

Diagnóstico da relação de degradação de solo e planta em área de cultivo de *Eucalyptus urophylla* com a presença de térmitas e formigas

Diagnosis of the relationship between soil and plant degradation in a *Eucalyptus urophylla* cultivation area with the presence of termites and ants

Diagnóstico de la relación del suelo y la degradación de las plantas en el area de cultivo de *Eucalyptus urophylla* con la presencia de termitas y hormigas

Recebido: 20/04/2021 | Revisado: 26/04/2021 | Aceito: 30/04/2021 | Publicado: 14/05/2021

Paulo Ricardo de Sena Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3327-0707>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: pauloricardosena@mail.uft.edu.br

Cibelle Christine Brito Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2658-3983>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: cibelle.agro@gmail.com

Jossimara Ferreira Damascena

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7020-8507>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: jossi_agro@hotmail.com

Fabiano Rocha da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2065-0804>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: silvafabianorocha@gmail.com

Ítalo Cordeiro Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6326-7974>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: italo.lima@ifto.edu.br

Rone da Silva Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2101-7509>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: ronedasilva7@gmail.com

Antonio Clementino dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7943-7923>
Universidade Federal do Norte do Tocantins, Brasil
E-mail: antclementino@yahoo.com

Resumo

Térmitas e formigas são agentes bióticos com alto nível de diversificação, indicando degradação do solo e deficiência nutricional do mesmo. Com os danos causados por eles, no solo e em plantas de eucalipto, faz-se necessário o controle dessas pragas, de maneira que, para o sucesso da aplicação do manejo integrado de pragas, a avaliação populacional desses indivíduos é fundamental, sendo imprescindível saber como eles se distribuem no campo. Dessa forma, objetivou-se investigar a dinâmica de distribuição espacial de ninhos de formigas e termitas em uma área de floresta plantada de eucalipto, bem como estudar o impacto causado por essas pragas no solo e na planta. Na avaliação dos atributos no plantio de *Eucalyptus urophylla* foram cinco: (1) o número de árvores mortas, (2) número de formigueiro e (3) número de ninhos de térmitas, (4) área dos formigueiros e (5) área dos ninhos de térmitas. Para os atributos de área de ninhos de formiga e térmitas foi coletado de 3 a 5 amostras das áreas, em seguida realizou a média, a fim de corresponder a cada ponto georreferenciado. Houve uma distribuição irregular dos ninhos de formigas e de térmitas pela área de estudo, atenuando a invasão do capim, principalmente em locais com maior número de ninhos de formigas, recomendando a manutenção deste povoamento em função destes agentes bióticos na área.

Palavras-chave: Cupinzeiros; Ninhos de formiga; Solo degradado; Povoamento de eucalipto.

Abstract

Termites and ants are biotic agents with a high level of diversification, indicating soil degradation and nutritional deficiency. With the damage caused by them, in the soil and in eucalyptus plants, it is necessary to control these pests, so that, for the success of the application of integrated pest management, the population assessment of these individuals is essential, and it is essential to know how they are distributed in the field. Thus, the objective was to investigate the dynamics of spatial distribution of ant and termite nests in an area of eucalyptus planted forest, as well

as to study the impact caused by these pests on the soil and on the plant. In the evaluation of the attributes in the planting of *Eucalyptus urophylla*, there were five: (1) the number of dead trees, (2) the number of anthill and (3) the number of termite nests, (4) the area of the anthills and (5) the area of the termite nests. For the ant nest and termite attributes, 3 to 5 samples from the areas were collected, then averaged in order to correspond to each georeferenced point. There was an irregular distribution of ant and termite nests throughout the study area, attenuating the invasion of grass, mainly in places with a greater number of ant nests, recommending the maintenance of this population due to these biotic agents in the area.

Keywords: Termites; Ant nests; Degraded soil; Eucalyptus stand.

Resumen

Las termitas y las hormigas son agentes bióticos con un alto nivel de diversificación, lo que indica degradación del suelo y deficiencia nutricional. Con el daño que causan, en el suelo y en las plantas de eucalipto, es necesario el control de estas plagas, por lo que, para el éxito de la aplicación del manejo integrado de plagas, la evaluación poblacional de estos individuos es fundamental, y es fundamental para saber cómo se distribuyen en el campo. Así, el objetivo fue investigar la dinámica de distribución espacial de nidos de hormigas y termitas en un área de bosque plantado de eucaliptos, así como estudiar el impacto que estas plagas provocan en el suelo y en la planta. En la evaluación de los atributos en la plantación de *Eucalyptus urophylla* hubo cinco: (1) el número de árboles muertos, (2) el número de hormigueros y (3) el número de nidos de termitas, (4) el área de Los hormigueros y (5) el área de los nidos de termitas. Para los atributos de hormiguero y termitas, se recolectaron de 3 a 5 muestras de las áreas, luego se promediaron para corresponder a cada punto georreferenciado. Hubo una distribución irregular de hormigueros y nidos de termitas en toda el área de estudio, atenuando la invasión de pastos, principalmente en lugares con mayor número de hormigueros, recomendándose el mantenimiento de esta población debido a estos agentes bióticos en la zona.

Palabras clave: Montículos de termitas; Nidos de hormigas; Suelo degradado; Soporte de eucalipto.

1. Introdução

Costa & Araldi (2014), afirmam que os recursos necessários e utilizados pelo homem, desde os seus primórdios, para a sua sobrevivência e evolução tais como alimentos, remédios, gomas, resinas, corantes, óleos, fibras e a madeira, são fontes de matérias primas fundamentais para fabricação de inúmeros artigos indispensáveis à vida humana, são fornecidos pela floresta. A história da devastação dos ecossistemas florestais mundiais indica que as florestas naturais foram e continuam sendo impactadas pela exploração.

Ao contrário do desmatamento, o reflorestamento é uma forma de manejo que visa diminuir a pressão sobre as áreas de vegetação nativa e, portanto, contribuindo para a conservação da biodiversidade. No entanto, as imensas áreas de florestas de monocultura proporcionam condições que são favoráveis ao desenvolvimento de doenças e, particularmente, de insetos que, adaptados aos novos nichos ecológicos, tornaram-se pragas. Embora somente cerca de 1% das espécies de insetos podem ser consideradas, de alguma forma, prejudicial ao homem eles provocam prejuízos de bilhões de dólares por ano em todo o mundo (Gabriel et al., 2013; Costa & Araldi, 2014).

