

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**ESTRUTURA POPULACIONAL E DEPENDÊNCIA ESPACIAL DE  
*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) EM  
CAATINGA ARBÓREA**

**WALLESKA PEREIRA MEDEIROS**

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA - BRASIL  
MARÇO - 2017

**WALLESKA PEREIRA MEDEIROS**

**ESTRUTURA POPULACIONAL E DEPENDÊNCIA ESPACIAL DE  
*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) EM  
CAATINGA ARBÓREA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

**Orientador: Prof. Alessandro de Paula (UESB)**

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA - BRASIL  
MARÇO - 2017

**WALLESKA PEREIRA MEDEIROS**

**ESTRUTURA POPULACIONAL E DEPENDÊNCIA ESPACIAL DE  
*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) EM  
CAATINGA ARBÓREA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 10 de março de 2017.

Comissão Examinadora:

---

Prof. Odair Lacerda Lemos (D.Sc., Agronomia) – UESB

---

Dr. Rafael Nogueira Scoriza (D.Sc., Agronomia ) – PDJ/CNPq

---

Prof<sup>a</sup>. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (D.Sc., Produção Vegetal) – UESB  
Coorientadora

---

Prof. Alessandro de Paula (D.Sc., Ecologia e Recursos Naturais) – UESB  
Orientador

*À minha Avó Maria do Socorro Marinho Medeiros (**in memorian**), pelo exemplo de mulher guerreira e grande lição de vida.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelas bênçãos concedidas em minha vida.

Aos meus amados pais, José Walter Marinho Medeiros e Aubelita Lopes Pereira, e ao meu irmão, Walter Torres Neto, por estarem sempre presentes na minha vida me dando apoio e incentivo.

A todos os familiares que, embora não estivessem próximos, mas incentivaram de maneira especial os meus pensamentos me levando a buscar meus objetivos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Alessandro de Paula, pela orientação, paciência, incentivo e amizade.

Aos membros da Banca Examinadora, pela disponibilidade da participação e pelas valiosas contribuições.

Aos professores Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia e Odair Lacerda Lemos, pelas contribuições ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Aos funcionários e gerentes da FLONA Contendas do Sincorá, pelo apoio para a realização desta pesquisa.

A todos os colegas de mestrado, em especial, Catherine Oliveira, Maida Cynthia, Priscila Matos, Saad Miranda e Danusia Valéria.

Ao Pós-Doutorando Paulo Monroe, pela ajuda e disponibilidade nas coletas dos dados e pela amizade.

A todos os amigos que entraram em minha vida nesse período, em especial a Ellúunny Chaves, pela amizade e companheirismo.

A Phablo Cabral, por estar comigo nessa fase tão difícil que foi o final do mestrado, pela paciência e companheirismo.

Aos funcionários da UESB, em especial à Fabrícia Teixeira.

A todos aqueles que porventura tenha esquecido de citar seus nomes e que contribuíram, direta e ou indiretamente, para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Bioma Caatinga .....	4
2.2 <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett .....	5
2.3 Distribuição espacial.....	7
2.4 Regeneração natural.....	9
2.5 A geoestatística.....	10
ARTIGO 1: ESTRUTURA POPULACIONAL DE <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett EM UM ESTANDE DE CAATINGA ARBÓREA, BA.....	12
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO .....	13
MATERIAL E MÉTODOS .....	14
Caracterização da área de estudo .....	14
Amostragem e coleta de dados .....	14
Análise dos dados.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
Porte arbóreo.....	15
Regeneração.....	16
Classe diamétrica.....	17
Análise qualitativa.....	18
CONCLUSÕES .....	19
AGRADECIMENTOS .....	19
REFERÊNCIAS.....	19
ARTIGO 2: ESTRUTURA ESPACIAL DE <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett EM UM ESTANDE DE CAATINGA ARBÓREA, BA .....	23
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	24
INTRODUÇÃO .....	25
MATERIAL E MÉTODOS .....	25
Descrição da área de estudo.....	25
Coleta dos dados .....	26

Padrão espacial .....	26
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>28</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>ARTIGO 3: CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DISTRIBUIÇÃO DE <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett.....</b>	<b>32</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>33</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>33</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>Análise exploratória e descritiva .....</b>	<b>38</b>
<b>Modelagem dos semivariogramas .....</b>	<b>39</b>
<b>Krigagem e correlação das variáveis .....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>44</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>44</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>44</b>
<b>3. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## RESUMO

MEDEIROS, Walleska Pereira, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, março de 2017. **Estrutura populacional e dependência espacial de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em Caatinga arbórea.** Orientador: Alessandro de Paula. Coorientadora: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.

A presente dissertação é composta por três artigos, que tiveram como objetivo avaliar a estrutura, distribuição e variabilidade espacial da espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, em um estande na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá-BA. Para isso, foram instalados três transectos disjuntos de 40 m x 160 m, subdivididos em 64 parcelas de 10 x 10 m. Nas parcelas, amostrou-se os indivíduos regenerantes e de porte arbóreo da espécie. Foram considerados como regeneração natural os indivíduos com altura maior ou igual a 0,5 m e DAP menor que 5 cm, e para porte arbóreo, foram considerados todos os indivíduos que apresentaram os fustes com DAP  $\geq 5,0$  cm. Para o estudo da estrutura da espécie foi feita uma análise da estrutura horizontal, vertical, diamétrica e análise qualitativa. Para detecção do padrão espacial da espécie foram utilizados os índices de Dispersão de Payandeh e o de Morisita. Para detalhar a variabilidade espacial, cada parcela foi georreferenciada, coletando um ponto central com auxílio de receptores geodésicos e retiradas cinco amostras simples de solo, na profundidade de 0 a 10 cm, sendo homogeneizadas, formando uma amostra composta, para a determinação do pH, P, K, Ca, Mg, Al e matéria orgânica. Para a amostragem dos atributos dendrométricos na área de estudo, coletou-se o diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total de cada indivíduo da espécie. A densidade, tanto para porte arbóreo quanto para regeneração, pode ser considerada alta quando comparada aos demais resultados encontrados para a espécie no bioma Caatinga. Os valores do padrão de distribuição espacial da espécie, para porte arbóreo e regeneração, apontam uma distribuição espacial agregada ou com tendência ao agregamento. Existe uma correlação fraca negativa entre os atributos químicos e os atributos dendrométricos.

**Palavras-chave:** índices de dispersão, variabilidade espacial, geoestatística.

## ABSTRACT

MEDEIROS, Walleska Pereira, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, march, 2017. **Population structure and spatial dependence of *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) in the Contendas do Sincorá National Forest – BA.** Adviser: Alessandro de Paula. Coadviser: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.

Three articles were carried out in the present study with the objective of evaluating the structure, distribution and spatial variability of the species *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett in a stand in Contendas do Sincorá National Forest, BA. For the study of the species were installed three disjoint blocks of 40 m x 160 m, subdivided into 64 plots of 10 x 10 m. In the plots, the regenerating and arboreal individuals of the species were sampled. Natural regeneration was considered to be individuals with a height greater than or equal to 0.5 m and DBH less than 5 cm and for tree size all individuals with a DBH  $\geq 5,0$  cm were considered. For the study of the structure of the species, an analysis of the horizontal, vertical, diametrical structure and qualitative analysis was made. In order to detect the spatial pattern of the species, we used the Payandeh and Morisita Dispersion indices. In order to determine the spatial variability, each plot was georeferenced, collecting a central point with the aid of geodetic receivers and removing five simple soil samples in the depth of 0 to 10 cm, being homogenized forming a composite sample for the determination of pH, K, Ca, Mg, Al and Organic Matter. For the sampling of the dendrometric attributes in the study area, the diameter at chest height (DBH) and total height of each individual of the species were collected. The density, both for tree size and for regeneration, can be considered high when compared to other results found for species in the Caatinga biome. The values of the spatial distribution pattern of the species, for arboreal size and regeneration, indicate an aggregated or aggregate spatial distribution. There is a weak negative correlation between chemical attributes and dendrometric attributes.

**Keywords:** dispersion indices, spatial variability, geostatistics.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A Caatinga, principal bioma da região Nordeste, ocupa aproximadamente 844.453 mil km<sup>2</sup>, o que equivale a 11 % do território nacional (BRASIL, 2012). Ela possui um complexo vegetacional que reúne ambientes muito distintos, fisionomias variadas e flora diversificada (ANDRADE et al., 2011), que se estende por quase todo o domínio do clima semiárido, abrangendo os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (MMA, 2017).

O bioma Caatinga por muito tempo foi considerado pobre em biodiversidade e com vegetação de aspecto frágil, especialmente no período da seca, quando as plantas se encontram sem folhas. Além disso, este bioma é vislumbrado como possuidor de uma paisagem monótona e pouco diversificada (FERREIRA et al., 2007), entretanto é muito importante do ponto de vista biológico, por ser o único bioma restrito ao território brasileiro, apresentando fauna e flora únicas, formadas por uma vasta biodiversidade (FRANCA-ROCHA et al., 2007).

As informações sobre a estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais como a Caatinga ainda são escassas, sendo o estudo das características das populações de animais e vegetais crucial para o entendimento do funcionamento do meio natural, pois possuem propriedades que são exclusivas do grupo, como a distribuição etária e espacial (ODUM, 1986). A variação espacial e temporal de fatores bióticos e abióticos são importantes determinantes do arranjo espacial e da estrutura etária das populações (GUREVITCH et al., 2009).

No contexto da biodiversidade, os estudos da estrutura de populações de plantas são importantes para o entendimento dos padrões de distribuição e ocorrência das mesmas, e para a elaboração de estratégias de manutenção, recuperação e conservação das espécies em áreas naturais (MATOS e FELFILI, 2010). Tais estudos fornecem informações básicas em nível de espécie, principalmente com relação à mudança no tamanho populacional e seus padrões de flutuação. A ocorrência das espécies nos diferentes estágios ontogenéticos sugere a manutenção dessas através da regeneração natural (CARVALHO, 1984).

A regeneração natural é um processo de crescimento e desenvolvimento natural das espécies vegetais. Em especial no bioma Caatinga, a compreensão dos

fatores envolvidos nesse processo é importante para o conhecimento da autoecologia das espécies de uma floresta. Esse conhecimento permite entender os processos de regeneração natural, da estrutura e da distribuição espacial das populações de plantas. Outra aplicação é o estudo da distribuição espacial de árvores, principalmente daquelas ocorrentes em seu ambiente natural.

O nível de organização espacial das árvores dentro do povoamento é influenciado por diversos processos ecológicos e características próprias de cada ambiente (CAPRETZ, 2004). Assim, conhecer o padrão de distribuição espacial pode fornecer informações sobre a ecologia, subsidiar a definição de estratégias de manejo e, ou, conservação, auxiliando ainda em processos de amostragem ou simplesmente esclarecer a estrutura espacial de uma espécie (ANJOS et al., 2004).

Para obter uma melhor compreensão dos fenômenos espaciais de populações que dividem o mesmo espaço é necessário caracterizar, não somente a distribuição espacial dos indivíduos dessas populações, mas também a dependência espacial existente entre esses indivíduos (COSTA et al., 2015).

Para auxiliar na obtenção deste conhecimento, são utilizados métodos geoestatísticos, que buscam compreender como um determinado atributo varia no espaço, podendo assim avaliar melhor as estruturas de dependência espacial entre as características dendrométricas de uma espécie e as variáveis do seu meio físico. Ou seja, obter resultados que sejam capazes de explorar adequadamente as relações espaciais existentes entre os dados dendrométricos e o meio abiótico. Isso é de fundamental importância para o inventário, o manejo e o planejamento florestal (BOGNOLA et al., 2008; DIGGLE; RIBEIRO, 2007).

A importância das espécies nativas para a conservação ecológica e recuperação de áreas degradadas gerou a necessidade de estudos sobre a biologia, que ainda é tema desconhecido para a maioria das espécies (KAGEYAMA et al., 1989; BARBOSA et al., 2003; KILL, 2008), existindo ainda grande carência de estudos em florestas nativas que contemplem a conservação destas espécies para a utilização sustentável (BRAND et al., 2009).

Diante do exposto, este trabalho propõe estudar a espécie *Commiphora leptophloeos*, nativa da Caatinga. O interesse reside principalmente no seu expressivo uso, em especial no artesanato regional. A pressão exercida pelo uso artesanal tem gerado uma preocupação com suas interações ecológicas, já que a

espécie tem grande importância na meliponicultura do Nordeste e, com isso, sua utilização não sustentável coloca em risco a abelha nativa Jandaíra, que produz um tipo de mel saboroso e bastante raro, considerado como medicinal (SILVA et al., 2012).

Este trabalho, portanto, objetivou avaliar a estrutura, distribuição e a variabilidade espacial da espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, em um estande na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá-BA.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Bioma Caatinga

A Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, destaca-se devido à sua grande extensão em todo o Nordeste do país (ANDRADE et al., 2005). Do ponto de vista ecológico, o bioma Caatinga é um ecossistema muito importante devido à ocorrência de paisagens e ambientes diversos, com um número considerável de espécies endêmicas (SILVA et al., 2010). O seu clima é predominantemente quente e semiárido, com médias de precipitação menores que 1.000 mm por ano (VELLOSO et al., 2002).

Aproximadamente 27 milhões de pessoas vivem na região semiárida do Nordeste brasileiro e dependem da exploração dos recursos do bioma para sobreviver, o que vem ocasionando o desmatamento de forma acelerada, que já chega a 46% do bioma, principalmente para a obtenção de lenha e o desenvolvimento de atividades agropastoris (MMA, 2016).

Este bioma é caracterizado, em geral, por espécies lenhosas, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas, além de possuir adaptações morfológicas e, ou, fisiológicas, em condições de aridez, como a redução de área foliar, a senescência (a perda de folhas), os mecanismos de fechamento dos estômatos e o controle osmótico, sobrevivendo ao período de seca comum na região (SILVA et al., 2004; RAMALHO et al., 2009).

A savana estépica, como é conhecido o bioma Caatinga, é o único exclusivamente brasileiro, com grande patrimônio biológico para a região semiárida (VIEIRA et al., 2009), sua vegetação no que se refere à estrutura e fitofisionomia é essencialmente heterogênea (MMA, 2002), tornando difícil a elaboração de esquemas classificatórios capazes de contemplar satisfatoriamente as inúmeras tipologias ocorrentes (ALVES et al., 2010).

A vegetação do bioma recobre uma área mais ou menos contínua de clima quente e semiárido, é extremamente diversificada, incluindo, além das Caatingas, vários ambientes associados, apresentando clima e vegetação que as caracterizam (ALVES, 2007). A diversidade da cobertura vegetal da Caatinga está, em grande parte, determinada pelos atributos climáticos, topografia e base geológica que, em

suas inúmeras interações, ocorrem em ambientes ecológicos amplamente variados (RODAL et al., 2008).

De acordo com Mendes (1997), a exploração dos recursos vegetais da Caatinga se dá por meio do fornecimento de lenha, madeira para cerca, artesanato, forragem, frutos comestíveis, carvão e outros diversos usos, e de acordo com Oliveira et al. (2009), o uso não planejado desses recursos tem proporcionado a fragmentação da sua cobertura vegetal, restringindo sua distribuição a remanescentes que podem ser considerados refúgios para a biodiversidade local. As principais ameaças à conservação desse bioma devem-se principalmente às práticas de atividades como contínuos desmatamentos para a criação de pastagens e o corte de madeira para lenha (LEAL et al., 2005).

