 2005. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL.
- KRZYŻANOWSKI FC et al. 2019. Physiological and sanitary performance of soybean seeds during storage after phosphine fumigation. *Journal of Seed Science* 41: 280-285.
- KRZYŻANOWSKI FC et al. 2018. A alta qualidade de sementes de soja: fator importante para a produção da cultura. Londrina: Embrapa Soja. (Circular Técnica, 134).
- LEVIĆ J et al. 2011. Frequency and incidence of *Pyrenochaeta terrestres* in root internodes of different maize hybrids. *Journal of Phytopathology* 159: 424-428.
- MARCOS-FILHO J. 2015. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina-PR: ABRATES.
- MARQUES OJ et al. 2009. Incidência fúngica e contaminações por micotoxinas em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. *Acta Scientiarum* 31: 667-675.
- MATTIONI NS et al. 2011. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção. *Revista Brasileira de Sementes* 33: 608-615.
- MÜLLER DH et al. 2018. Spatial variability in soybean seeds quality and in chemical attributes of the soil of a production field in the Brazilian Cerrado. *Journal of Seed Science* 40: 25-35.
- NOETZOLD R et al. 2014. Variabilidade espacial de *Colletotrichum truncatum* em campo de soja sob três níveis de sanidade de sementes. *Summa Phytopathologica* 40: 16-23.
- OLIVEIRA IA et al. 2015. Use of Scaled Semivariograms in the Planning Sample of Soil Chemical Properties in Southern Amazonas, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 39: 31-39.
- PELUZIO JM et al. 2008. Comportamento de cultivares de soja sob condições de várzea irrigada no sul do Estado do Tocantins, entressafra 2004. *Bioscience Journal* 24: 75-80.
- PEREIRA LC et al. 2018. Physiological potential of soybean seeds over storage after industrial treatment. *Journal of Seed Science* 40: 272-280.
- PRESTES ID et al. 2019. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. *Scientia Agropecuaria* 10: 559-570.
- SEPLAN. 2012. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas: SEPLAN.

- VERGARA R et al. 2019a. Space distribution of soybean seed storage potential. *Revista Caatinga* 32: 399-410.
- VERGARA R et al. 2019b. Atraso na colheita, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja. *Journal of Seed Science* 41: 506-513.
- VIANA JHM et al. 2017. Umidade Atual. In: TEXEIRA PC. (Ed.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3.ed. Brasília-DF: Embrapa. p.28-30.
- WATANABE T. 2010. *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species*. Boca Raton: CRC Press.
- ZUFFO AM et al. 2017. Physiological and sanitary quality of soybean seeds harvested at different periods and submitted to storage. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 47: 312-320.