O setor florestal brasileiro vem sendo afetado por pragas de importância econômica, principalmente em áreas reflorestadas por eucalipto devido o ataque de pragas exóticas que tem proporcionado grandes prejuízos (Pessoa et al., 2021). Dentre os insetos, os cupins estão entre os mais abundantes em solos de florestas tropicais, representando um dos grupos mais dominantes (Bandeira et al., 2003; Sales, 2010). Constantino (1999) e Sales (2010), afirmam que pode haver em um hectare de floresta tropical, um número de espécies de térmitas maior que em todo o continente europeu. Algumas delas podem causar danos à agricultura, pastagens e florestas. Das 2.750 espécies de cupins (Ordem Blattodea) fora do mundo, apenas 10% estão registrados como pragas, tendo, como o dano principal, a degradação da madeira, ocasionado pelos cupins dos gêneros *Cryptotermes* e *Coptotermes* (Constantino, 1999)

As formigas ocupam vários nichos presentes no ambiente terrestre e podem sobreviver a extremas condições abióticas, fator que caracteriza a adaptação do grupo frente a mudanças ambientais no ecossistema e que evidência uma problemática quanto a sua presença em ambientes não desejados como, por exemplo, áreas agrícolas em que são consideradas pragas que oneram custos sob a produção e estabelecimento do cultivo (Siqueira et al., 2017). Com o avanço da fronteira

agrícola e uso de áreas remanescentes do Cerrado, as formigas têm buscado meios para a sua sobrevivência, consequentemente tornando-se organismos cada vez mais presentes e causadores de importunios para produtores, em especial para aqueles interessados em plantios florestais (Forti; Andrade & Ramos, 2000; Costa et al., 2001).

Quando controle de insetos-praga em reflorestamentos é realizado sem conhecimento dos padrões de distribuição espacial dos diversos grupos, pode ocasionar em falhas no monitoramento espaço-temporal, gerando impactos negativos que são indesejáveis ao ambiente e ao homem. A distribuição espacial de insetos em *Eucalyptus* spp. pode ser de três formas: agregada, aleatória ou uniforme (Silva et al., 2014). É fundamental conhecer a distribuição espacial e temporal de insetos florestais para o uso de métodos de controle adequados, determinação do nível de dano, incorporando dinâmica espacial dentro do modelo populacional e otimizando técnicas de amostragem (Zanuncio et al., 2000; Silva et al., 2014).

A hipótese é que a presença dos cupinzeiros e ninhos de formiga em área de cultivo de eucalipto, indica degradação do solo e danos morfológicos, fisiológicos e econômicos em plantas de eucalipto, por meio da redução dos valores dos atributos químicos e físicos do solo. Dessa forma, nessa pesquisa, objetivou-se investigar a dinâmica de distribuição espacial de ninhos de formigas e térmitas em uma área de floresta plantada de eucalipto, bem como estudar o impacto causado por essas pragas no solo e na planta.

2. Metodologia

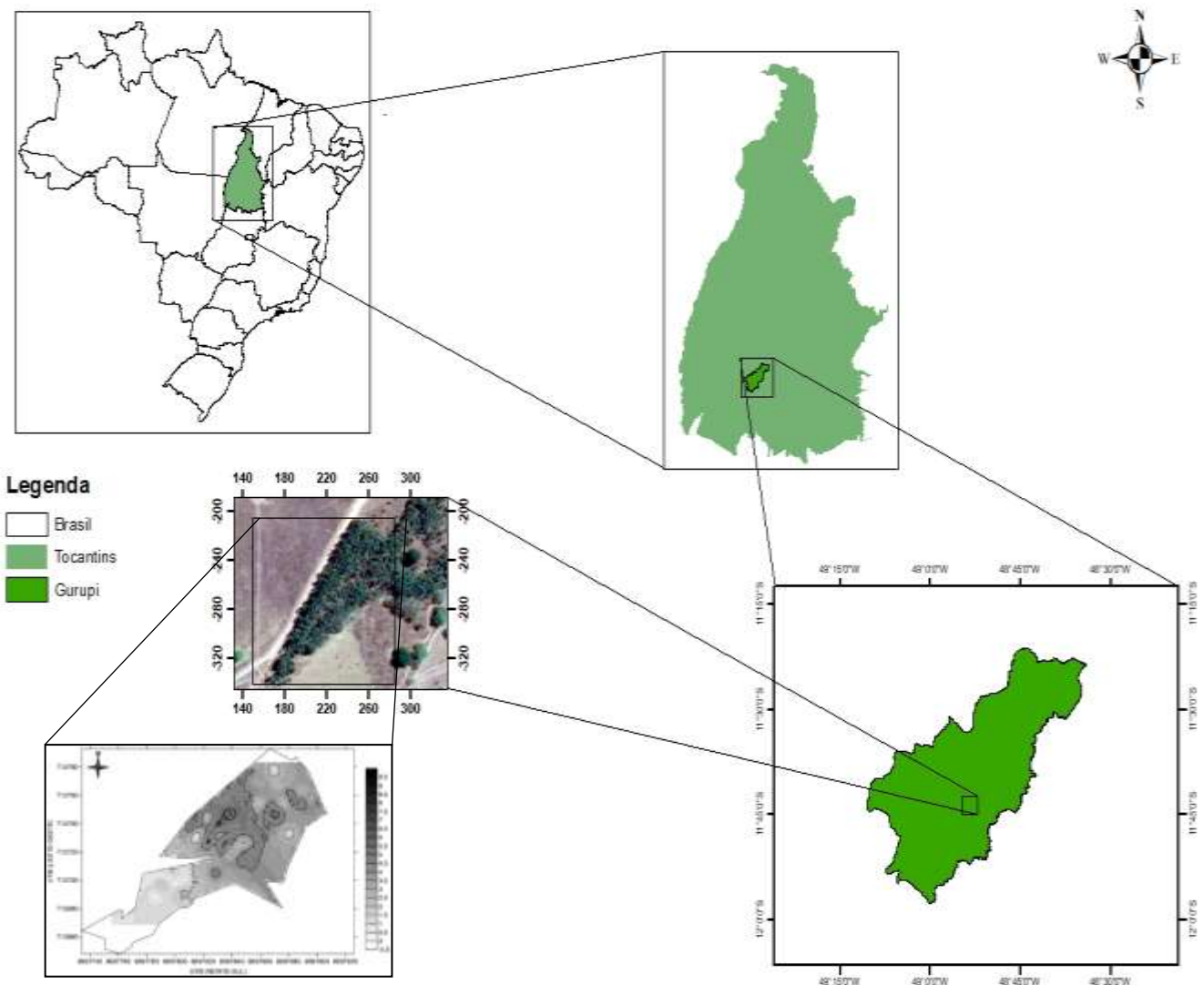
2.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins – UFT. A propriedade se encontra no município de Gurupi - TO, sob as coordenadas geográficas de 11°46'22" S e 49 °02'52" W (Figura 1) com altitude de 287 m.