## **2.2 *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett**

A espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, conhecida popularmente por imburaninha, apresenta potencial para uso econômico na região. Drumond et al. (2000), destacaram várias espécies, dentre elas a *Commiphora leptophloeos*, podendo ser utilizada para a produção de lenha, carvão e estacas.

Suas flores são de coloração verde claro, de pequenas dimensões (de 3 a 4 mm de comprimento). Seus frutos são do tipo drupóide, de cor verde, medindo em torno de 1,5 cm de diâmetro. Sob insolação o fruto abre no meio, liberando uma única semente rígida e rugosa, as sementes apresentam comportamento fisiológico recalcitrante e a viabilidade dessa espécie em armazenamento é curta. O vetor de polinização são as abelhas silvestres sem ferrão, dos gêneros *Melipona* e *Trigona* que, geralmente, fazem seus ninhos em ocos das árvores da espécie (CARVALHO, 2009). A brotação de folhas e a floração ocorrem principalmente no período de seca e a frutificação ocorre na transição entre as estações seca e chuvosa (LIMA e RODAL, 2010).

Os ramos apresentam crescimento tortuoso, sendo cobertos de espinhos agudos, com a casca do tronco lisa, lustrosa, desprendendo-se em lâminas delgadas, revolutas e irregulares. Essa espécie tem preferência por solos calcários, bem drenados e profundos (MAIA, 2012). A cor de sua casca varia conforme a idade do indivíduo. Quando jovem, apresenta tons de verde, mudando para laranja-

avermelhada na fase adulta. Em períodos mais rigorosos de seca ou em indivíduos prestes a morrer, sua casca é de cor plúmbea (CARVALHO, 2009; MAIA, 2012).

É caracterizada pela baixa densidade da madeira, caule suculento e com floração durante a estação seca, sendo considerada de sucessão ecológica secundária e de difícil propagação, devido à baixa produção de sementes (MAIA, 2012).

A propagação da imburaninha pode ser feita por sementes. No entanto, apresentam germinação intermitente e com baixas porcentagens (FAIAD et al., 1997). A espécie tem boa capacidade de rebrota, tornando-a adequada para cercas vivas, não havendo a necessidade de substituir as velhas estacas por novas (CARVALHO, 2008; MAIA, 2012).

De acordo com Lima (2010), esta espécie apresenta aspectos funcionais e fenológicos diferenciados, como, por exemplo, mecanismos de florescimento e frutificação durante a estação seca. Estes aspectos são considerados de grande importância para a manutenção das populações de polinizadores e dispersores de sementes, que necessitam de recursos durante o período em que há escassez de alimentos. Pode ser utilizada para revegetação da Caatinga, pois apresenta crescimento rápido e poucas exigências, bem como possui risco de extinção devido ao desenvolvimento lento e limitada quantidade de sementes.

A espécie é fundamental no equilíbrio do ecossistema, pois fornece pólen e néctar para as abelhas. Geralmente, suas árvores possuem cavidades em seus troncos e galhos, o que permite a nidificação das abelhas nativas. Assim, a imburana-de-cambão é considerada a espécie mais utilizada para a construção de ninhos (SANTOS et al., 2005; NOVAIS et al., 2010; MAIA, 2012).

Dentre os usos da *C. leptophloeos*, o medicinal tem sido relatado em diversos estudos, como os realizados por Colaço (2006), Albuquerque et al. (2008), Alves; Ferraz et al. (2012), Lucena et al. (2012) e Mais (2012). A espécie tem sido indicada para inflamações (FERREIRA JÚNIOR et al., 2012), gripe, tosses, bronquite (AGRA et al., 2007; SALIN et al., 2012) e ferimentos (ROQUE; ROCHA; LOIOLA, 2010). Além disso, em estudo realizado por Trentin et al. (2011), foi apontado que a imburaninha tem potencial medicinal contra a bactéria *Staphylococcus epidermidis*, responsável, principalmente, por infecções hospitalares. A utilização do extrato da imburaninha promoveu 100 % de morte da bactéria.

A imburaninha também pode ser utilizada na fabricação de forragem, pois apresenta bom desempenho como recurso alimentar para animais domésticos e silvestres, podendo ser consumidos a plântula, folhas novas e maduras, flor e fruto (LEAL; VICENTE; TABARELLI, 2003; COLAÇO, 2006; DAMASCENO; SOUTO; SOUTO, 2010; FERRAZ et al., 2012; MATEUS; FANTINI; MELLO, 2013).

Ainda, há relatos sobre a utilização da imburaninha para fins madeireiros, a exemplo do que ocorre na tribo indígena Pankararé, localizada no Raso da Catarina -BA (COLAÇO, 2006) e no município de Ibimirim, sertão pernambucano (SALIN et al., 2012). Ferraz et al. (2012) identificaram usos específicos da madeira em edificações residenciais e rurais. Pimentel; Guerra (2010) e Maia (2012) relataram o uso da espécie especificamente em marcenaria e para a produção de lenha e carvão.

Outro uso atribuído a essa espécie é a sua aplicação como matéria-prima para a produção artesanal de esculturas religiosas (LEITE; FRAGA NETO; PALOMINO, 2009). A madeira da imburaninha é leve e homogênea, o que a torna apropriada para os artesãos que a utilizam na produção de esculturas (LORENZI, 1949).

A distribuição dessa espécie em áreas de Caatinga pode ser observada em estudos realizados na Paraíba (LACERDA et al., 2005; FABRICANTE; ANDRADE, 2007; OLIVEIRA et al., 2009; GUEDES et al., 2012; SOUZA et al., 2016), em Pernambuco (ALCOFORADO FILHO; SAMPAIO; RODAL, 2003; PINHEIRO et al., 2010; BARBOSA et al., 2012; FERRAZ et al., 2012; 2014), no Ceará (ARAÚJO et al., 1998; LIMA et al., 2009), no Piauí (MENDES; CASTRO, 2010), no Rio Grande do Norte (CESTARO; SOARES, 2004; AMORIM; SAMPAIO; ARAÚJO, 2005), na Bahia (LIMA; LIMA, 1998), em Sergipe (FERRAZ et al., 2013) e em Minas Gerais (SANTOS et al., 2008).

### **2.3 Distribuição espacial**

O estudo de padrões de distribuição espacial é uma das ferramentas mais utilizadas para entender o comportamento de diversos fenômenos. Podem fornecer subsídios para o entendimento da dispersão dos indivíduos, da dinâmica das

populações vegetais e indicar os procedimentos adequados para o manejo florestal dos indivíduos na floresta (ANJOS et al., 1998; SILVA et al., 2008).

De acordo com Pereira et al. (2006), no estudo da distribuição espacial de espécies, o primeiro passo é a descrição do padrão espacial. Este pode ser classificado em três tipos: aleatório, agregado ou agrupado e regular ou uniforme.

Os indivíduos de uma população possuem padrão aleatório quando a posição de cada indivíduo é independente da de todos os outros, de maneira que qualquer um tem uma chance igual e independente de ocorrer em qualquer ponto da área considerada. O padrão agregado seria onde se tem uma tendência dos indivíduos ocorrerem em grupos, sendo que neste caso a chance de ocorrência de outros indivíduos é aumentada por atração. Já em populações com padrão uniforme, as plantas são igualmente espaçadas (SOUZA e SILVA, 2006).

Vários fatores abióticos e bióticos influenciam o padrão espacial das espécies. Entre os abióticos, estão: relevo, disponibilidade de luz, nutrientes, água e a caracterização do solo. Já para os bióticos, são relacionados os processos dependentes da densidade, alelopatia, competição intraespecífica e interespecífica, herbivoria e doenças, além da fenologia e a dispersão de sementes (CAPRETZ, 2004).

Muitos estudos em ecologia vegetal têm usado a análise espacial para detectar padrões em comunidades vegetais e entender a distribuição dos indivíduos e sua relação com os fatores que influenciam a estruturação populacional (FORTIN et al., 2002). Entretanto, estas informações ainda são escassas para a maioria das espécies das florestas brasileiras.

A distribuição espacial revela como os indivíduos se encontram organizados horizontalmente no ambiente. Distúrbios naturais e antrópicos, disponibilidade de recursos e condições ambientais são alguns dos fatores que influenciam o padrão espacial e a dinâmica das populações vegetais (LUNDBERG et al., 1998; LEITE 2001).

Conhecer o padrão espacial de espécies florestais em uma comunidade é essencial para embasar programas de recuperação e na definição de estratégias para a condução de um sistema de manejo (ANJOS et al., 2004). A compreensão da distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui

hoje um grande desafio para o esclarecimento de questões centrais em diversas áreas do conhecimento (PEREIRA et al., 2006).

## **2.4 Regeneração natural**

A regeneração natural é um processo de crescimento inicial das plantas e refere-se às fases iniciais de estabelecimento e desenvolvimento delas. Sua boa condição quantitativa e qualitativa garante a conservação, preservação e formação de florestas, tanto de produção integral como de uso sustentável (GAMA et al., 2003), com isso, o estudo sobre regeneração natural permite conhecer o estoque e a distribuição da comunidade vegetal, fornecendo dados que permitam previsões sobre o comportamento e o desenvolvimento da floresta no futuro (GARCIA et al., 2011).

Através deste processo, podem-se verificar as condições do fragmento florestal e solucionar problemas de modificações ambientais naturais ou antrópicos, com o desenvolvimento e crescimento dos indivíduos (SILVA et al., 2007). A observação da regeneração auxilia na elaboração do manejo como também nas práticas silviculturais, objetivando maior aproveitamento das espécies florestais (GAMA et al., 2003).

A regeneração natural constitui um dos estoques de diversidade da vegetação e representa a futura composição florística de uma área, pois mantém indivíduos para a substituição de outros à medida que o ambiente propicia o seu recrutamento para classe de tamanho imediatamente superior. A regeneração natural é responsável pelo processo de sucessão na floresta e ocorre de acordo com as características do ambiente (GARCIA et al., 2011).

No processo de regeneração natural, considera-se a colonização e estabelecimento de indivíduos novos recrutados do banco de sementes do solo, da chuva de sementes, originários de rebrotas ou ainda, aqueles indivíduos remanescentes de fatores de perturbações (ALVES e METZER, 2006).

Os regenerantes são os indivíduos que se encontram ainda em estado de estabelecimento no sistema, como as plântulas e jovens, e podem representar os estratos de reserva e depósito da riqueza de espécies da vegetação. A capacidade de conservação e desenvolvimento da comunidade é observada através da

regeneração das plantas adultas e da colonização por novas espécies. Assim, a presença de indivíduos regenerantes indica sucesso na produção e dispersão de propágulos viáveis e seu desenvolvimento inicial na fase mais sensível em relação aos aspectos ambientais (MIYAZAKI, 2009).

O processo de regeneração é de fundamental importância para a manutenção dos ecossistemas, pois fornece conhecimento da dinâmica dos biomas e para escolha de técnicas para a recuperação de áreas que sofreram algum tipo de impacto (RIBEIRO et al., 2012). Estudos ainda revelam que a biodiversidade e as potencialidades da regeneração natural da vegetação de uma comunidade permitem estimar a composição futura da população de vegetais (CHACON FILHO, 2007).

## **2.5 A geoestatística**

A análise geoestatística é utilizada para identificar a distribuição e o padrão espacial das características estudadas, definindo modelos de semivariograma teóricos que mostram a autocorrelação da variável em diferentes direções e distâncias de separação. Os modelos matemáticos podem estimar os valores da variável estudada em locais não amostrados por meio de interpolação por krigagem ordinária (DALE et al., 2002). A krigagem ordinária é o método de interpolação mais utilizado em geoestatística (PEREIRA et al., 2013) e utiliza um estimador de interpolação linear imparcial, e com variância mínima garante uma estimativa mais precisa dos dados (AQUINO et al., 2012).

Segundo Blais e Carlier (1968), a geoestatística teve as suas primeiras aplicações em mineração, surgindo quando Krige (1951), trabalhando na África do Sul, com dados de concentração de ouro, concluiu que não conseguia encontrar sentido nas variâncias se não levasse em conta a distância entre as amostras (VIEIRA, 2000). O uso da geoestatística para cartografar propriedades do solo ocorreu na década de 70, por grupos de pesquisadores das universidades de Davis (Califórnia) e Oxford (Inglaterra), interessados em estudar a variabilidade dos solos, sendo delas as primeiras publicações científicas sobre o assunto, no ano de 1980.

Hoje em dia, o uso da geoestatística com o objetivo de estudar a variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo e na produtividade das culturas tem se intensificado (LIMA et al., 2007; MONTANARI et al., 2013). Para determinar a variabilidade dos atributos por meio de amostragem e processamento adequado dos

resultados utilizando ferramentas de análise como a geoestatística, é possível estabelecer distâncias ideais para a coleta de amostras com ou sem dependência espacial e a dependência entre duas ou mais variáveis, levando à redução dos custos de amostragem (MARTINS et al., 2011).

O resultado da análise geoestatística é dependente de densidade da amostragem e do formato da grade de amostragem (Corá e Beraldo, 2006), e a precisão dos mapas é dependente do método de interpolação utilizado e da qualidade do ajuste semivariograma na estimativa dos valores em locais não amostrados e da variabilidade local. Segundo Souza et al. (2009), quando um atributo do solo varia de um lugar para outro com algum grau de continuidade, a geoestatística é a ferramenta que deve ser utilizada, pois permite uma visão com base na dependência espacial, o que é útil para o planejamento adequado do manejo do solo.

Faraco et al. (2008) explicam que a geoestatística está baseada no estudo de uma função espacial numérica variando de um local para outro continuamente e seus valores são relacionados com a sua posição espacial, permitindo a estimativa de uma determinada variável em locais não amostrados e a aplicação em mapeamentos, planejamentos de amostragens e modelagens (GOMES et al., 2007).

Mesmo com o avanço nos estudos geoestatísticos e inúmeros aperfeiçoamentos das suas técnicas, os estudos iniciados por Matheron (1963) ainda são a teoria base da técnica atual. Nos estudos atuais, a geoestatística expandiu sua aplicabilidade para outras áreas, entre elas têm destaque: Engenharia de Petróleo, Hidrologia, Meteorologia, Cartografia, Agricultura de Precisão, Engenharia Florestal e Ciência do Solo (WEBSTER e OLIVER, 2007; YAMAMOTO e LANDIM, 2013).

**ARTIGO 1**

---

**ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett  
EM UM ESTANDE DE CAATINGA ARBÓREA, BA**

---

(Manuscrito a ser submetido à Revista Ciência Florestal)

1 **ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett EM UM ESTANDE**  
2 **DE CAATINGA ARBÓREA, BA**  
3 **POPULATION STRUCTURE OF *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett IN A STAND OF**  
4 **CAATINGA ARBÓREA, BA**

5  
6 **RESUMO**

7 Objetivou-se caracterizar a estrutura populacional da espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett em  
8 um estande na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá-BA. A área de estudo se localiza na Floresta  
9 Nacional Contendas do Sincorá, no município de Contendas do Sincorá, região Sudoeste do estado da Bahia.  
10 Foram instalados três transectos disjuntos de 40 m x 160 m, subdivididos em 64 parcelas de 10 x 10 m. Nas  
11 parcelas, foram amostrados os indivíduos regenerantes e de porte arbóreo da espécie. Para a coleta de dados do  
12 porte arbóreo, regeneração e estrutura interna (classe de vitalidade, qualidade de fuste, posição de copa e altura  
13 de bifurcação) da espécie, foi seguido o Protocolo de Medição da Rede de Manejo da Caatinga. Nas parcelas,  
14 foram considerados como regeneração natural os indivíduos com altura maior ou igual a 0,5 m e DAP menor  
15 que 5 cm, e foi registrada a classe de altura. Para porte arbóreo, foram considerados todos os indivíduos que  
16 apresentaram os fustes com DAP  $\geq$  5 cm. A densidade, tanto para porte arbóreo, quanto para regeneração, pode  
17 ser considerada alta quando comparada aos demais resultados encontrados para a espécie no bioma Caatinga. A  
18 distribuição diamétrica apresentou-se sob forma de J-invertido, indicando que o fragmento se encontra em  
19 regeneração. Os fustes da espécie apresentaram-se em sua maior parte como saudáveis, mas com grande  
20 porcentagem de bifurcação, trifurcação e demais emissões e tortuosidade abaixo da altura comercial,  
21 características estas que indicam os usos na forma de lenha, estacas e mourões.