A Estação Experimental localiza-se próximo ao Campus Universitário de Gurupi com 138 ha de área total, constituindo 38 ha de Reserva Legal de vegetação remanescente com domínio do Bioma Cerrado e sua fitofisionomia é caracterizada por cerrado *sensu stricto* (Ribeiro; Walter, 2008) e a topografia é caracterizada por superfícies planas ou ligeiramente onduladas, compreendendo Latossolo como tipo de solo dominante (EMBRAPA, 2013).

A temperatura a média anual da região é de 29,5°C, a precipitação média anual de 1430 mm e de acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é caracterizado como do tipo B1wA'a' – úmido com moderada deficiência hídrica (Alvares et al., 2013) e, também é definida como tipo AW – clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (TOCANTINS, 2012).

Figura 1 - Localização do plantio de *Eucalyptus urophylla* na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins no município de Gurupi - TO.



Fonte: Autores (2021).

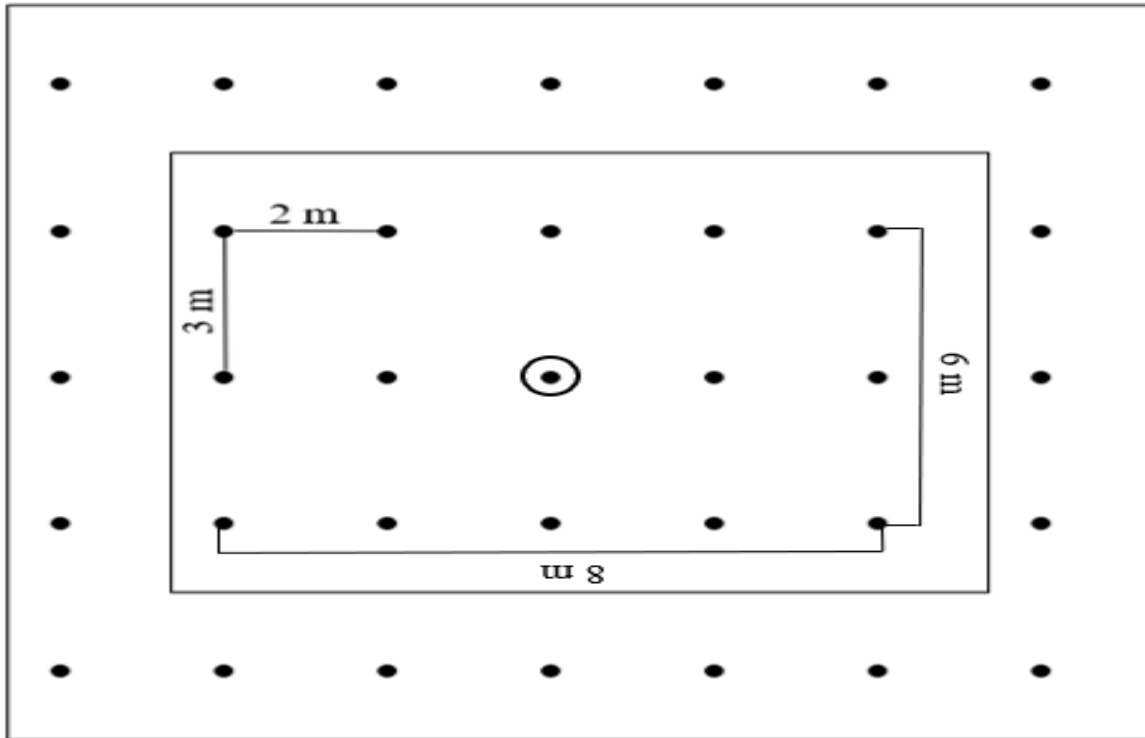
2.2 Coleta de Dados

O povoamento de *Eucalyptus urophylla* ocupa uma área de 0,312 ha, com idade de 4 anos, onde foram coletados 65 pontos geodésicos no entorno do plantio de *Eucalyptus urophylla*, com o auxílio da trena e do aplicativo C7 GPS DADOS, possibilitando a cada 10 m, a coleta de um ponto georreferenciado. Logo, foram determinadas as parcelas para a mensuração das variáveis, as quais possuíam uma área útil de 48 m² (6 m x 8 m). Entre cada parcela foi deixado uma linha de árvore como bordadura e o espaçamento entre árvores correspondia a 3 m x 2 m.

Na área total do plantio de *E. urophylla* foram distribuídas 65 parcelas, possibilitando mensurar as variáveis, onde a árvore central da parcela representa o ponto georreferenciado a ser coletado, sob uma malha regular, como forma de demarcar a área de estudo e elaborar os mapas de acordo com variáveis mensuradas. Em seguida, foi contabilizado o número de árvores mortas dos *E. urophylla*, além do número de ninhos de formigas e térmitas, bem como, com o auxílio de uma fita métrica aferindo o diâmetro e utilizando cálculo de área total ($A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$), a aferição da área ocupada tanto pelos estes ninhos de térmitas quando pelos de formigas. Na figura 2 é possível observar o croqui da parcela para coleta dos atributos no plantio de

E. urophylla, de acordo com o ponto georreferenciado da árvore central da parcela.

Figura 2 - Localização do ponto georreferenciado dentro da parcela do plantio de *Eucalyptus urophylla*.



Fonte: Autores (2021).

2.3 Avaliações e Análise Estatística

Foram avaliados cinco atributos no plantio de *E. urophylla*: (1) o número de árvores mortas, (2) número de formigueiro e (3) número de ninhos de térmitas, (4) área dos formigueiros e (5) área dos ninhos de térmitas. Para os atributos de área de ninhos de formigas e térmitas foram coletadas de 3 a 5 amostras das áreas (parcelas), em seguida realizou a média.

O coeficiente de assimetria (C_s) caracteriza como e quanto a distribuição das observações se desloca da simetria. Se o valor encontrado para C_s for igual a zero – distribuição simétrica; se positivo – distribuição assimétrica à direita; e se negativo – assimétrica à esquerda (Zanão Junior et al., 2010). O coeficiente de assimetria é dado pela equação 1:

$$C_s = \frac{3(\bar{x} - M_d)}{s} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que: \bar{x} = média; M_d = mediana; s = desvio padrão.

Para os coeficientes de curtose (C_k), a avaliação dos dados segue uma distribuição normal, no qual deve ser preferencialmente nulos e, ainda aceita valores entre +2 e -2 (Negreiros Neto et al., 2014). O coeficiente de curtose é dado pela equação 2:

$$C_k = \frac{(Q_3 - Q_1)}{2(P_{90} - Q_{10})} \quad \text{(Equação 2)}$$

Para a análise estatística descritiva do plantio de *E. urophylla* dos dados coletados, calculou-se medidas de localização

(média, mediana, moda, mínimo e máximo), de variabilidade (coeficiente de variação) e de tendência central (coeficiente de assimetria e curtose) para verificar a normalidade dos atributos avaliados, ambos foram calculados pelo software Surfer® versão 13. Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (1933) a nível de 5% de probabilidade é possível testar a hipótese de normalidade dos dados. Quanto ao coeficiente de variação (CV), é classificado quanto a variabilidade dos dados: variabilidade baixa para valores < 12%; para valores médios entre 12% < CV < 60% e altos valores > 60% (Warrick; Nielsen, 1980).

Segundo Vieira (2000), a dependência espacial é caracterizada por meio de análise geostatística, as observações e autocorrelações entre locais vizinhos foram calculadas de acordo com a semivariância $\hat{\gamma}(h)$, utilizando o software GS + (Robertson, 2008). Pelo mesmo software na versão 7, é possível obter para cada atributo um modelo, a qual melhor se ajustar, dentre os modelos experimentais estão o linear, exponencial, esférico e gaussiano. Com estes modelos foi efetivado a predição de cada atributo em zonas não amostradas, sob interpolações mediante a utilização da krigagem, representados em mapas de contorno.

O melhor modelo estabelecido a cada atributo é determinado pela menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2). O ajuste do modelo de semivariograma possibilitou determinar os seguintes parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C_1), alcance (A_0) e o grau de dependência espacial (GDE). O GDE é determinado pela seguinte equação 3:

$$GDE = \left[\frac{C_0}{C_0+C} \right] * 100 \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde: GDE = grau de dependência espacial; C_0 = efeito pepita; C= variância estrutural; C_0+C_1 = patamar.

A interpretação de GDE é de acordo com a classificação de Dalchiavon et al. (2012), sendo: GDE < 20% - dependência espacial muito baixa; $20\% \leq GDE < 40\%$ - dependência espacial baixa; $40\% \leq GDE < 60\%$ - dependência espacial média; $60\% \leq GDE < 80\%$ - dependência espacial alta; $80\% \leq GDE < 100\%$ - dependência espacial muito alta.

3. Resultados e Discussão

A estatística descritiva dos atributos da área de *Eucalyptus urophylla*, pertinente, as árvores, formigas e térmitas estão apresentadas na Tabela 1. O ponto central da média representa o ponto de equilíbrio, ou seja, é o valor em torno do qual os dados observados se distribuem, onde os atributos quantificados variaram de 1,11 a 6,22 e para a área, de 0,37 m² e 0,15 m². A mediana indica que 50% dos dados estão acima ou abaixo do valor encontrado. A moda é o dado com maior frequência entre as observações, destacando para o número de ninhos de térmitas e área de ninhos de formigas, a inexistência, ou seja, é amodal. Os valores mínimos e máximos, denotam o valor maior e menor encontrado entre as observações (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos avaliados em área com *Eucalyptus urophylla* em Estação Experimental do Campus Universitário de Gurupi, TO.

Atributos	Me	Md	Mo	Valores		Coeficientes			KS
				Mín	Máx	CV (%)	Cs	Ck	
NAM	6,22	6	4	1	12	44,02	0,216	- 0,725	0,13 *
NNF	3,14	3	2;3;4	1	10	56,49	0,816	0,086	0,14 *
NNT	1,11	1	N/A	1	4	53,69	1,085	0,25	0,23 ns
ANF	0,37	0,20	N/A	0,032	2,40	108,73	1,984	3,538	0,25 ns
ANT	0,15	0,13	0,07	0,020	0,468	72,87	0,967	0,459	0,15 *

NAM= número de árvores mortas; NNF= número de ninhos de formigas; NNT= número de ninhos de térmitas; ANF= área de ninhos de formigas; ANT= área de ninhos de térmitas; Me = média; Md = mediana; Mo= moda; Mín=mínimo; Máx=máximo; CV =coeficiente de variação (%); Cs= coeficiente de assimetria; Ck= coeficiente de curtose; KS= teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; N/A= não existe moda – amodal; (*) = significativo a 5% de probabilidade; (ns)= não significativo a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2021).