22 **Palavras-chave:** Floresta Nacional de Contendas do Sincorá; fitossociologia; classe de vitalidade; qualidade de  
23 fuste.

24  
25 **ABSTRACT**

26 To know, protect and use the natural resources of the vegetation of the Caatinga biome in a sustainable way, it is  
27 necessary to increase the number of floristic and phytosociological surveys in a continuous and regular way.  
28 Therefore, the objective of this research was to characterize the population structure of the species *Commiphora*  
29 *leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett in a stand at Contendas do Sincorá National Forest, BA. The study area is  
30 located in the Contendas do Sincorá National Forest, in the municipality of Contendas do Sincorá, Southwest  
31 region of the State of Bahia. Three disjoint blocks of 40 m x 160 m were subdivided into 64 plots of 10 x 10 m.  
32 In the plots, the regenerating and arboreal individuals of the species were sampled. For the data collection of the  
33 arboreal size, regeneration and internal structure (class of vitality, stem quality, crown position and fork height)  
34 of the species, the Caatinga Management Network Measurement Protocol was followed. In the plots were  
35 considered as natural regeneration the individuals with height greater or equal to 0.5 m and DAP less than 5 cm,  
36 and were registered the height class and for arboreal size were considered all the individuals that presented the  
37 drills with DAP > 5 cm. The density, both for tree size and for regeneration, can be considered high when  
38 compared to other results found for species in the Caatinga biome. The diameter distribution was in the form of  
39 J-inverted, indicating that the fragment is in regeneration. The stems of the species were mostly healthy, but  
40 with a high percentage of bifurcation, trifurcation and other emissions and tortuosity below commercial height,  
41 characteristics that indicate the uses in the form of firewood, cuttings and mourões.

42 **Keywords:** National Forest of Contendas do Sincorá; phytosociology; Class of vitality; Quality of stem.

43  
44 **INTRODUÇÃO**

45 A Caatinga é a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao  
46 território nacional e, proporcionalmente, a menos estudada (LEAL et al., 2005). Ocupa aproximadamente 11%  
47 do território brasileiro (844.453 km<sup>2</sup>) e abriga 28 milhões de pessoas. É o principal bioma da região Nordeste e  
48 o menos conhecido do país e, por isso, é pouco valorizado. A Caatinga, ao contrário do que se pensa, é muito  
49 rica em espécies vegetais e animais, sítios arqueológicos e manifestações culturais, sendo fundamental para o  
50 desenvolvimento do semiárido brasileiro (MMA, 2016).

51 Para conhecer, proteger e utilizar de forma sustentável os recursos naturais da vegetação do bioma  
52 Caatinga, faz-se necessário um aumento do número de levantamentos florísticos e fitossociológicos, de modo  
53 contínuo e regular. Conhecendo a Caatinga, será possível, então, estabelecer ações que preservem seu  
54 patrimônio genético e sua utilização de forma racional, de modo a promover retorno econômico (SANTANA;  
55 SOUTO, 2006).

56 Aproximadamente 80% da madeira extraída da Caatinga é consumida como fonte de energia (lenha e  
57 carvão), representando a maior pressão extrativista na região Nordeste (SAMPAIO; GAMARRA-ROJAS,

58 2002). Figueirôa et al. (2005), afirmaram que o destaque dado à atividade de produção de lenha e carvão, por  
59 muitas vezes, limita e oculta o verdadeiro potencial da região para a produção de produtos mais nobres e,  
60 conseqüentemente, de maior valor e retorno econômico. No entanto, para outros fins, a utilização da madeira é  
61 limitada devido a essa vegetação ter poucas árvores com fuste adequado para a produção de tábuas, linhas,  
62 vigas, postes, dentre outros (GIULIETTI et al., 2002).

63 A espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) é uma das espécies mais  
64 representativas do bioma Caatinga, popularmente conhecida como imburana-de-cambão, imburaninha ou  
65 imburana-de-espinho. Apresenta deciduidade, com comportamento heliófilo, pioneiro e xerófilo. Sua altura  
66 varia entre 3 e 4 metros quando adulta, mas seus maiores indivíduos podem atingir dimensões de  
67 aproximadamente 12 m de altura e 60 cm de diâmetro (LORENZI, 1949). Vale ressaltar que esta espécie  
68 brasileira não é endêmica da Caatinga (GILLET, 1980), sendo, por exemplo, encontrada também em Goiás  
69 (MOREIRA, 1995; SILVA; SCARIOT, 2004).

70 Essa espécie apresenta potencial para uso econômico na região, com distribuição ampla e descontínua  
71 pelo Brasil (biomas Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado) (GIULIETTI et al., 2002; CARVALHO, 2009).  
72 Segundo Maia (2012), essa espécie tem sido indicada para usos múltiplos como da casca, folha, fruto, madeira,  
73 raiz e o látex, que substitui a terebentina na fabricação de vernizes e lacres. Os principais usos dessa espécie têm  
74 sido para alimentação animal, energia, medicinal, aproveitamento alimentar, artesanato, paisagístico, marcenaria  
75 e construção civil. Além disso, fornece abrigo em seus troncos ociosos para as abelhas nativas, além de pólen e  
76 néctar, sendo indicada para a primeira fase de recuperação de áreas degradadas e para enriquecimento das matas  
77 devastadas (CARVALHO, 2009).

78 Na região Nordeste do país, é uma espécie florestal utilizada para fins madeireiros e medicinais. Apesar  
79 de ser uma espécie potencialmente utilizada em diversas categorias, não há informações quanto ao manejo da  
80 espécie e as investigações científicas apontam problemas quanto à regeneração natural, evidenciando que a  
81 oferta de madeira dessa espécie poderá ser reduzida futuramente.

82 Desta forma, este estudo buscou caracterizar a estrutura populacional da espécie *Commiphora*  
83 *leptophloeos* na Floresta Nacional Contendas do Sincorá-BA.

84

## 85 MATERIAL E MÉTODOS

86

### 87 Caracterização da área de estudo

88 O trabalho foi realizado na Floresta Nacional Contendas do Sincorá (FLONA Contendas do Sincorá),  
89 que tem sua sede localizada na rodovia BA-026, km 20, no município de Contendas do Sincorá, estado da  
90 Bahia, situada a 13°55'21" de latitude Sul e 41°06'57" de longitude Oeste, e corresponde a uma área de 11.034  
91 hectares. Foi criada em 1999, como parte de compensação ambiental acordada entre o IBAMA e a antiga  
92 empresa de mineração proprietária. Antes de sua criação como Unidade de Conservação, a propriedade era de  
93 uso exploratório de carvão, que subsidiava as atividades da empresa Magnesita S.A, no período de 1990 a 1994  
94 e, posteriormente, vendida para a empresa Siderúrgica Itaminas S.A, que atuou até 1997, cedendo a propriedade  
95 após esse período como forma de aquisição de Créditos de Recomposição Florestal (MMA, 2006).

96 A formação vegetal predominante na FLONA (Contendas do Sincorá) é a Caatinga arbórea, sendo  
97 classificada, segundo o IBGE (2012), como Savana-Estépica Florestada, este subgrupo de formação é  
98 estruturado fundamentalmente em dois estratos: um, superior, com predominância de nanofanerófitas  
99 periodicamente decíduas e mais ou menos adensadas por grossos troncos em geral, profusamente esgalhados e  
100 espinhosos ou aculeados, e um estrato inferior gramíneo-lenhoso, geralmente descontínuo e de pouca expressão  
101 fisionômica.

102 A classificação climática da região segundo Köppen é de clima semiárido, "BSwh". Tal classificação  
103 pode ser descrita como clima quente e com chuvas escassas e irregulares, concentradas no verão. O período  
104 mais chuvoso vai de novembro a abril, com precipitação média anual entre 596 a 679 mm, temperatura média de  
105 23 °C, umidade relativa de 20 a 40 % e predomina em grande parte da FLONA o solo do tipo Argissolo (MMA,  
106 2006).

107

### 108 Amostragem e coleta de dados

109 Para o estudo fitossociológico da espécie, foram instalados três transectos disjuntos de 40 m x 160 m,  
110 subdivididos em 64 parcelas de 10 x 10 m. Nas parcelas, foram amostrados os indivíduos regenerantes e de porte  
111 arbóreo da espécie *Commiphora leptophloeos*.

112 Foram considerados como regeneração natural os indivíduos com altura maior ou igual a 0,5 m e DAP  
113 menor que 5 cm, conforme a adaptação da metodologia proposta pelo protocolo do Comitê Técnico Científico

114 da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (CTCRMFC, 2005) e foram registradas as seguintes informações:  
115 nome da espécie e a classe de altura (CI = altura de 0,5 até 1,0 m; e CII = altura acima de 1,0 m).

116 Para porte arbóreo foram considerados todos os indivíduos que apresentaram os fustes com DAP  $\geq$  5,0  
117 cm e foram registradas as seguintes informações da espécie: diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro na base  
118 (DNB), altura, classe de vitalidade, qualidade de fuste e posição do dossel (CTCRMFC, 2005).

119 Para avaliar as condições de vitalidade e sanidade das árvores, foram utilizados os parâmetros propostos  
120 pela CTCRMFC (2005), onde foi registrada classe de vitalidade (S = sadio; D = doente e M = morto), qualidade  
121 do fuste (1 = totalmente reto, sem defeitos, sem bifurcações até 2,50 m; 2 = ligeiramente torto ou com poucos  
122 defeitos, sem bifurcações até 2,50 m e 3 = muito torto, com defeitos graves ou com bifurcações até 2,50 m) e a  
123 posição no dossel (D = Dominante; I = Intermediária e O = Oprimida).

124

## 125 **Análise dos dados**

126 Para análise dos dados foi realizada uma análise da estrutura horizontal e vertical da regeneração natural  
127 e do porte arbóreo da espécie na área de estudo.

128 Os parâmetros utilizados para análise da estrutura horizontal da regeneração natural da espécie foram  
129 densidade e frequência absoluta (SOUZA; SOARES, 2013). A estrutura vertical foi analisada de acordo com os  
130 limites de cada estrato: estrato 1 = C1 classe de altura de 0,5 a 1,0 m; e estrato 2 = C2 classe de altura acima de  
131 1,0 m (CTCRMFC, 2005).

132 Para análise da estrutura horizontal do porte arbóreo, os índices foram: densidade, frequência e área  
133 basal. A análise da estrutura vertical da vegetação foi feita através da avaliação da posição sociológica de cada  
134 indivíduo, sendo os mesmos classificados em cada estrato da seguinte forma: estrato 1 = oprimida; estrato 2 =  
135 intermediária e estrato 3 = dominante.

136 Para a distribuição diamétrica dos indivíduos de porte arbóreo foi utilizada amplitude de classe de 5 cm,  
137 conforme metodologia sugerida por Soares et al. (2007), para povoamentos inequidâneos.

138

## 139 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

140

### 141 **Porte arbóreo**

142 A densidade absoluta média foi de 100 ind.ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Esse valor pode ser considerado elevado  
143 quando comparado a outros trabalhos realizados em áreas secas, variando de 3,3 a 84 ind.ha<sup>-1</sup> (ALCOFORADO-  
144 FILHO et al., 2003; QUEIROZ et al., 2006; FABRICANTE; ANDRADE, 2007; DANTAS et al., 2010;  
145 PARENTE et al., 2010; PEREIRA JR et al., 2012; GUERRA et al., 2014; HOLANDA et al., 2015; LEITE et  
146 al., 2015) e inferior quando comparado ao trabalho realizado por Lima e Lima (1988), que encontraram uma  
147 densidade absoluta para espécie de 143 ind.ha<sup>-1</sup> em uma área de Caatinga em Contendas do Sincorá-BA.

148

149 Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos para os indivíduos de porte arbóreo da espécie *Commiphora*  
150 *leptophloeos* em três transectos, na Floresta Nacional Contendas do Sincorá – BA, Brasil, 2017.

151 Table 1. Phytosociological parameters for the arboreal individuals of the *Commiphora leptophloeos* species in  
152 three transects, in the Contendas do Sincorá National Forest – BA, Brazil, 2017.

	NI	DA (ind.ha <sup>-1</sup> )	FA	AB (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )
Transecto I	111	173,44	73,44	1,892
Transecto II	40	62,5	40,62	0,882
Transecto III	41	64,06	39,06	1,182
Média	64	100	51,04	1,32

153 Em que: NI – número de indivíduos; DA – Densidade Absoluta; FA – Frequência Absoluta; AB – Área basal.

154

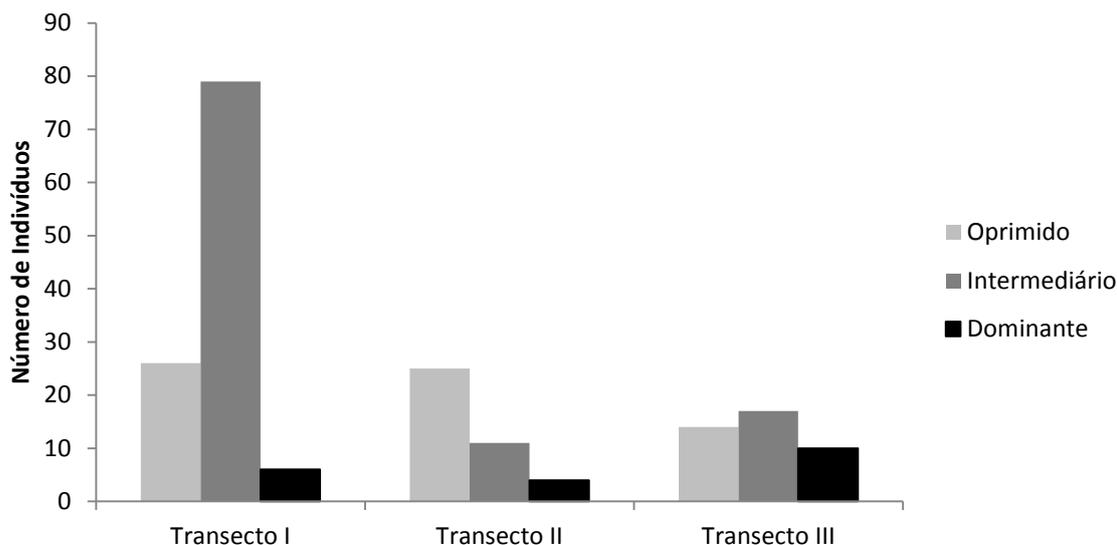
155 A área basal média encontrada foi de 1,32 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (Tabela 1), semelhante ao encontrado por Alcoforado  
156 Filho et al. (2003), com 0,956 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e Guedes et al. (2012), com 0,879 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, e superior aos valores  
157 encontrados por Fabricante e Andrade (2007); Queiroz et al. (2006); Pereira Júnior et al. (2012); Ferraz et al.  
158 (2014) e Leite et al. (2015), com 0,315, 0,056, 0,0793, 0,39 e 0,0334 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

159 A densidade e a área basal das florestas tropicais apresentam variações de acordo com as condições de  
160 solo, disponibilidade hídrica, luminosidade, temperatura, interações biológicas, condições de micro-habitat,  
161 estádios de regeneração, entre outras (GOULD; GONZÁLEZ; CARRERO, 2006; POWERS et al., 2009). A  
162 disponibilidade hídrica tem sido apontada como um dos principais fatores que afetam as comunidades vegetais  
163 em áreas submetidas à forte sazonalidade climática (TREJO; DIRZO, 2002; SEGURA et al., 2003), como

164 ocorre em ambientes de vegetação de Caatinga (ALCOFORADO-FILHO; SAMPAIO; RODAL, 2003;  
 165 ANDRADE et al., 2009).