O coeficiente de variação mostrou uma grande variação entre os atributos, porém a maior variação dos dados ocorreu na área de ninhos de formigas, com 108,73%, enquanto a menor foi para o atributo de número de árvores mortas (Tabela 1). Mediante a interpretação de Warrick & Nielsen (1980), de modo geral, para os números de árvores mortas, de ninhos de formigas e de térmitas, o CV é classificado como uma variabilidade média, enquanto, a área de ninhos de formigas e ninhos de térmitas, são denominados como alto.

Conforme os resultados da Tabela 1, os Cs foram positivos, ou seja, segue uma assimétrica positiva e para os Ck, há uma discrepância para a área de ninhos de formigas, pois a mesma não correspondeu o intervalo entre + 2 e -2; entretanto, as demais variáveis estão dentro desta faixa, indicando a distribuição dos resultados em torno da média.

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnovm, observa-se que as variáveis, quanto ao número de ninhos de térmitas e área de ninhos de formigas não obtiveram uma distribuição de normalidade, implicando até mesmo pelo CV da área de ninhos de formigas uma variabilidade alta dos dados, assim como o Ck, que complementa esta afirmação pela distribuição dos dados ser a mais alta, correspondendo uma curva leptocúrtica, significando valores mais agrupados em torno da moda (Guimarães & Cabral, 1997).

Na Tabela 2 são apresentados os atributos ajustados dos semivariogramas para área de *E. urophylla*. Em relação os modelos percebem-se, os mais adequados aos semivariogramas foram o gaussiano e o esférico, embora o exponencial foi apresentado para o número de árvores mortas. Os parâmetros C_0 e C_0+C_1 para o modelo esférico são determinados da mesma maneira para o esférico e o exponencial. Além do mais, o exponencial apresentou o maior R^2 dentre os modelos, ou seja, o atributo números de árvores apresentou o melhor ajuste ao semivariograma.

O GDE permiti detectar diferentes escalas de variabilidade espacial, desde muito alta, média a muito baixa, apesar desta última, os demais atributos não se mostraram aleatórios, em outras, palavras as variáveis do povoamento de *E. urophylla* proporcionaram uma dependência espacial. Nos resultados da Tabela 2, o NNF, NNT e ANF, nota-se uma dependência muito baixa, abaixo de 20%, exceto para a NAM e ANT, configurando o último atributo, área de ninhos de térmitas, possuir um efeito pepita puro. Pelissari et al. (2017), admite a ausência de espacialidade quando o efeito pepita puro é encontrado entre os atributos, inviabilizando a análise geoestatística. A variável com dependência espacial forte é quando o efeito pepita é menor ou igual a 25% do patamar (Cambardella et al., 1994), porém os atributos NNF, NNT e ANF corresponderam a esta regra, evidenciando uma variabilidade espacial forte.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores das variáveis analisadas área com *Eucalyptus urophylla* em Estação Experimental do Campus Universitário de Gurupi, TO.

Atributo	Parâmetros								
	Modelo	C_0	C_1	$C_0 + C_1$	A	GDE	Classe	R^2	SQR
NAM	Exponencial	3,7	3,7	7,40	20,70	50	ME	0,55	8,75
NNF	Esférico	0,58	7,82	8,40	9,7	6,90	MB	0,43	18,5
NNT	Gaussiano	0,16	1,1	1,26	0,50	12,7	MB	0	0,825
ANF	Esférico	0,023	0,257	0,28	5,1	0,64	MB	0,06	0,0365
ANT	Gaussiano	0,012	0	0,012	29,45	100	MA	0,15	0,00008567

NAM= número de árvores mortas; NNF= número de ninhos de formigas; NNT= número de ninhos de térmitas; ANF= área de ninhos de formigas; ANT= área de ninhos de térmitas; C_0 = efeito pepita; C_1 = contribuição; C_0+C_1 = patamar; A= alcance; GDE = grau de dependência espacial; Classes – MB = muito baixa; BA= baixa; ME=média; AL=alta; MA= muito alta; R^2 = coeficiente de determinação; SQR= soma do quadrado dos resíduos. Fonte: Autores (2021).

O alcance é um parâmetro importante para os estudos dos semivariogramas, em razão de indicar a distância máxima no qual a variável está correlacionada espacialmente, determinando a extensão da correlação espacial entre as amostras (Dalchiavon et al., 2012; Carneiro et al., 2016). O alcance tem distribuição aleatória, quando as determinações realizadas são

em grandes distâncias e, por esse motivo, a uma independência entre si, devendo aplicar a estatística clássica (Matias et al., 2015). Por outro lado, quando as determinações apresentam uma distância menor que o alcance, as mesmas são correlacionadas, admitindo interpelações para espaçamentos menores que os amostrados (Nogueira Neto et al., 2014).

Os valores de alcance são influenciados pela falta de monitoramento da área de *E. urophylla*, devido à falta de desrama das árvores, permitindo a sobreposição de árvores umas sobre as outras, ou seja, as árvores de menor altura acabam por ser dominadas por plantas mais altas, além de aumentar as daninhas na área, por falta de campina e, ao lado do próprio povoamento de *E. urophylla*, observa-se capim, que está adentrando o povoamento de *E. urophylla*.

Na área de estudo foi verificado que os ninhos de térmitas estão associado a área subjacente, no qual possuem uma pastagem degradada de Capim Mombaça (*Megathyrus maximus*), presumindo a contribuição do número de térmitas para o povoamento de *E. urophylla*.

O alcance (A) entre os atributos na Tabela 2 variou entre (0,50 a 29,45 m), presumindo que os valores menores quanto maiores são devido a distribuição não padrão dos ninhos de formigas ou de térmitas, ou seja, os ninhos destes agentes bióticos estão de forma aleatória no povoamento de *E. urophylla*.