166 Quanto à estrutura vertical em todos os transectos estudados, a maioria dos indivíduos foi encontrada no  
 167 estrato intermediário, 107 indivíduos, correspondendo a 55,73 %. Nos estratos oprimido e dominante, foram  
 168 encontrados 65 e 20 indivíduos, correspondendo a 33,85 % e 10,42 %, respectivamente. Este resultado também  
 169 foi encontrado por Souza (2012), bem como por Condé e Tonini (2013), estudando a distribuição da estrutura  
 170 vertical em diferentes classes de altura, de modo que concluíram que o estrato intermediário foi superior em  
 171 número de indivíduos.

172 Esta superioridade no número de indivíduos no estrato intermediário se deve, sobretudo, ao transecto I  
 173 (Figura 1), visto que concentrou 71,17 % dos indivíduos. Ao analisar a comunidade como um todo, constatou-se  
 174 que esse transecto apresentou menor desvio padrão, indicando que a dispersão das alturas estão mais próximas  
 175 uma das outras.  
 176



177  
 178 Figura 1. Distribuição da estrutura vertical em três classes de altura, através da altura dos indivíduos de  
 179 *Commiphora leptophloeos* (em relação aos demais), na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá – BA,  
 180 Brasil, 2017.

181 Figure 1. Distribution of the vertical structure in three height classes, by the height of the individuals of  
 182 *Commiphora leptophloeos* (in relation to the others), in the National Forest of Contendas do Sincorá – BA,  
 183 Brazil, 2017.

184  
 185 O transecto III apresentou maior altura média (7,1 m) quando comparado aos demais, e a altura média  
 186 da espécie encontrada nos três transectos estudados foi de 5,56 m, semelhante à citada por Lorenzi (1949), onde  
 187 os indivíduos medem entre seis e nove metros.

188  
 189 **Regeneração**

190 Na Tabela 2, pode-se observar que o número médio de indivíduos amostrados foi elevado, quando  
 191 comparado a outros trabalhos, como o de Farias et al. (2016), que encontraram em um estudo da fisionomia e  
 192 estrutura da vegetação da Caatinga em diferentes ambientes, um total de 11 indivíduos regenerantes. E  
 193 Fabricante e Andrade (2008), que amostraram 17 indivíduos em um remanescente de Caatinga no Seridó  
 194 Paraibano.

195  
 196 Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para os indivíduos regenerantes da espécie *Commiphora leptophloeos*  
 197 em três transectos, na Floresta Nacional Contendas do Sincorá – BA, Brasil, 2017.

198 Table 2. Phytosociological parameters for the regenerating individuals of the *Commiphora leptophloeos* species  
 199 in three transects, in the Contendas do Sincorá National Forest – BA, Brazil, 2017.

	NI	DA (ind.ha <sup>-1</sup> )	FA
Transecto I	44	68,75	45,31
Transecto II	48	75	32,81
Transecto III	10	15,63	10,94

Média	34	53,13	29,69
-------	----	-------	-------

200 Em que: NI – Número de indivíduos; DA – Densidade Absoluta; FA – Frequência Absoluta.

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

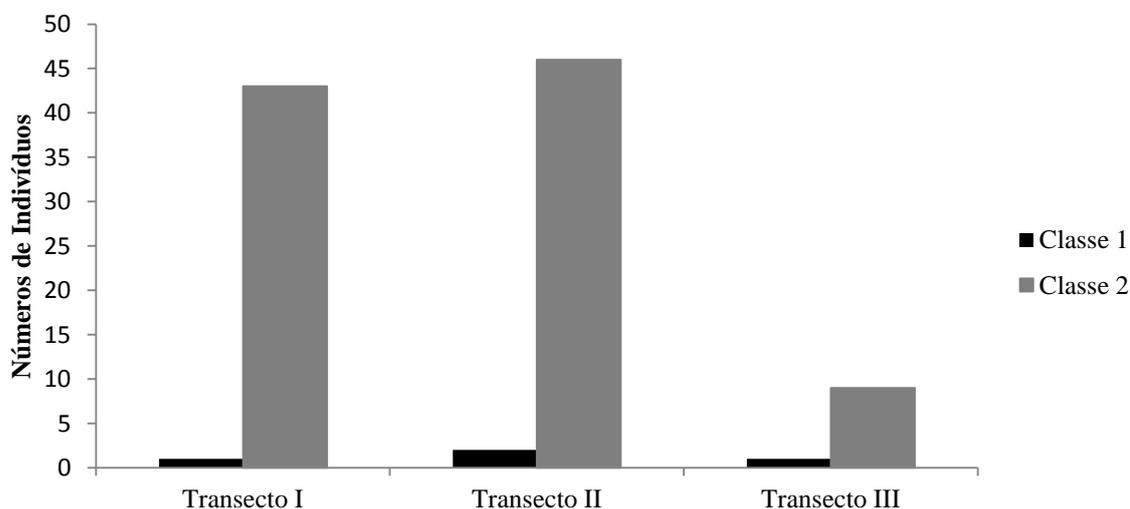
A menor densidade e frequência dos indivíduos regenerantes foi observada no transecto III (Tabela 2). Essa diferença pode estar associada à altura, já que esse transecto obteve a maior média e também a maior quantidade de indivíduos do estrato dominante. Sendo assim, os indivíduos regenerantes foram submetidos a um maior sombreamento, o que dificultou a regeneração, visto que essa espécie é pioneira e heliófita. Wirth, Weber e Ryel (2001) afirmaram que a abertura do dossel em florestas tropicais promove o crescimento e germinação das sementes de plantas lenhosas na regeneração. Bianchini, Pimenta e Santos (2009) relataram ainda que as variações da luminosidade podem influenciar indiretamente os parâmetros estruturais e fisionômicos da regeneração, causando alterações, dentre outros fatores, na temperatura e disponibilidade de umidade.

A regeneração natural de espécies arbóreas em uma comunidade florestal depende da produção de sementes, do estabelecimento das plântulas, da sobrevivência das mudas e do recrutamento (YADAVAND; GUPTA, 2009). Para Padilla e Pugnare (2012), a regeneração natural nos ambientes semiáridos geralmente é lenta, pois depende principalmente da precipitação, da dispersão das sementes, da existência de um banco de sementes viáveis no solo e da rebrota de tocos e raízes.

Observou-se que poucos indivíduos ingressaram na classe I. Alves Júnior et al. (2013), em levantamento fitogeográfico no Cariri Paraibano, observaram apenas um indivíduo regenerante da espécie *Commiphora leptophloeos*. Segundo os autores, esse comportamento demonstra indícios de que algumas espécies da Caatinga não dispõem de recrutamentos contínuos, o que parece ocorrer no presente estudo. Pimentel (2011), em levantamento de área de Caatinga no município de Floresta-PE, encontrou apenas um indivíduo ingresso no período de 2008 a 2011, indicando que possivelmente existe algum fator que limita o recrutamento dos indivíduos nesta classe.

Em vários trabalhos foi possível observar que a espécie apresenta problemas para se estabelecer, devido aos baixos valores de regeneração (PEREIRA et al., 2001; ALVES et al., 2010; ALVES JR. et al., 2013). No entanto, o resultado encontrado foi diferente, assim como o de Farias et al. (2016), onde a *Commiphora leptophloeos* estava dentro das espécies mais abundantes.

Na estratificação vertical, foi observado em todos os transectos um predomínio da segunda classe (Figura 2). Este resultado pode ser atribuído à amplitude da classe, como pode ser observado no trabalho de Souza (2012), que estudou em uma área de Caatinga e encontrou uma maior concentração de indivíduos na classe II.



230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

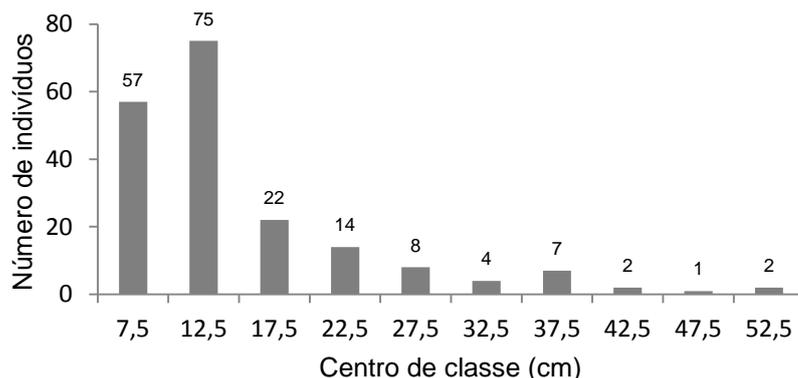
240

Figura 2. Relação do número de indivíduos distribuídos por classes de altura, para a espécie *Commiphora leptophloeos*, na Floresta Nacional Contendas do Sincorá – BA, Brasil, 2017.

Figure 2. Relation of the number of individuals distributed by height classes, for the species *Commiphora leptophloeos* in the Contendas do Sincorá National Forest – BA, Brazil, 2017.

### Classe diamétrica

A distribuição dos indivíduos por classes diamétricas demonstrou uma alta concentração de fustes nas classes de menor diâmetro. O maior diâmetro observado foi de 51,6 cm. A distribuição dos indivíduos por classes diamétricas seguiu a tendência de J-reverso (Figura 3), que é considerada típica das florestas naturais ineqüiâneas.



242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

Figura 3. Distribuição dos indivíduos de *Commiphora leptophloeos* em classes diamétricas de 5cm, na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá – BA, Brasil, 2017.

Figure 3. Distribution of the individuals of *Commiphora leptophloeos* in diametric classes of 5 cm, in the Contendas National Forest of Sincorá – BA, Brazil, 2017.

A distribuição do total de indivíduos por classe diamétrica seguindo o padrão de J invertido indica uma comunidade em regeneração (RODAL et al., 2008). Segundo Imaña-Encinas et al. (2008), uma vez que a grande maioria dos diâmetros pertencerem às classes diamétricas de menor valor, dificilmente as árvores remanescentes poderão atingir grandes diâmetros devido, possivelmente, às características inerentes das próprias espécies.

Outros estudos realizados no bioma Caatinga também encontraram uma maior concentração de indivíduos nas menores classes de diâmetro (RODAL, 1992; PEREIRA et al., 2002; FABRICANTE; ANDRADE, 2007; DANTAS et al., 2010; ALMEIDA NETO et al., 2009; MARAGON et al., 2013; FARIAS et al., 2016). Algumas áreas de Caatinga tendem a apresentar um número muito elevado de indivíduos nas menores classes de diâmetro (SANTANA; SOUTO, 2006; AMORIM et al., 2005), sendo essa distribuição total dos indivíduos uma estrutura positiva da floresta, uma vez que há possibilidade de substituição natural de árvores mortas de classes diamétricas maiores. Isto pode ser considerado como uma estratégia de restabelecimento, após intervenções antrópicas e longos períodos de seca. Esse padrão parece confirmar o relatado em florestas tropicais, no qual independentemente do estágio de desenvolvimento destas, há uma tendência à maior concentração de indivíduos nas classes de menores diâmetros e alturas (CONDIT et al., 1998; DEWALT; SCHNITZER; DENSLOW, 2003).

Queiroz et al. (2006) afirmaram que esse padrão de concentração de indivíduos nas menores classes diamétricas é comum e esperado, principalmente em ecossistemas onde está ocorrendo o processo de regeneração natural.

### 267 Análise qualitativa

268 Em relação à vitalidade dos fustes, 87 % foram classificados como saudáveis, 12,5 % como doentes e  
269 0,5 % como fustes mortos (Tabela 3).

271 Tabela 3. Classes de vitalidade e posição do dossel de *Commiphora leptophloeos* na Floresta Nacional de  
272 Contendas do Sincorá – BA, Brasil, 2017.

273 Table 3. Classes of vitality and position of the canopy of *Commiphora leptophloeos* in the National Forest of  
274 Contendas do Sincorá – BA, Brazil, 2017.

	Vitalidade				Posição do dossel			
	S	D	M	Total	D	I	O	Total
Transecto I	93	17	1	111	6	79	26	111
Transecto II	38	2	-	40	4	11	25	40
Transecto III	36	5	-	41	10	17	14	41
Total	167	24	1	192	20	107	65	192
Total (%)	87	12,5	0,5	100	10,42	55,73	33,85	100

275 Em que: Vitalidade – S = Fuste Sadio; D = Fuste Doente; M = Fuste Morto; Posição do dossel - D = Dominante;  
276 I = Intermediária; O = Oprimida.

277

278 Na análise da vitalidade de cada transecto, observou-se que a maior quantidade dos fustes é sadia. Souza  
279 et al. (2016), estudando um fragmento de Caatinga, registrou 71,73 % de fustes saudáveis. Isto indica que a  
280 espécie apresenta comportamento padrão de uma comunidade do bioma Caatinga, ou seja, muitos indivíduos  
281 saudáveis e baixa mortalidade.

282 Em relação à posição do dossel, a classe intermediária apresentou o maior número de indivíduos, com  
283 uma porcentagem de 55,73 % dos fustes, a classe oprimida, com 33,85 % dos fustes e a classe dominante, 10,42  
284 % dos fustes. Souza et al. (2016), estudando um fragmento de Caatinga, observaram que a classe oprimida  
285 apresentou maior número de indivíduos, com uma porcentagem de 65,17 % dos fustes, a classe intermediária  
286 apresentou 19,84 % dos fustes e a classe dominante, 14,99 % dos fustes.

287 Na análise de qualidade de fuste, observou-se que a maioria dos fustes foi classificada como muito torto,  
288 com defeitos graves (oco, rachado, podre) ou com bifurcações. Poucos indivíduos apresentaram fustes retos e  
289 sem bifurcações (Tabela 4).

291 Tabela 4. Qualidade de fustes da espécie *Commiphora leptophloeos* na Floresta Nacional de Contendas do  
292 Sincorá – BA, Brasil, 2017.

293 Table 4. Quality of stems of the species *Commiphora leptophloeos* in the Contendas do Sincorá National Forest  
294 – BA, Brazil, 2017.

	QUALIDADE DE FUSTE			
	C1	C2	C3	TOTAL
Transecto I	4	34	73	111
Transecto II	1	13	26	40
Transecto III	11	9	21	41
TOTAL	16	56	120	192
TOTAL (%)	8,33	29,17	62,5	100

295 Em que: C1 = totalmente reto, sem defeitos, sem bifurcações até 2,50 m; CII = ligeiramente torto ou com poucos  
296 defeitos, sem bifurcações até 2,50 m e CIII = muito torto, com defeitos graves ou com bifurcações até 2,50 m.

297 Observa-se que 87 % da densidade dos fustes apresentam-se saudáveis e 62,5 % dos fustes apresentam  
298 uma qualidade de fuste classe III. Souza et al. (2016) encontraram em área de Caatinga 71,73 % da densidade  
299 dos fustes saudáveis e 89,40 % apresentaram uma qualidade de fuste classe III, padrão esse típico de vegetação  
300 de Caatinga.

301 Os resultados obtidos mostram baixo potencial de utilização da espécie em estudo para fins mais  
302 rentáveis, como madeira para serraria e movelaria.

## 304 CONCLUSÕES

306 A densidade para regeneração foi considerada alta quando comparada aos demais resultados  
307 encontrados para a espécie no bioma Caatinga.

308 A distribuição diamétrica apresentou-se sob forma de J-invertido, indicando que o fragmento se  
309 encontra em regeneração.

310 Os fustes da espécie apresentaram-se, em sua maior parte, como saudáveis, mas com grande  
311 porcentagem de bifurcação, trifurcação e demais emissões e tortuosidade abaixo da altura comercial,  
312 características que favorecem os usos na forma de lenha, estacas e mourões.

## 314 AGRADECIMENTOS

316 À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB, pela concessão da bolsa de mestrado  
317 ao primeiro autor. Ao ICMBio, pela permissão em desenvolver esta pesquisa na área de estudo e ao Laboratório  
318 de Ecologia e Proteção Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

## 320 REFERÊNCIAS

322 ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um  
323 remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**,  
324 v. 17, p. 287-303, 2003.

325 ALMEIDA NETO, J. X.; ANDRADE, A.P.; LACERDA, A.V.; FÉLIX, L.P.; BRUNO, R.L.A. Composição  
326 Florística, Estrutura e Análise Populacional do Feijão-Bravo (*Capparis flexuosa* L.) no Semiárido Paraibano,  
327 Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 187-194, 2009.

328 ALVES, L. S.; HOLANDA, A. C.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUSA, J. S.; ALMEIDA, P. G. Regeneração  
329 natural em uma área de Caatinga situada no município de Pombal-PB, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e**  
330 **Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 152-168, 2010.

331 ALVES JR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARAGON, L. C.; CESPEDES, G. H. G.  
332 Regeneração natural de uma área de Caatinga no sertão pernambucano, nordeste do brasil. **Cerne**, Lavras, v. 19,  
333 n. 2, p. 229-235, abr./jun., 2013.

334 AMORIM I. L.; SAMPAIO E. V. S. B.; ARAUJO E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de  
335 uma área de Caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 615-623, 2005.

336 ANDRADE, M. V. M. de; ANDRADE, A. P. de.; SILVA, D. S. da.; BRUNO, R. de. L. A.; GUEDES, D. S.  
337 Levantamento florístico e estrutura fitossociológica do estrato herbáceo e subarbustivo em áreas de Caatinga no  
338 Cariri paraibano. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 229-237, jan./mar., 2009.

339 BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Spatial and temporal variation in the canopy cover in a  
340 Tropical Semi-Deciduous Forest. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, p. 269-276, 2009.

341 CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-Espinho - *Commiphora leptophloeos*. In: Comunicado técnico, Brasília,  
342 DF: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

343 COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA. **Rede de manejo**  
344 **florestal da Caatinga**: protocolo de medições de parcelas permanentes/Comitê Técnico Científico. Recife:  
345 Associação Plantas do Nordeste, 2005. 21 p.

346 CONDE, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional,  
347 Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 43, n. 3, p. 247-260, 2013.

348 CONDIT, R.; SUKUMAR, R.; HUBBEL, S. P.; FOSTER, R. B. Predicting population trends from size  
349 distributions: a direct test in a tropical tree community. **The American Naturalist**, v. 152, p. 495-509, 1998.

350 DANTAS, J. G.; HOLANDA, A. C.; SOUTO, L. S.; JAPIASSU, A.; HOLANDA, E. M. Estrutura do  
351 componente arbustivo/arbóreo de uma área de Caatinga situada no município de Pombal-PB. **Revista Verde**,  
352 Mossoró, v. 5, n. 1, p. 134-142, jan./mar., 2010.

353 DEWALT, S. J.; SCHNITZER, S. A.; DENSLOW, J. S. Density and diversity of lianas along a chronosequence  
354 in a central Panamanian lowland forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, p. 1-19, 2003.

355 FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de Caatinga no Seridó  
356 paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 341-349, 2008.

357 FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Relações Sinecológicas da Faveleira – *Cnidocolus phyllacanthus*  
358 (Mull. Arg.) Pax e L. Hoffm. - na Caatinga. In: ANDRADE, L. A. (Ed.) **Ecologia da faveleira na Caatinga**:  
359 bases para a exploração como lavoura xerófila. Campina Grande: Impressos Adilson, 2007, 132 p.

360 FARIAS, S. G. G.; RODAL, M. J. N.; MELO, L.; SILVA, M. A. M.; LIMA, A. L. A. Fisionomia e estrutura de  
361 vegetação de Caatinga em diferentes ambientes em Serra Talhada – Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa  
362 Maria, v. 26, n. 2, p. 435-448, abr./jun., 2016.

363 FERRAZ, R. C.; MELLO, A. A. de; FERREIRA, R. A.; PRATA, A. P. do N. Levantamento fitossociológico  
364 em área de Caatinga no monumento natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.  
365 26, n. 3, p. 89-98, jul./set., 2013.

366 FERRAZ, J. S. F.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, M. V. F. Estrutura  
367 do componente arbustivo-arbóreo da vegetação em duas áreas de Caatinga, no município de floresta,  
368 Pernambuco. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 6, p. 1055-1064, 2014.

369 GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; BOCAGE NETA, A. L.;  
370 FIGUEIREDO, M. A. Plantas endêmicas da Caatinga. In: **Vegetação e flora das Caatingas**. Recife: APNE/  
371 CNIP, Recife, PE, 2002. p. 103-115.

372 GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO,  
373 E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R.  
374 V.; HARLEY, R. M. 2004. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. Biodiversidade da**  
375 **Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004. p. 48-  
376 90.

377 GOULD, W. A.; GONZÁLEZ, G.; CARRERO, R. G. Structure and composition of vegetation along an  
378 elevational gradient in Puerto Rico. **Journal of Vegetation Science**, v. 17, p. 653-664, 2006.

379 GUERRA, A. M. N. M.; PESSOA, M. F.; MARACAJÁ, P. B. Estudo fitossociológico em dois ambientes da  
380 Caatinga localizada no assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN – BRASIL. **Revista Verde** (Mossoró – RN –  
381 BRASIL), v. 9, n. 1, p. 141-150, jan./mar., 2014.

382 GUEDES, R. S.; ZANELLA, F. C. V.; COSTA JÚNIOR, J. E. V.; SANTANA, G. M.; SILVA, J. A.  
383 Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de Caatinga no semiárido  
384 Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 99-108, mar./jun., 2012.

385 HOLANDA, A. C.; LIMA, F. T. D. ; SILVA, B. M. ; DOURADO, R. G. ; ALVES, A. R. . Estrutura da  
386 vegetação em remanescentes de Caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB).  
387 **Revista Caatinga** (Online), v. 28, p. 142-150, 2015.

388 IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.

389 IMAÑA-ENCINAS, J. I.; SANTANA, O. A.; MACEDO, L. A.; PAULA, J. E.; Distribuição diamétrica de um  
390 trecho da floresta estacional semidecidual na área do ecomuseu do Cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 33-45,  
391 jan./mar., 2008.

392 LEAL, I. R.; TABARELLI M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. 3ª ed. - Recife: Ed.  
393 Universitária da UFPE, 2005.

394 LEITE, J. A. N.; ARAÚJO, L. V. C.; ARRIEL, E. F.; CHAVES, L. F. C.; NOBREGA, A. M. F. Análise  
395 quantitativa da vegetação lenhosa da Caatinga em Teixeira, PB. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35,  
396 n. 82, p. 89-100, abr./jun., 2015.

397 LIMA, P. C. F.; LIMA, J. L. S. Composição florística e fitossociologia de uma área de Caatinga em Contendas  
398 do Sincorá, Bahia, microrregião homogênea da chapada diamantina. **Revista Acta Botânica Brasileira**. v. 12,  
399 n. 3, p. 441-450, 1998.

400 LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil:**  
401 volume 2. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1949. 352 p.

402 MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores,  
403 2012. 413 p.

404 MARANGON, G. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. L.; LIRA, D. F. S.; SILVA, E. A.; LOUREIRO, G.  
405 H. Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de Caatinga. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 83-92,  
406 2013.

407 MMA [Ministério do Meio Ambiente]. **Biomias: Caatinga**. Disponível em:  
408 <<http://www.mma.gov.br/biomias/caatinga>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

409 MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo Floresta Nacional Contendas do Sincorá**. Volume I:  
410 Informações Gerais sobre a Floresta Nacional. Brasília, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente dos Recursos  
411 Naturais Renováveis, 2006. 132 p.

412 PARENTE, H. N.; ARAUJO, K. D.; SILVA, E. E.; ANDRADE, A. P.; DANTAS, R. T.; SILVA, D. S.;  
413 RAMALHO, C. I. Parâmetros Fitossociológicos do Estrato Arbóreo-Arbustivo em Áreas Contíguas de Caatinga  
414 no Cariri Paraibano. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v. 12, n. 2, p. 138-141, 2010.

415 PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I. **Sucesión y restauración en ambientes semiáridos**. Disponível em:  
416 <<http://www.aeet.org/ecosistemas>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

417 PEREIRA JR, L. R.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um  
418 fragmento de Caatinga em Monteiro, PB. **HOLOS**, ano 28, v. 6, 2012.

419 PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração Natural em um remanescente  
420 de Caatinga sob diferentes níveis de perpetuação, no Agreste paraibano. **Acta Botanica Brasílica**, v. 15, p. 413-  
421 426, 2001.

422 PEREIRA, I. M. L. ANDRADE, A. de. BARBOSA M. R. de V.; SAMPAIO, E. V. S. B. Composição Florística  
423 e Análise Fitossociológica do Componente Arbustivo-Arbóreo de um remanescente florestal no Agreste  
424 Paraibano. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 16, n. 3, p.357-369, 2002.

425 PIMENTEL, D. J. O. **Dinâmica da vegetação lenhosa em área de Caatinga, Floresta – PE**. 2011. 62 f.  
426 Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

427 POWERS, J. S.; BECKELL, J. M.; IRVING, J.; PÉREZ-AVILES, D. Diversity and structure of regenerating  
428 tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. **Forest Ecology and**  
429 **Management**, v. 258, p. 959-970, 2009.

430 QUEIROZ, J. A., TROVÃO, D. M. B. M., OLIVEIRA, A. B., OLIVEIRA, E. C. S. 2006. Análise da estrutura  
431 fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, p. 251-  
432 259, 2006.

433 RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; LINS-SILVA, A. C. B. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa  
434 (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, Água Funda, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008.

435 RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudo florístico**  
436 **e fitossociológico - ecossistema Caatinga**. Brasília, Sociedade Botânica do Brasil, 1992.

437 SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na estação ecológica do  
438 Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.

439 SEGURA, G.; BALVANERA, P.; DURÁN, E.; PÉREZ, A. Tree community structure and stem mortality along  
440 a water availability gradient in a Mexican tropical dry forest. **Plant Ecology**, v. 169, p. 259-271, 2003.  
441 SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário florestal**. 1 reimpressão, Viçosa,  
442 MG, Ed. UFV, 2007. 276 p.  
443 SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Análise estrutural de floresta nativa**. In: SOUZA, A. L.; SOARES, C. P.  
444 B. Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 322 p.  
445 SOUZA, P. F.; SILVA, J. A.; LUCENA, D. S.; SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; LUCENA, M. F. A.;  
446 SOUZA, A. D. Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de Caatinga, São José de  
447 Espinharas – PB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1317-1330, out./dez., 2016.  
448 SOUZA, P. F. **Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de Caatinga, São José de**  
449 **Espinharas - PB Patos**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de  
450 Campina Grande, Patos.  
451 TREJO, I.; DIRZO, R. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. **Biodiversity**  
452 **Conservation**, v. 11, p. 2048-2063, 2002.  
453 YADAVAND, A. S.; GUPTA, S. K. Natural regeneration of tree species in a tropical dry deciduous thorn forest  
454 in Rajasthan, India. **National Institute of Ecology**, New Delhi, v. 20, p. 5-14, 2009.  
455 WIRTH, R; WEBER, B; RYEL, R. J. Spatial and temporal variability of canopy structure in a tropical moist  
456 forest. **Acta Oecologia**, v. 22, p. 235-244, 2001.

**ARTIGO 2**

---

**ESTRUTURA ESPACIAL DE *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett EM UM  
ESTANDE DE CAATINGA ARBÓREA, BA**

---

(Manuscrito a ser submetido à Revista Ciência Florestal)



## 57 INTRODUÇÃO

58

59 A *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae), pertencente ao grupo ecológico das pioneiras, com  
60 distribuição ampla e descontínua pelo Brasil (CARVALHO, 2009; MAIA, 2012; GIULIETTI et al., 2002). Sua  
61 madeira é muito utilizada para a produção de lenha, carvão e estacas, empregada na marcenaria, construção civil  
62 e confecção de artesanato de esculturas religiosas (LEITE; FRAGA NETO; PALOMINO, 2009), enquadra-se  
63 em categorias de uso medicinal, combustível, construção, forragem, tecnologia e veterinário (LUCENA et al.,  
64 2012). O uso dessa espécie tem sido bastante expressivo, principalmente, na atividade artesanal, demonstrando  
65 ser esta uma alternativa de fonte de renda aos artesãos que a utilizam como matéria-prima para a produção de  
66 esculturas (LORENZI, 1949). Dessa forma, a exploração de espécies com características de múltiplos usos, caso  
67 da imburaninha, requer cuidado especial para evitar riscos de extinção (SAMPAIO, 2002; PAREYN, 2010).

68 Por ser uma espécie de fundamental importância para o equilíbrio do ecossistema, pois fornece pólen e  
69 néctar para as abelhas, sua exploração no bioma Caatinga ocorre de forma desordenada e sem reposição  
70 adequada, podendo acarretar escassez da população. Uma forma de diminuir o impacto da exploração é a  
71 aplicação de um plano de manejo adequado que garanta a sustentabilidade dessa espécie. Assim, o estudo do  
72 padrão de distribuição espacial de espécies dentro da floresta é um aspecto relevante a ser conhecido para o  
73 manejo florestal.

74 A conservação das florestas tropicais tornou-se um grande desafio para várias organizações, todas em  
75 busca do desenvolvimento ambientalmente sustentável (WHITMORE; SAYER, 1997). As estratégias para essa  
76 conservação dependem do conhecimento básico sobre a ecologia das espécies. Estudos relacionados à  
77 distribuição espacial podem fornecer subsídios para o entendimento da dispersão dos indivíduos, da dinâmica  
78 das populações vegetais e indicar os procedimentos adequados para o manejo florestal dos indivíduos na floresta  
79 (SILVA et al., 2008).

80 A distribuição espacial revela como os indivíduos se encontram organizados horizontalmente no  
81 ambiente. Essa organização é resultado da combinação de fatores bióticos e abióticos, que regem a dinâmica dos  
82 processos ecológicos da espécie dentro da floresta (SILVA et al., 2008). A análise da associação espacial entre  
83 indivíduos arbóreos é uma importante ferramenta para o entendimento dos processos ecológicos (GAINO et al.,  
84 2010) e genéticos (VIEIRA et al., 2010) observados nas populações e comunidades florestais, subsidiando  
85 estratégias de conservação e de manejo sustentável das espécies (HAASE, 1995; ANJOS et al., 1998, 2004).