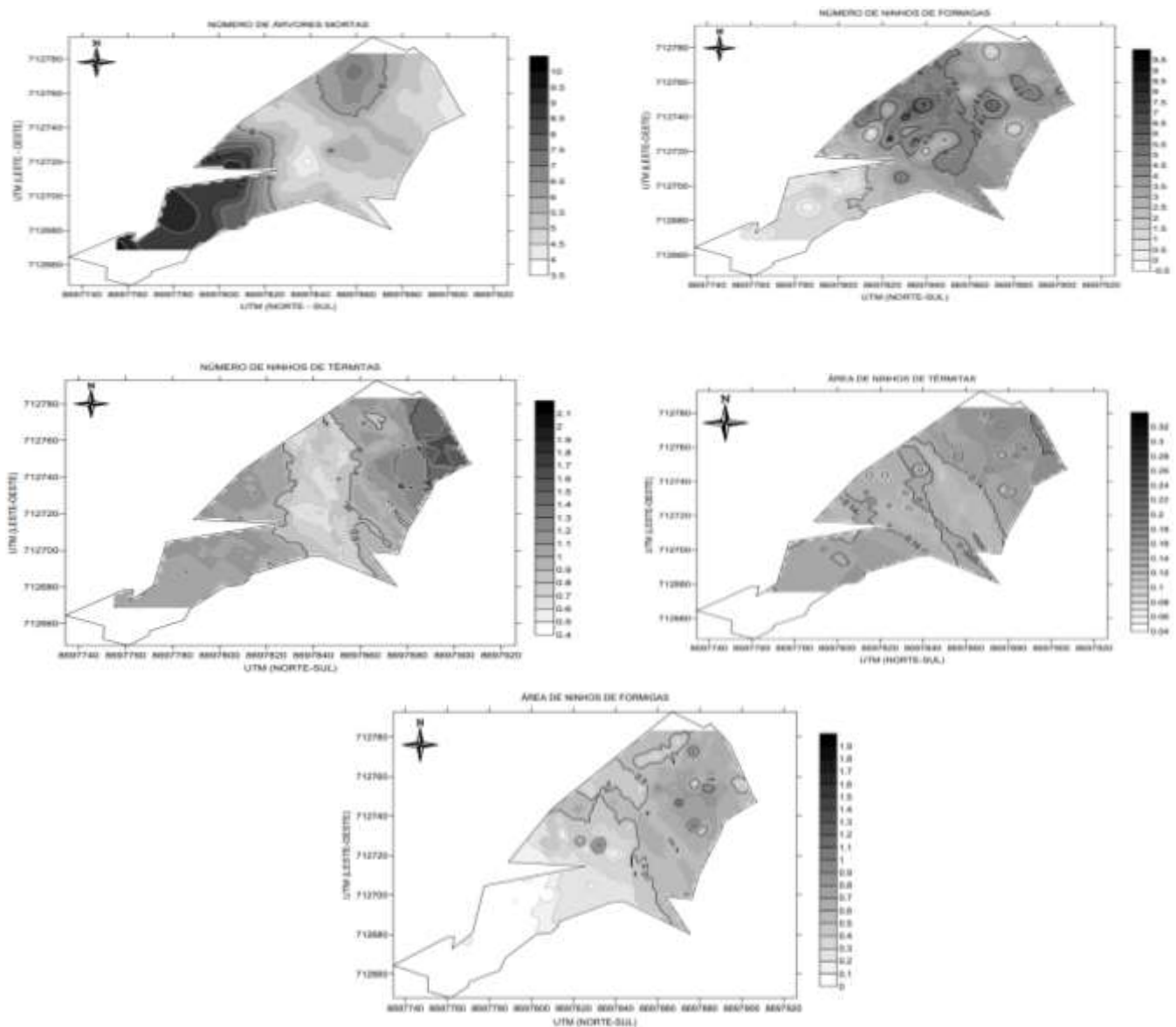
O R², quanto ao modelo gaussiano, demonstra ser inferior aos outros modelos apresentados, seguido pelo esférico e, o exponencial, correspondendo o maior valor. O modelo gaussiano, segundo Bottega et al. (2013), promove uma elevada continuidade de variabilidade espacial, ou seja, pouca dependência espacial entre os atributos, enquanto os modelos esférico e exponencial, respectivamente tem baixa e média continuidade de variância espacial, justificando entre estes três modelos, o pouco uso do modelo gaussiano dentre os atributos avaliados, principalmente pelo seu coeficiente de determinação ser baixo, além da sua contribuição ser a mais baixa (Tabela 2).

A partir dos ajustes dos semivariogramas para cada atributo foi possível gerar mapas (Figura 3), por meio da interpolação dos dados observados em qualquer disposição do campo, pela krigagem. Os ninhos de formiga foram amostrados por quadrante, foram encontrados a média de 3 ninhos por área, variando entre 0 e 10 por quadrante avaliado, retratando as concentrações desses ninhos por área de plantio de *E. urophylla* dividida em 45 quadrantes para análise amostral (Figura 3). Na distribuição de ninhos de térmitas obtidas na amostragem, onde a média por área foi de 1 ninho, variando entre 0 e 4 por quadrante.

Os ninhos de formiga se concentram nas áreas leste e central do cultivo de eucalipto em estudo, com pequenas ocorrências nas demais extremidades do plantio. Percebe-se que os ninhos de térmitas predominam a área sul do plantio e nas extremidades norte e oeste. A uma distribuição de área onde os cupins e as formigas não compartilham do mesmo ambiente, de maneira que, onde há a presença de formigas não há a de térmitas e vice-versa.

Estudando a fauna epígea de invertebrados em monocultura e sistemas integrados no cerrado bioma Piauí, Cunha (2021), obteve como resultado em relação à distribuição relativa da fauna epígea, presença em maior proporção do grupo Formicidae em todos os sistemas de gestão estudados. Assim como os resultados encontrados por Lima et. al. (2019), estudando a fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido piauiense, que relata a predominância do grupo Formicidae em todos os sistemas avaliados. E com a pesquisa de Cortez e col. (2015), que também encontraram um maior predomínio do grupo de Formicidae ao se avaliar a fauna epigeal da cultura do eucalipto com diferentes idades no cerrado piauiense. Esses autores atribuíram os resultados à maior resistência e adaptação desse grupo de insetos as condições climáticas da região do Piauí.

Figura 3 - Mapas da distribuição espacial dos atributos avaliados em área com *Eucalyptus urophylla* em Estação Experimental do Campus Universitário de Gurupi, TO. Número de árvores mortas. Número de ninhos de formigas. Número de ninhos de térmitas. Área de ninhos de formigas. Área de ninhos de térmitas.