86 O estudo do padrão espacial de espécies que não tenham estudos detalhados permite gerar hipóteses  
87 sobre processos que dão origem a esse padrão (DALE, 1999). Por outro lado, o padrão pode ser resposta à  
88 heterogeneidade ambiental e às interações intra e interespecíficas, tais como competição e predação, dispersão,  
89 crescimento, senescência, mortalidade e reprodução (JANZEN, 1970; BAROT et al., 1999; DALE, 1999;  
90 PERRY et al., 2002; AIBA et al., 2004; PALMIOTTO et al., 2004; RODRIGUES et al., 2007). Nas ciências  
91 florestais, uma grande aplicação está nas investigações sobre a distribuição das espécies, principalmente  
92 daquelas ocorrentes em seu ambiente natural (MARANGON et al., 2013).

93 Com isso, o presente estudo tem por objetivo identificar e analisar o padrão de distribuição espacial de  
94 uma população de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett em um estande na Floresta Nacional de  
95 Contendas do Sincorá, BA.

96

## 97 MATERIAL E MÉTODOS

98

### 99 Descrição da área de estudo

100 O estudo foi realizado na Floresta Nacional Contendas do Sincorá (FLONA Contendas do Sincorá), que  
101 tem sua sede localizada na rodovia BA-026, km 20, no município de Contendas do Sincorá, região Sudoeste do  
102 estado da Bahia, situada a 13°55'21'' de latitude Sul e 41°06'57'' de longitude Oeste, e corresponde a uma área  
103 de 11.034 hectares. Foi criada em 1999, como parte de compensação ambiental acordada entre o IBAMA e a  
104 antiga empresa de mineração proprietária. Antes de sua criação como Unidade de Conservação, a propriedade  
105 era de uso exploratório de carvão, que subsidiava as atividades da empresa Magnesita S.A, no período de 1990 a  
106 1994 e, posteriormente, vendida para a empresa Siderúrgica Itaminas S.A, que atuou até 1997, cedendo a  
107 propriedade após esse período como forma de aquisição de Créditos de Recomposição Florestal (MMA, 2006).

108 A formação vegetal predominante na FLONA (Contendas do Sincorá) é a Caatinga arbórea, sendo  
109 classificada, segundo o IBGE (2012), como Savana-Estépica Florestada. Este subgrupo de formação é  
110 estruturado fundamentalmente em dois estratos: um, superior, com predominância de nanofanerófitas  
111 periodicamente decíduas e mais ou menos adensadas por grossos troncos em geral, profusamente esgalhados e  
112 espinhosos ou aculeados, e um estrato inferior gramíneo-lenhoso, geralmente descontínuo e de pouca expressão  
113 fisionômica.

114 A classificação climática da região segundo Köppen é de clima semiárido, “BSwh”. Tal classificação  
 115 pode ser descrita como clima quente e com chuvas escassas e irregulares, concentradas no verão. O período  
 116 mais chuvoso vai de novembro a abril, com precipitação média anual entre 596 a 679 mm, temperatura média de  
 117 23 °C, umidade relativa de 20 a 40% e predomina em grande parte da FLONA o solo do tipo Argissolo (MMA,  
 118 2006).

119

## 120 Coleta dos dados

121 Para o estudo da distribuição espacial foram instalados três transectos disjuntos de 40 m x 160 m,  
 122 subdivididos em 64 parcelas de 10 x 10 m. Nas parcelas, foram amostrados os indivíduos regenerantes e de porte  
 123 arbóreo da espécie *Commiphora leptophloeos*.

124 Nas parcelas foram considerados como regeneração natural os indivíduos com altura maior ou igual a  
 125 0,5 m e DAP menor que 5 cm, e para porte arbóreo foram considerados todos os indivíduos que apresentaram os  
 126 fustes com DAP  $\geq$  5,0 cm, conforme a adaptação da metodologia proposta pelo protocolo do Comitê Técnico  
 127 Científico da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (CTCRMFC, 2005).

128

## 129 Padrão espacial

130 Para a detecção do padrão espacial foram utilizados o índice de Dispersão (ID) (PAYANDEH, 1970) e  
 131 o índice de Morisita (Id) (MORISITA, 1962).

132 O índice de Dispersão (ID) (PAYANDEH, 1970) determina o grau de agregação da espécie por meio da  
 133 relação existente entre a variância do número de indivíduos, por parcela, e a média do número de indivíduos  
 134 (BARROS; MACHADO, 1984; CALEGÁRIO et al., 1993). Quando  $P_i < 1,0$ , ocorre o não agrupamento ou  
 135 aleatório; quando  $1,0 \leq P_i < 1,5$  indica tendência ao agrupamento e, quando  $P_i \geq 1,5$ , indica agrupamento ou  
 136 agregação.

137 Com base no índice de dispersão de Morisita (Id), valores encontrados menores que 1,0 indicam uma  
 138 distribuição uniforme, valores iguais a 1,0 indicam distribuição aleatória e valores maiores que 1,0 indicam  
 139 distribuição agregada.

140 O teste  $\chi^2$  (qui-quadrado) foi usado para examinar estatisticamente os padrões em relação à  
 141 aleatoriedade, a p-1 graus de liberdade. Se a diferença for significativa, o padrão não será aleatório, tendo,  
 142 portanto, tendência ao agrupamento (BROWER; ZAR, 1997).

143 O valor do  $\chi^2$  foi verificado com significância de 5%. A interpretação do valor do qui-quadrado foi  
 144 baseada no seguinte critério: se o valor calculado for menor que o valor tabelado, o Id não difere  
 145 significativamente de 1 e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatória. Por outro lado, se o valor do  
 146 qui-quadrado calculado for maior que o tabelado, a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada.

147 A ocorrência dos indivíduos nas parcelas foi comparada com a distribuição de Poisson.

148

## 149 RESULTADOS E DISCUSSÃO

150

151 Na Tabela 1 encontram-se os índices de dispersão de Payandeh (ID), Morisita (Id) e qui-quadrado ( $X^2$ )  
 152 para cada transecto.

153

154 Tabela 1. Padrão de distribuição espacial da espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett pelos  
 155 índices de agregação de Payandeh (ID), Índice de Morisita (Id) e qui-quadrado ( $X^2$ ), em um estande na Floresta  
 156 Nacional de Contendas do Sincorá-BA.

157 Table 1. Spatial distribution pattern of the species *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett by the indices  
 158 of Payandeh (ID), Morisita (Id) and chi-square ( $X^2$ ) index in a stand at Contendas do Sincorá National Forest-  
 159 BA.

	Porte arbóreo				Regeneração			
	N	ID	Id	$X^2$	N	ID	Id	$X^2$
Transecto I	111	2,66	1,95	167,49	44	1,29	1,42	81,09
Transecto II	40	1,45	1,72	91,20	48	3,68	4,60	232,00
Transecto III	41	1,90	2,42	119,78	10	1,47	4,27	92,40

160 Em que: N: números de indivíduos; ID: Índice de Dispersão de Payandeh; Id: índice de Morisita;  $X^2$ : valor do  
 161 qui-quadrado calculado.

162

163 O índice de Payandeh (ID) detectou, tanto para porte arbóreo quanto para regeneração, um padrão  
 164 “agregado” ou “com tendência ao agrupamento”. Resultados similares foram encontrados para porte arbóreo da

165 espécie com padrão do tipo “agregado” (MENDES JÚNIOR et al., 2009; SANTANA et al., 2016). Já Maragon  
 166 et al. (2013) e Oliveira et al. (2013), estudando o porte arbóreo da espécie em área de Caatinga, constataram que  
 167 a espécie tinha “tendência ao agregamento”.

168 Soares (2012), estudando a regeneração natural em duas épocas em um remanescente de Caatinga no  
 169 semiárido sergipano, identificou que a espécie tende ao padrão agregado. O autor observou que foi uma das  
 170 espécies que apresentou o maior valor de distribuição pelo índice de Payandeh.

171 Para Silva et al. (2009), a formação de padrões agregados para os indivíduos mais jovens está  
 172 relacionada à dispersão de sementes em curta distância e à ocorrência de partes mais favoráveis de um hábitat,  
 173 ainda que, devido à eliminação por competição intraespecífica, o padrão possa tender a aleatório ou uniforme. O  
 174 padrão agregado ocorre principalmente em razão do maior número de sementes e plântulas próximas da planta-  
 175 mãe e do grau de heterogeneidade ambiental (CONDIT et al., 2000).

176 Em todos os transectos, os valores do índice de Payandeh foram superiores a 1,0, indicando uma  
 177 distribuição espacial agregada ou tendendo à agregação na vegetação. Mendes Júnior et al. (2009) e Calixto  
 178 Júnior e Drumond (2014), evidenciaram ser comum a ocorrência deste fenômeno em ambientes de Caatinga,  
 179 onde espécies mais abundantes surgem agrupadas ou com tendência ao agrupamento. Martins et al. (2003)  
 180 verificaram que este fator é comum em florestas tropicais, onde espécies mais abundantes surgem agrupadas ou  
 181 tendem ao agrupamento. Já Alves-Junior et al. (2006), relataram que espécies com maior valor de importância  
 182 tendem a ocorrer unidas ou em pequenas manchas.

183 Segundo Santana et al. (2011), a característica de agregação da espécie pode estar relacionada com a sua  
 184 elevada produção anual de sementes, ao padrão de dispersão de suas sementes e à grande capacidade de  
 185 sobrevivência durante a época seca, perdendo as folhas, mas rebrotando logo após as primeiras chuvas.

186 Para todos os transectos, tanto para o porte arbóreo quanto para regeneração, o total de indivíduos  
 187 avaliados apresentou padrão de distribuição agregado para o índice de Morisita (Id), com valores que variaram  
 188 de 1,42 a 4,60, demonstrando que essa espécie tende a se agrupar. Este resultado corrobora com o valor de 5,29  
 189 obtido para a espécie, por Maragon et al. (2013).

190 Os valores do qui-quadrado calculados tanto para o porte arbóreo quanto para a regeneração em todos os  
 191 transectos foram maiores do que o valor do qui-quadrado tabelado, indicando uma distribuição agregada dos  
 192 indivíduos de *C. leptophloeos*.

193 A distribuição agrupada é verificada quando, em parcelas semelhantes, o número de indivíduos varia  
 194 fortemente de uma parcela a outra, a ponto de formarem conjuntos de parcelas de acordo com a densidade de  
 195 indivíduos (GREIG-SMITH, 1964; KERSHAW, 1973; MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974;  
 196 BARBOUR et al., 1987).

197 Para porte arbóreo, a maioria das parcelas em todos os transectos apresentou entre um e três indivíduos.  
 198 Resultado similar foi encontrado para a regeneração onde a maioria das parcelas apresentou entre um e dois  
 199 indivíduos (Tabela 2).

201 Tabela 2. Porcentagem de parcelas por número de indivíduos de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett  
 202 em um estande na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá-BA.

203 Table 2. Percentage of plots per number of individuals of *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett at a  
 204 stand in Contendas do Sincorá National Forest-BA.

NInd	Transecto I Frequências				Transecto II Frequências				Transecto III Frequências			
	PA		R		PA		R		PA		R	
	Fo	Fe	Fo	Fe	Fo	Fe	Fo	Fe	Fo	Fe	Fo	Fe
0	18	17,65	57	50,28	38	53,53	43	47,24	39	52,70	38	85,53
1	22	30,61	4	34,57	17	33,45	12	35,43	17	33,76	17	13,36
2	11	26,55	3	11,88	6	10,45	2	13,29	5	10,81	6	1,04
3	4	15,35	0	2,72	1	2,18	5	3,32	0	2,31	1	0,05
4	2	6,65	0	0,47	2	0,34	-	0,62	1	0,37	2	0,00
5	3	2,31	-	-	-	-	-	0,09	2	0,05	-	-
6	2	0,67	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-
7	0	0,17	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-
8	0	0,04	-	-	-	-	1	0,00	-	-	-	-
9	1	0,01	-	-	-	-	1	0,00	-	-	-	-
10	0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	1	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

205 Em que: NInd – número de indivíduos; PA – porte arbóreo; R – regeneração; Fo – frequência observada; Fe –  
206 frequência esperada.

207 No porte arbóreo, pode-se verificar a existência de mais parcelas com maior número de indivíduos do  
208 que o esperado (Tabela 2). Foram observadas no Transecto I mais parcelas com cinco, seis, nove e onze  
209 indivíduos do que o esperado, demonstrando sua concentração. No Transecto II, este padrão foi encontrado em  
210 parcelas com quatro indivíduos. Já no Transecto III, pôde ser observado nas parcelas com quatro e cinco  
211 indivíduos. Este resultado por si só já indica um padrão agregado para a espécie.

212 Dentre os aspectos ecológicos da *Commiphora leptophloeos*, destaca-se o fato de a espécie possuir  
213 dispersão ampla e irregular (LORENZI, 1949), podendo a agregação ser comum em espécies com essa  
214 característica. Esta espécie é reputada como pioneira e indicada para a primeira fase de recuperação de áreas  
215 degradadas (CARVALHO, 2009). De acordo com Nasi (1993), espécies que habitam locais alterados tendem a  
216 se agregar. O autor ainda caracteriza essas espécies como agressivas, sendo adaptadas a variadas condições  
217 ecológicas, o que se aplica à espécie estudada. Outra característica importante está em sua dispersão zoocórica,  
218 principalmente pela avifauna (CARVALHO, 2009), que segundo Antonini e Nunes Freitas (2004), o padrão  
219 agregado de distribuição espacial é característico de espécies vegetais dispersas por animais.

220 Os animais dispersores têm grande influência sobre os padrões espaciais de sementes e,  
221 consequentemente, de plântulas (CRAWLEY, 1986). As aves, por exemplo, têm um comportamento alimentar  
222 ligado ao uso de poleiros naturais. Os roedores, ao invés de consumi-las no mesmo local, levam para abrigos de  
223 alimentação. Devido a esses comportamentos, as sementes contidas nos frutos são, em sua maioria, descartadas  
224 ou defecadas em tais locais, gerando um padrão de agregação secundário nas plântulas (MELLO, 2002). O grau  
225 de influência da dispersão das sementes depende também da maneira como estão distribuídas as plantas-mãe  
226 (CRAWLEY, 1986).

227 A presença de clareiras é um fator que favorece a agregação dos indivíduos jovens, devido ao aumento  
228 da intensidade de luz (CAPRETZ, 2004), principalmente para a espécie em estudo, onde a mesma apresenta  
229 comportamento heliófilo, sendo que os diferentes níveis de intensidade luminosa proporcionada pelo dossel e  
230 clareiras podem aumentar a sobrevivência de plântulas em locais específicos.

231

## 232 CONCLUSÕES

233

234 Os valores do padrão de distribuição espacial da espécie, para porte arbóreo e regeneração, apontam  
235 uma distribuição espacial agregada ou com tendência ao agrupamento. O que confirma a característica da  
236 espécie imburaninha de formar mosaicos na vegetação, fato que contribui ao entendimento do comportamento  
237 da espécie analisada e colabora para possíveis intervenções, sejam elas de caráter exploratório ou  
238 conservacionista, em áreas de Caatinga.

239 O padrão de distribuição espacial é semelhante a outros estudos desenvolvidos na Caatinga, com as  
240 maiores populações formando pequenos agrupamentos e a maioria das espécies apresentando distribuição  
241 agregada.