Fonte: Autores (2021).

Dutra & Galbiati (2009) apresentam registros de relações entre formigas e cupins de predação, coabitação e competição por espaço. Esta relação é definida conforme a espécie de formiga e térmita e o ambiente em que estes indivíduos estão, de maneira que a competição por espaço entre formigas e cupins é considerada mais comum que a predação (Sennepin, 1996).

As formigas comumente predam cupins e os dois grupos apresentam adaptações morfológicas e estratégias comportamentais para competir na natureza (Holldobler & Wilson, 1990). As formigas, na disputa por espaço, podem tornar-se predadoras de cupins. Também existem várias espécies que apresentam esse instinto sem o objetivo de ocupação de área. Os cupins por sua vez têm estratégias de defesa contra as formigas, que variam de espécie para espécie, pode ser por

esmagamento, mordida, agarramento, explodindo ou por combinações de estratégias, podendo ser defesa individual, normalmente pelos soldados, ou coletiva pelos operários (Mill, 1982).

O cupinzeiro pode se converter num espaço no qual as formigas sobrevivem, podendo colonizar outros habitats (Settle et al., 1996). Levando em consideração a ideia de coabitação de Settle et al. (1996) e as análises de Dutra & Galbiati (2009), as termitas e formigas que ocupam o eucalipto em estudo apresentam uma relação de competição por área, onde essas pragas se distribuem pelo plantio, não permitindo que a outra espécie ocupe o mesmo espaço, organizando-se cada população em uma extremidade distinta da outra. Há a possibilidade de que parte dessas formigas possam estar coabitando nos cupinzeiros.

Os dados da área ocupada por ninhos de formigas, foram coletados de maneira amostral, mensurando o diâmetro de cada três ninhos encontrados em cada quadrante e calculando a área total por meio da fórmula $A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$, formando, com esse total, uma média de ocupação dessas colônias em cada quadrante analisado, obtendo médias entre 0 e 1,9 metros de diâmetro. Desta mesma forma foi mensurada a área amostral dos ninhos de térmita, que apresentaram médias entre 0 e 47 centímetros de diâmetro.

Em relação à área ocupada por ninhos de formigas e térmitas no plantio de *E. urophylla*, verificou-se que os ninhos de térmitas ocupam a maior parte da área desse plantio, sendo então predominante em relação aos ninhos de formigas, que apresentam diâmetros menores, ocupando assim uma área menor desse solo.

A ocorrência dos cupinzeiros é predominante em solos muito pobres e, no Brasil, é ainda maior em solos ácidos (Goodland, 1965). O número de cupinzeiros tende a aumentar em áreas menos sujeitas à mecanização, sendo necessária a conjugação de dois fatores para o estabelecimento da colônia: disponibilidade de alimentos e material necessário para a construção do ninho (Valério, 2006). A área de cultivo de eucalipto em estudo possui todas as características para a formação de um ambiente favorável a proliferação e habitação de colônias de térmitas, o que justifica a predominância desse grupo de insetos nessa área.

Em cada quadrante foi observada a quantidade de árvores mortas, obtendo uma variação de 0 a 10 árvores mortas por quadrante analisado, que possibilitou ainda, verificar onde essas árvores mortas estão concentradas, de maneira que a mortalidade das plantas de eucalipto foi maior nos locais com a presença de térmitas. Com isso, entende-se que as térmitas têm potencial dano não só ao solo, como também acometem agressivamente as plantas de eucalipto.

As formigas atacam severamente o eucalipto na fase inicial, cortando as folhas e galhos das plantas jovens, após o estabelecimento da cultura ela já não representa uma ameaça com danos tão significativos (Leite & Cerqueira, 2020). Já os cupins quando atacam as plantas, provocam danos às raízes e nos galhos, que servem de alimento para eles (Valério, 2006). Quando a planta já está maior, os cupins além de atacar as raízes, atacam também o cerne, o miolo da planta, provocando perda de madeira, esses ataques podem levar a morte da planta (Leite & Cerqueira, 2020).

Em relação ao solo, as térmitas retiram matéria orgânica do solo, empobrecendo o solo e seus montículos dificultam a operação e tramitação de maquinários, prejudicando os tratos culturais (Leite & Cerqueira, 2020). Sabendo que a agressividade do cupim é maior no ataque a plantio mais velhos, compreende-se o motivo pelo qual o quantitativo de árvores mortas é maior nas extremidades onde prevalece a presença de térmitas e menor na área ocupada por formigas.

4. Considerações Finais

Todos os atributos apresentaram entre baixa a alta dependência espacial, destacando número de árvores mortas e área de ninhos de térmitas, no povoamento de *Eucalyptus urophylla*, de maneira que área de ninhos de térmitas apresentou maior concentração na região leste no mapa temático dos atributos.