242

## 243 AGRADECIMENTOS

244

245 À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, pela concessão da bolsa de mestrado  
246 ao primeiro autor. Ao ICMBio do estado da Bahia pela permissão em desenvolver esta pesquisa na área de  
247 estudo e ao Laboratório de Ecologia e Proteção Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia –  
248 UESB.

249

## 250 REFERÊNCIAS

251

252 AIBA, S. I.; KANEHIRO, K.; TAKYU, M. Habitat associations with topography and canopy structure of tree  
253 species in a tropical montane forest on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Ecology**, v. 174, n. 1, p. 147-161, 2004.  
254 ALVES JUNIOR, F. T.; BRANDÃO, C. F. L. S.; ROCHA, K. D.; MARAGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.  
255 Efeito de borda na estrutura de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, Recife, PE.  
256 **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 1, n. 1, p. 49-56, 2006.  
257 ANJOS, A.; COUTO, H. T. Z.; BATISTA, J. L. F.; REIS, A. Análise de um efeito de um manejo em regime de  
258 rendimento sustentável sobre o padrão de distribuição espacial do Palmiteiro (*Euterpe edulis* Martius),  
259 utilizando a função K de Ripley. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 215-225, 1998.

260 ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição  
261 espacial da Araucária (Araucária Angustifolia) em algumas áreas do Paraná, utilizando a função K de Ripley.  
262 **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 36-45, 2004.

263 ANTONINI, R. D.; NUNES-FREITAS, A. F. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Miconia prasina*  
264 DC. (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. **Acta**  
265 **Botânica Brasileira**, n. 18, p. 671-676, 2004.

266 BARBOUR, M. G.; BURK, J. H.; PITTS, W. D. **Terrestrial Plant Ecology**. 2. ed. Menlo Park: CA. Benjamin  
267 Cummings Publishing, 1987. 634 p.

268 BARROS, P. L. C.; MACHADO, S. S. **Aplicação de índice de dispersão em espécies de florestas tropicais**  
269 **da Amazônia Brasileira**. 1 ed. Curitiba: FUFPEF, 1984. 44 p.

270 BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J. C. Demography of a savanna palm tree: predictions from  
271 comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1987-2005, 1999.

272 BROWER, J. E.; ZAR, J. H. 1997. Biotic sampling methods. In: BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field and**  
273 **laboratory methods for general ecology**. 2nd ed. Iowa: Northern Illinois University, 1997. 226 p.

274 CALEGARIO, N.; SOUZA, A. L.; MARAGON, L. C.; SILVA, A. F. Estimativas dos parâmetros de  
275 distribuição e de associação de espécies vegetais nativas regeneradas no sub-bosque de *Eucalyptus*, no  
276 município de Belo Oriente/MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 146-16, 1993.

277 CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A. Estudo comparativo da estrutura fitossociológica de dois  
278 fragmentos de Caatinga em níveis diferentes de conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p.  
279 345-355, 2014.

280 CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de**  
281 **São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley**. 2004. 93 f. Dissertação  
282 (Mestrado Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

283 CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-Espinho - *Commiphora leptophloeos*. In: Comunicado técnico, Brasília,  
284 DF: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas. 2009.

285 COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA. **Rede de manejo**  
286 **florestal da Caatinga**: protocolo de medições de parcelas permanentes/Comitê Técnico Científico. Recife:  
287 Associação Plantas do Nordeste, 2005. 21 p.

288 CONDIT, R.; ASHTON, P.; BAKER, P.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; GUNATILLEKE, S.; GUNATILLEKE,  
289 N.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B.; ITOH, A.; LAFRANKIE, J. V.; LEE, H. S.; LOSOS, E.;  
290 MANOKARAN, N.; SUKUMAR, R.; YAMAKURA, T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree  
291 species. **Science**, v. 288, p. 1414-1418, 2000.

292 CRAWLEY, M. J. **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986. 496 p.

293 DALE, M. R. T. **Spatial pattern analysis in plant ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1999. 326p.

294 GAINO, A. P. S. C.; SILVA, A. M.; MORAES, M. A.; ALVES, P. F.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L.  
295 M.; SEBBENN, A. M. Understanding the effects of isolation on seed and pollen flow, spatial genetic structure  
296 and effective population size of the dioecious tropical tree species *Myracrodruon urundeuva*. **Conservation**  
297 **Genetics**, v. 11, n. 5, p. 1631-1643, 2010.

298 GIULIETTI, A. M.; HARLEY, L.P.; QUEIROZ, M.R.V.; BARBOSA, A.L.; BOCAGE NETA, M.A.  
299 FIGUEIREDO. Plantas endêmicas da Caatinga. In: **Vegetação e flora das Caatingas**. Recife: APNE/ CNIP,  
300 Recife, PE, 2002. p. 103-115.

301 GREIG-SMITH, M. A. P. **Quantitative Plant Ecology**. 2. ed. London: Buther Worths, 1964. 359 p.

302 HAASE, P. Spatial pattern analysis in ecology on Ripley's K-function: introduction and edge correction.  
303 **Journal of Vegetation Science**, v. 6, p. 575-582, 1995.

304 IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.

305 JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v.  
306 104, n. 940, p. 501-528, 1970.

307 KERSHAW, K. A. **Quantitative and Dynamic Plant Ecology**. 2. ed. New York: American Elsevier, 1973. 318  
308 p.

309 LEITE, A. A. M.; FRAGA NETO, A. F.; PALOMINO, R. C. Conhecimento, inovação e sustentabilidade no  
310 setor tradicional: o caso dos artesãos de Petrolina - PE. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 5, p. 158-  
311 171, 2009.

312 LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil:  
313 volume 2. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1949. 352 p.

314 LUCENA, R. F. P.; SOARES, T. C. S.; VASCONCELOS NETO, C. F. A.; CARVALHO, C. F. N.; LUCENA,  
315 C. K.. M.; ALVES, R. R. N. Uso de recursos vegetais da Caatinga em uma comunidade rural no Curimataú  
316 Paraibano (Nordeste do Brasil). **Polibotânica**, México, n. 34, p. 217-238, 2012.

317 MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. 2. ed. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores,  
318 2012. 413 p.

319 MARAGON, G. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; LIRA, D. F. S.; SILVA, E. A.; LOUREIRO, G. H.  
320 Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de Caatinga. **FLORESTA**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 83-  
321 92, jan./mar., 2013.

322 MARTINS, S. S.; COUTO, L.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.L. Efeito da exploração florestal seletiva em  
323 uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 65-70, 2003.

324 MARTINS, C. F.; LAURINO, M. C.; KOEDAM, D.; FONSECA, V. L. I. Espécies arbóreas utilizadas para  
325 nidificação por abelhas sem ferrão na Caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). **Biota Neotropica**, n. 4, p. 1-8,  
326 2004.

327 MELLO, M. A. R. **Distribuição espacial de plantas em florestas Neotropicais**. Campinas, SP: Universidade  
328 Estadual de Campinas, 2002. 15p.

329 MENDES JÚNIOR, I. J. H; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; ALVES JÚNIOR, F. T.; SILVA, A. E.;  
330 CÉSPEDES, G. H. G. Distribuição espacial, diversidade florística e regeneração de uma área de Caatinga após  
331 20 anos de corte. In: IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSAO, 2009, Recife. **Anais...** Recife:  
332 EDUFRPE, 2009. v. 9.

333 MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo Floresta Nacional Contendas do Sincorá**. Volume I:  
334 Informações Gerais sobre a Floresta Nacional. Brasília, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente dos Recursos  
335 Naturais Renováveis, 2006. 132 p.

336 MORISITA, M. Id-index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on Population Ecology**, Kyoto,  
337 v. 4, p. 1-7, 1962.

338 MÜLLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey;  
339 Sons, 1974. 547 p.

340 NASI, R. Analysis of the spatial structure of a rattan population in a mixed dipterocarp forest of Sabah  
341 (Malaysia). **Acta Oecologica**, v. 34, n. 1, p. 73-85, 1993.

342 OLIVEIRA, C. P.; LIMA, R. B. ; SILVA, R.C.S. ; ALVES JUNIOR, F.T. ; CESPEDES, G.H.G. ; SILVA,  
343 J.A.A. ; FERREIRA, R.L.C. Distribuição espacial de espécies em vegetação de Caatinga, Floresta-PE. 2013.  
344 Trabalho apresentado na XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2013 – UFRPE:  
345 Recife, 09/ 13 dez. 2013.

346 PALMIOTTO, P. A.; DAVIES, S. J.; VOGT, K. A.; ASHTON, M. S.; VOGT, D. J.; ASHTON, P. S. Soil-  
347 related habitat specialization in dipterocarp rain forest tree species in Borneo. **Journal of Ecology**, v. 92, n. 4, p.  
348 609-623, 2004.

349 PAREYN, F. G. C. **A importância da produção não-madeireira na Caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal  
350 Brasileiro, 2010. p. 131-144.

351 PAYANDEH, B. Comparison of method for assessing spatial distribution of trees. **Forest Science**, v. 16, n. 3,  
352 p. 312-317, 1970.

353 PERRY, J. N.; LIEBHOLD, A. M.; ROSENBERG, M. S.; DUNGAN, J.; MIRITI, M.; JAKOMULSKA, A.;  
354 CITRON-POUSTY, S. Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial  
355 pattern in ecological data. **Ecography**, v. 25, n. 5, p. 578-600, 2002.

356 RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia  
357 sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em  
358 Luminárias, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

359 SAMPAIO, E. V. S. B. Usos das plantas da Caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B. et al. (Ed.). **Vegetação e flora**  
360 **da Caatinga**. Recife: APNE; CNIP, 2002. p. 49-90.

361 SANTANA, J. A. S.; VIEIRA, F. A.; PACHECO, M. V.; OLIVEIRA, P.R.S. Padrão de distribuição e estrutura  
362 diamétrica de *Caesalpinia pyramidalis* Tul.(Catingueira) na Caatinga do Seridó. **REVISTA DE BIOLOGIA E**  
363 **CIÊNCIAS DA TERRA**, v. 11, n. 1, 2011.

364 SANTANA, J.A.S.; SANTANA JR, J. A.S.; BARRETO, W.S.; FERREIRA, A.T.S. Estrutura e distribuição  
365 espacial da vegetação da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó, RN. **Pesquisa florestal brasileira**,  
366 Colombo, v. 36, n. 88, p. 355-361, out./dez. 2016.

367 SILVA, K. E. da; MARTINS, S. V.; SANTOS, N. T.; RIBEIRO, C. A. A. S. Padrões espaciais de espécies  
368 arbóreas tropicais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: UFRV, 2009.  
369 p. 216-244.

370 SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S.; JÚNIOR, L. C.; ANDRADE, I. S.; OLIVEIRA, A. D.  
371 Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac Leish) sujeita ao sistema de  
372 manejo porta-sementes. **Revista Cerne**, v. 14, n. 4, p. 311-316, 2008.

373 SOARES, N. MOTA. **Regeneração natural da flora lenhosa em um remanescente de Caatinga sob**  
374 **diferentes níveis de perturbação, no semiárido sergipano.** 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e  
375 Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE, 2012.  
376 VIEIRA F. A.; CARVALHO D.; HIGUCHI, P.; MACHADO, E. L.; SANTOS, R. M. Spatial pattern and  
377 finescale genetic structure indicating recent colonization of the palm *Euterpe edulis* in a Brazilian Atlantic forest  
378 fragment. **Biochemical Genetics**, v. 48, p. 96-103, 2010.  
379 WHITMORE, T.C. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. In: W.F. Laurance; R.O.  
380 Bierregaard. **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities.**  
381 Chicago: University of Chicago Press, 1997. p. 3-12.

**ARTIGO 3**

---

**CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E  
DISTRIBUIÇÃO DE *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet**

---

(Manuscrito a ser submetido à Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

## **Correlação espacial entre atributos químicos do solo e distribuição de *Commiphora leptopholoeos* (Mart.) J.B. Gillet**

### **Resumo**

O objetivo desse estudo foi caracterizar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e das variáveis dendrométricas da espécie *Commiphora leptopholoeos* (Mart.) J.B. Gillet, em um estande na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá, BA. Foram instalados três transectos disjuntos de 40 x 160 m, subdivididos em 64 parcelas de 10 x 10 m. Nas parcelas, foram amostrados de todos os indivíduos que apresentaram os fustes com diâmetro à altura do peito (DAP) > 5 cm. Em cada parcela foi feito o georreferenciamento (por meio de um ponto central) e coletadas cinco amostras simples de solo na profundidade de 0 a 10 cm, para a determinação do pH, P, K, Ca, Mg, Al, matéria orgânica e saturação por bases (V %). Para a amostragem dos atributos dendrométricos, coletou-se o DAP e altura total de cada indivíduo da espécie. A maioria das variáveis químicas do solo apresentou estrutura de dependência espacial moderada. Entre os modelos de semivariogramas, o gaussiano e o esférico obtiveram o melhor ajuste para a maioria dos atributos químicos do solo. Os atributos dendrométricos da espécie ajustaram-se melhor pelo modelo exponencial. Existe uma correlação fraca negativa entre os atributos químicos e os atributos dendrométricos.

Palavras-chave: floresta nacional de contendas do sincorá; dependência espacial; semivariogramas

### **Spatial correlation between chemical attributes of the soil and distribution of *Commiphora leptopholoeos* (Mart.) J.B. Gillet**

### **Abstract**

The objective of this study was to characterize the spatial variability of soil chemical attributes and dendrometric variables of the specie *Commiphora leptopholoeos* (Mart.) J.B. Gillet, in a stand at Contendas do Sincorá National Forest, BA. Three disjoint transects of 40 x 160 m were subdivided into 64 plots of 10 x 10 m. In the plots, we sampled all the individuals that presented the stems with diameter at breast height

(DBH) > 5 cm. In each plot the georeferencing was done (through a central point) and five simple soil samples were collected at depths of 0 to 10 cm for the determination of pH, P, K, Ca, Mg, Al, organic matter and saturation by bases (V %). For the sampling of the dendrometric attributes, the DBH and total height of each individual of the species were collected. Most soil chemical variables showed moderate spatial dependence structure. Among the semivariograms models, gaussian and spherical obtained the best fit for most soil chemical attributes. The dendrometric attributes of the species were best fitted by the exponential model. There is a weak negative correlation between chemical attributes and dendrometric attributes.

Key words: sincorá contendas national forest; space dependence; semivariograms

## INTRODUÇÃO

O estudo de espécies nativas cumpre um importante papel socioambiental no Brasil, tendo em vista que as plantas nativas são ferramentas fundamentais no combate ao desmatamento. Logo, se torna fundamental estudar e quantificar as variáveis dendrométricas, de modo que se possa ter um maior desenvolvimento da espécie em um tempo menor, minimizando assim os efeitos antrópicos de maneira eficaz (MELO et al., 2016).

A espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet pertence à família Burseraceae, nativa no bioma Caatinga, possuindo diversas utilizações. A matéria-prima provinda da espécie é utilizada principalmente para a produção de esculturas religiosas (FERRAZ et al., 2012), tem grande importância na meliponicultura do Nordeste (MAIA, 2012), além de ser utilizada na fabricação de forragem (MATEUS; FANTINI; MELLO, 2013) e uso medicinal (MAIA, 2012; SILVA et al., 2012). Assim, torna-se fundamental que sejam realizadas pesquisas para que se possa garantir um manejo eficiente da espécie.

Uma técnica que auxilia a avaliação e a compreensão dos recursos naturais é a geoestatística, que permite descrever a continuidade espacial, característica essencial de muitos fenômenos naturais. A geoestatística oferece um conjunto de ferramentas estatísticas que incorporam, no processamento dos dados, as coordenadas espaciais das observações (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989).