Houve uma distribuição irregular dos ninhos de formigas e de térmitas pela área de estudo, atenuando a invasão do capim, principalmente em locais com maior número de ninhos de formigas, recomendando a manutenção deste povoamento em função destes agentes bióticos na área.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelha, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift*, 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Bandeira, A. G., Vasconcellos, A., Silva, M. P., & Constantino, R. (2003). Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. *Sociobiology*, 42(1), 117-128.
- Bottega, E. L., Queiroz, D. M. D., Pinto, F. D. A. D. C., & Souza, C. M. A. D. (2013). Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, 44(1), 1-9.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., & Konopka, A. E. (1994). Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil science society of America journal*, 58(5), 1501-1511.
- Carneiro, J. S. S., Santos, A. C. M., Fidelis, R. R., Silva Neto, S. P., dos Santos, A. C., & da Silva, R. R. (2016). Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. *Revista de Ciências Agroambientais*, 14(2).
- Constantino, R. (1999). Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Papéis avulsos de Zoologia*, 40(25), 387-448.
- Cortez, C. T., Barbosa, L. R., Morais, G. P., Nunes, L. A. P. L., Araújo, A. S. F., & Correia, M. E. F. (2015). Soil fauna under eucalypt stands of different ages in the Savanna of Piauí. *Científica*, 43(3), 280-286.
- Costa, E. C. & Araldi, D. B. (2014). Entomofauna florestal: uma visão holística. In: Cantarelli, E. B.; Costa, E. C. (org.) *Entomologia florestal aplicada*. Santa Maria: UFSM, 13-56.
- Costa, E. C., D'ávila, M., Cantarelli, E. B., & Murari, A. B. (2001). Entomologia Florestal. *Editora UFSM*, Santa Maria, RS, 147.
- Cunha, J. R.; Gualberto, A. V. S.; Vogado, R. F.; Souza, H. A.; Leite, L. F. C. Fauna epígea invertebrada em monocultivos e sistemas integrados no cerrado piauiense (2021). *Research, Society and Development*, 10(4).
- Dalchiavon, F. C., Carvalho, M. D. P., Andreotti, M., & Montanari, R. (2012). Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. *Revista Ciência Agronômica*, 43(3), 453-461.
- Dutra, C. C., & Galbiati, C. (2009). Comportamento de formigas (Hymenoptera: Formicidae) inquilinas de cupins (Isoptera: Termitidae) em pastagem. *EntomoBrasilis*, 2(2), 37-41.
- EMBRAPA (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: *Centro Nacional de Pesquisas de Solos*, 353.
- Forti, L. C., Andrade A. P. P., & Ramos V. M. (2000). Biologia e comportamento de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae): implicações no seu controle. *Série Técnica, IPEF*, 13, 103-114.
- Gabriel, V. D. A., Vasconcelos, A. A., de Lima, E. F., Cassola, H., Barretto, K. D., & Brito, M. D. (2013). A importância das plantações de eucalipto na conservação da biodiversidade. *Brazilian Journal of Forestry Research*, 33(74), 203-213.
- Goodland, R. J. A. (1965). On termitaria in a savanna ecosystem. *Canadian Journal of Zoology*, Ottawa, 43, 641-650.
- Guimarães, R. C.; & Cabral, J. A. S. (1997). Estatística. *Centro*, 29(9).
- Holldobler B., & Wilson E. O. (1990). The Ants. *Harvard University Press*, Harvard, 732.
- Kolmogorov, A. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Inst. Ital. Attuari, Giorn.*, 4, 83-91.
- Leite, G. L. D., & Cerqueira, V. M. (2020). Pragas de Eucalipto. Universidade Federal de Minas Gerais; Instituto de Ciências Agrárias. *Insetário G.W.G. de Moraes*.
- Lima, S. S., Benazzi, E. S., Oliveria, N. C. R., & Leite, L. F. C. (2019). Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. *Revista Agrarian*, 12(45), 328-337.
- Matias, S. S. R., Nóbrega, J. C. A., Nóbrega, R. S. A., Andrade, F. R., & Baptistel, A. C. (2015). Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. *Revista Agro@mbiente On-line*, 9(1), 17-26.
- Mill, A. E., (1982). Faunal studies on termites (Isoptera) and observations on their ant predators (Hymenoptera: Formicidae) in the Amazon Basin. *Revista Brasileira de Entomologia*, 26, 253-260.
- Negreiros Neto, J. V., Santos, A. C., Guarnieri, A., Souza, D. J. D. A. T., Daronch, D. J., Dotto, M. A., & Santos Araújo, A. (2014). Variabilidade espacial de atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(1), 193-203.
- Pelissari, A. L., Figueiredo Filho, A., Netto, S. P., Ebling, A. A., Roveda, M., & Sanquetta, C. R. (2017). Geostatistical modeling applied to spatiotemporal dynamics of successional tree species groups in a natural Mixed Tropical Forest. *Ecological Indicators*, 78, 1-7.

- Pessoa, L. G. A., Souza, T. M. N., Loureiro, E.S. (2020). Compatibilidade de inseticidas utilizados no manejo de pragas em eucalipto com *Beauveria bassiana* (Cordycipitaceae). *Research, Society and Development*, 9(8).
- Ribeiro, J. F., Walter, B. M. (2008). As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. et al. (Eds.). Cerrado: ecologia e flora. 1. ed. Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, 151-212.
- Robertson, G. P. (2008). GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User’s guide. *Plainwell*, Gamma Design Software, 152.
- Sales, M. J. D. (2010). Comunidades de térmitas em plantações de eucalipto no litoral norte da Bahia, Brasil. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe, 52.
- Sennepin, A., (1996). Fonction synergique des interactions termites/ fourmis. *Actes des Colloques Insectes Sociaux*, 10: 133-142.
- Settle, W. H., Ariawan, H., Astuti, E. T., Cahyana, W., Hakim, A. L., Hindayana, D., & Lestari, A. S. (1996). Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 77(7), 1975-1988.
- Silva, F. W. S., Leite, G. L. D., Guanabens, R. E. M., Sampaio, R. A., Gusmão, C. A. G., & Zanuncio, J. C. (2014). Distribuição espacial de artrópodes em *Acácia mangium* (Fabales: Fabaceae) árvores como quebra-ventos no cerrado. *Entomologista da Florida*, 97, 631-638.
- Siqueira, F. F., Ribeiro-Neto, J. D., Tabarelli, M., Andersen, A. N., Wirth, R., & Leal, I. R. (2017). Leaf-cutting ant populations profit from human disturbances in tropical dry forest in Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 33(5), 337-344.
- TOCANTINS. (2012). Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas: *Seplan*. (Palmas - Atual, 6).
- Valério, J. R. (2006). Cupins-de-montículo em pastagens. Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E).
- Vieira, S. R. (2000). Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1, 1-53.
- Warrick, A.W. & Nielsen, D. R. (1980). Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Application of soil physics*. New York: Academic Press. 319-344.
- Zanão Júnior, L. A., Lana, R. M. Q., Carvalho-Zanão, M. P., & Guimarães, E. C. (2010). Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. *Revista Ceres*, 57(3), 429-438.
- Zanuncio, J.C., Zanuncio, T. V., Lopes, E. T., & Ramalho, F. S. (2000). Variações temporais de lepidópteros coletados em um Eucalipto plantação no estado de Goiás, Brasil. *Netherlands Journal of Zoology*, 50, 435-443.