Os programas geoestatísticos surgem como mecanismos que auxiliam no inventário florestal tanto de espécies exóticas como de nativas, tendo em vista que utilizam de técnicas de amostragem que permitem a obtenção de informações confiáveis. Assim, monitorando os recursos através de uma amostra representativa da população, utilizando como dados as características desejáveis da espécie, como por exemplo, diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (Ht), pode-se destacar também uma ferramenta promissora a qual permite caracterizar os padrões espaciais dos atributos do solo (BROCCA et al., 2007; ZHU; SHAO, 2008), possibilitando o mapeamento desses atributos com relativo grau de precisão, permitindo o estudo e inferências ao comportamento dessas variáveis.

Na literatura, é possível encontrar diversos estudos enfocando a variabilidade do solo e sua correlação entre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com a posição dos mesmos na paisagem (AMARO FILHO et al., 2007; CAMPOS et al., 2009; SANCHEZ et al., 2009). Tais estudos levam em consideração também o preceito do conhecimento das superfícies geomórficas e, conseqüentemente, os efeitos na produção das culturas, por conta da dependência espacial dos atributos com a planta, por meio de interpolação geoestatística, denominada krigagem, para estimar valores em locais não amostrados (MATIAS et al., 2015).

O solo normalmente apresenta variações nos seus atributos, mesmo em áreas consideradas homogêneas e pertencentes à mesma classe de solo (AMARO FILHO et al., 2007). Este fato ocorre porque o material de origem dos solos não é uniforme devido às diferenças com relação à dureza, composição química, cristalização, etc., associado às condições de relevo, clima e organismos que atuam na gênese dos mesmos (SOUZA et al., 2010).

Dessa forma, várias tecnologias são levadas a campo visando à utilização de sistema de manejo que considere a variabilidade espacial de fatores ligados ao desenvolvimento das plantas e atributos do solo (GOOVAERTS, 2001). Dentre essas tecnologias, pode-se destacar o uso e as aplicações de técnicas geoestatísticas, que se baseiam na teoria das variáveis regionalizadas. Para Campos et al. (2009), os mapas de variabilidade espacial dos atributos do solo fornecem informações importantes para o estabelecimento de práticas de manejo adequadas do solo e das plantas, visto que, o desenvolvimento das plantas tende a acompanhar a distribuição espacial e a variação de nutrientes no solo.

A utilização de técnicas geoestatísticas, por se tratar de mecanismo não destrutivo e de rápida obtenção de resultados quando comparadas ao método tradicional de estimação, apresenta uma redução considerável nos custos ao final da produção (CARVALHO & RIBEIRO JÚNIOR, 2012). Desse modo, este trabalho tem por objetivo caracterizar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e das variáveis dendrométricas da espécie *Commiphora leptophloeos*, em um estande na Floresta Nacional de Contendas do Sincorá, BA.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Floresta Nacional Contendas do Sincorá (FLONA Contendas do Sincorá), que tem sua sede localizada na rodovia BA-026, km 20, no município de Contendas do Sincorá, região Sudoeste do estado da Bahia, situada a 13°55'21'' de latitude Sul e 41°06'57'' de longitude Oeste, e corresponde a uma área de 11.034 hectares. Foi criada em 1999, como parte de compensação ambiental acordada entre o IBAMA e a antiga empresa de mineração proprietária. Antes de sua criação como Unidade de Conservação, a propriedade era de uso exploratório de carvão, que subsidiava as atividades da empresa Magnesita S.A, no período de 1990 a 1994 e, posteriormente vendida para a empresa Siderúrgica Itaminas S.A, que atuou até 1997, cedendo a propriedade após esse período como forma de aquisição de Créditos de Recomposição Florestal (MMA, 2006).

A formação vegetal predominante na FLONA (Contendas do Sincorá) é a Savana-Estépica Florestada, este subgrupo de formação é estruturado fundamentalmente em dois estratos: um, superior, com predominância de nanofanerófitas periodicamente decíduas e mais ou menos adensadas por grossos troncos em geral, profusamente esgalhados e espinhosos ou aculeados, e um estrato inferior gramíneo-lenhoso, geralmente descontínuo e de pouca expressão fisionômica (IBGE, 2012).

A classificação climática da região segundo Köppen é de clima semiárido, "BSwh". Tal classificação pode ser descrita como clima quente e com chuvas escassas e irregulares, concentradas no verão. O período mais chuvoso vai de novembro a abril, com precipitação média anual entre 596 a 679 mm, temperatura média de 23 °C, umidade relativa de 20 a 40% e predomina em grande parte da FLONA o solo do tipo Argissolo (MMA, 2006).

Foram analisadas 64 parcelas de 10 m x 10 m em uma área de dimensões 40 m x 160 m, visando detalhar o estudo da dependência espacial da espécie *Commiphora*

*leptophloeos*, com os atributos do solo. Cada parcela foi georreferenciada, coletando um ponto central com auxílio de receptores geodésicos GNSS RTK JAVAD TRIUMPH-1, com erros nominais de 10 mm + 1 ppm na horizontal, configurado no sistema de coordenadas planas UTM zona 24S, obtendo os valores de X (longitude) e Y (latitude) e retiradas cinco amostras simples de solo na profundidade de 0 a 10 cm, sendo homogeneizadas formando uma amostra composta, para a determinação do pH (água); P e K extraíveis por Mehlich-1; Ca, Mg, Al trocáveis por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e matéria orgânica por oxidação com Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N (EMBRAPA, 1979).

Para a amostragem dos atributos dendrométricos na área de estudo, coletou-se o diâmetro à altura do peito (DAP), com auxílio de uma suta dendrométrica, e altura total de cada indivíduo da espécie.

Para a análise estatística dos dados, inicialmente realizou-se um estudo exploratório, submetido às análises descritivas no programa SPSS versão 20.0, calculando medidas de localização (média, mediana, mínimo e máximo), de variabilidade (coeficiente de variação) e de tendência central (assimetria e curtose), para verificar a distribuição dos atributos avaliados. Para a análise do coeficiente de variação (CV), usou-se a classificação de Warrick & Nielsen (1980), com variabilidade baixa para valores menores de 12%, média para valores entre 12 e 60% e alta para valores maiores que 60%.

Os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância, para a constatação da normalidade, comparando a distribuição observada com a normal teórica (SILVA & AZEVEDO, 2002). Na ausência de normalidade, os dados foram transformados, utilizando a transformação Box-cox, com exceção do Al, que foi transformado por Arcsin.

Para modelar os padrões espaciais foi utilizada a geoestatística com o ajuste de semivariogramas, sendo testados os modelos esférico, gaussiano, exponencial e circular (CRESSIE, 1993). A fim de escolher a melhor predição dentre o conjunto de modelos, foi utilizada a técnica da validação cruzada (ISAAKS & SRIVASTAVA 1989; VIEIRA, 1998; REIS, 2013). Foram consideradas as estatísticas geradas na validação cruzada: média dos erros de predição padronizados (Mean Standardized Error, MS); a Raiz Quadrada da Média do Quadrado das Diferenças entre os Valores Estimados e o Verdadeiro (Root-Mean-Square, RMS); a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os valores estimados e o verdadeiro padronizado (Root-MeanSquare-Standardized, RMSS); o erro padrão da média do erro de predição (Average Standard

Error, ASE). Segundo estes autores, o modelo mais ajustado é aquele em que o valor de MS e RMS está mais próximo a zero, o valor de RMSS mais próximo a um, e ASE mais próximo de RMS.

A partir dos parâmetros de cada modelo escolhido (efeito pepita e patamar), foi calculado o índice de dependência espacial proposto por Cambardella et al. (1994), sendo: forte, se  $IDE < 25 \%$ ; moderada entre  $26 \% \leq IDE \leq 75 \%$ ; e fraca, se  $IDE > 75\%$ .

Após o ajuste do modelo teórico de semivariograma, foram realizadas interpolações estimadas pelo método de krigagem, com o auxílio da ferramenta Geostatistical Analyst no software ArcGIS 10.1. A partir dos resultados da krigagem, foram gerados mapas de predição e incerteza dos atributos químicos do solo e dos parâmetros dendrométricos. Após a determinação da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e dos atributos dendrométricos da espécie, procurou-se determinar a relação entre estes dois conjuntos de atributos. Tal procedimento foi realizado através do módulo Spatial Analyst, implantado no programa ArcGis 10.1, através da ferramenta Multivariate - Band Collection Statistics, o qual gerou a matriz de correlação entre os mapas de variabilidade espacial.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Análise exploratória e descritiva**

Na análise descritiva (Tabela 1), verifica-se que as variáveis P, K, Mg, Al, Ht maior e menor apresentaram diferenças significativas para o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, sendo necessária a transformação dos dados, porém as alturas maior e menor apresentaram efeito pepita pura, ou seja, ausência de dependência espacial, indicando dependência espacial aleatória, nestes casos, a única estatística aplicável é a clássica (SILVA et al., 1989).

As demais variáveis não foram significativas ao teste de significância, apresentando assim normalidade na distribuição dos dados, conforme evidenciado pelos valores da média e da mediana, a assimetria e a curtose, de modo que, de acordo com Little & Hills (1978), quando os valores da média e da mediana estão próximos e a assimetria e a curtose apresentarem valores próximos a zero, os dados aproximam-se da distribuição normal. Isso pode ser um indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994).

Tabela 1. Análise descritiva dos atributos químicos do solo, do diâmetro (DAP), altura e área basal, para a *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet

Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coeficiente			Normalidade
				Variação	Assimetria	Curtose	
pH (H <sub>2</sub> O)	5,75	5,70	0,34	5,91	0,19	-0,20	0,93 ns
P (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,75	3,00	1,45	52,73	1,98	8,72	1,58 *
K (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,17	0,08	40,00	1,65	3,40	1,49 *
Ca (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,00	2,70	1,14	38,00	0,84	-0,01	1,09 ns
Mg (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,96	1,90	0,48	24,49	0,73	0,26	1,37 *
Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,13	0,10	0,14	107,69	3,04	15,62	1,85 *
V (%)	67,77	66,50	8,54	12,60	-0,08	0,25	0,66 ns
MO (g.dm <sup>-3</sup> )	22,16	22,00	5,59	25,23	0,53	0,24	0,90 ns
DAP maior (cm)	10,83	10,00	9,69	89,47	0,82	0,12	1,19 ns
DAP menor (cm)	8,51	6,40	8,25	96,94	1,10	0,84	1,33 ns
Ht maior	4,91	6,00	3,35	68,23	-0,55	-1,25	1,68 *
Ht menor	3,98	5,00	3,05	76,63	-0,11	-1,29	1,61 *

Em que: P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; V = saturação de bases; MO = matéria orgânica; DAP = diâmetro a altura do peito; Ht = altura total; \* = significativo a 5% pelo teste Kolmogorov-Smirnov ; e <sup>ns</sup> = não significativo (dist.normal).

A variabilidade dos dados, analisada pelos valores do coeficiente de variação (CV), variou de baixo a alto (WARRICK & NIELSEN, 1980), apresentando baixa variação para o pH, as variáveis P, K, Ca, Mg, V e MO. Apresentaram CV médio e Al, DAP e Ht apresentaram CV alto. De acordo com Machado et al. (2007), isso ocorre devido à grande variação dos teores desse nutriente na área amostrada. Os critérios de Warrick e Nielsen (1980) têm sido adotados em trabalhos relacionados com estudos de solo (AMARO FILHO et al., 2007; SOUZA et al., 2010).

### Modelagem dos semivariogramas

Foram obtidos ajustes melhores com os modelos gaussiano, esférico e exponencial (Tabela 2), para os valores dos atributos químicos. Observa-se que todas as variáveis analisadas se ajustaram a algum modelo de semivariograma e que não houve efeito pepita puro para nenhum dos parâmetros analisados, indicando distribuição aleatória na zona de estudo e independência espacial (CRUZ et al., 2010). Segundo Dalchiavon et al. (2012), a falta de independência espacial no estudo denota que o comportamento dessas variáveis regionalizadas não foi aleatório e que as distâncias entre pontos utilizadas na malha geoestatística foram suficientes para o estudo da variabilidade espacial.

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para os atributos químicos do solo, na profundidade de 0-0,10 m, para a *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet

Atributo	Modelos	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	A (m)	[C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> ]*100	IDE	R <sup>2</sup>
pH	Gaussiano	0,023	0,054	0,077	26,89	30	Moderada	1,02
P	Esférico	0,834	0,328	1,162	22,81	72	Moderada	0,99
K	Exponencial	0,002	0,006	0,008	32,41	25	Forte	1,02
Ca	Gaussiano	0,199	0,389	0,588	17,62	34	Moderada	0,98
Mg	Gaussiano	0,101	0,035	0,136	25,35	74	Moderada	0,99
Al	Esférico	0,003	0,003	0,006	59,21	52	Moderada	1,04
MO	Gaussiano	7,815	8,978	16,793	9,22	47	Moderada	0,98
V	Esférico	18,118	42,497	60,615	39,20	30	Moderada	1,00

Em que: C<sub>0</sub> - Efeito pepita; C<sub>1</sub> - Contribuição; C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub> - Patamar; A - Alcance; IDE - Índice do grau de dependência espacial; R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação do modelo.

Foram verificados para a maioria das variáveis baixos valores de C<sub>0</sub>, o que demonstra um grau satisfatório dos ajustes dos semivariogramas e diferentes valores de alcance (A), os quais indicam uma grande heterogeneidade das variáveis (CHIG et al., 2008). Segundo Campos et al. (2009) e Siqueira et al. (2010), o efeito pepita (C<sub>0</sub>) explica o valor da não variância dos dados, ocasionado possivelmente, por erros de medições ou variações dos atributos que não podem ser detectados na escala amostral.

Nesse trabalho, os valores maiores foram encontrados para MO e V %, sendo o menor para K (Tabela 2).

Em relação ao patamar (C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>), observa-se que os atributos apresentaram variância com amplitude de 0,006 para o Al e 60,615 para o V %, evidenciando que entre esses valores de amplitude, a estacionariedade é real e contribui para a definição da variabilidade espacial dos pontos amostrados. De acordo com Campos et al. (2009) e Siqueira et al. (2010), os modelos ajustados aos dados dos atributos químicos são considerados transitivos, por possuírem patamar. Ou seja, a partir de um determinado valor da distância entre amostras, não existe mais dependência espacial (a variância da diferença entre pares de amostras torna-se invariante com a distância). Segundo esses autores, a existência do patamar possibilita identificar a estacionariedade dos resultados dos pontos amostrados entre os pares de dados, tornando-se os valores constantes, confirmado pela semivariância que se aproxima da variância total dos dados.

A análise da relação C<sub>0</sub>/(C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>) mostrou que as variáveis apresentaram grau de dependência espacial moderada e/ou forte (Tabela 2). Quanto maior a dependência espacial, menor será a contribuição do efeito pepita na variabilidade dos dados, conseqüentemente melhores serão as estimativas na krigagem. Portanto, as distribuições dos atributos microclimáticos e aéreos no espaço não são aleatórias, uma vez que todos

apresentaram valores moderados ou fortes para o grau de dependência espacial (CARVALHO et al., 2012).

Portanto, as distribuições dos atributos químicos no espaço não são aleatórias, uma vez que todos apresentam valor moderado ou forte para o grau de dependência espacial. Isso demonstra que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais. Silva et al. (2013) observaram que de acordo com o critério de Cambardella et al. (1994), somente as variáveis: fósforo disponível, potássio trocável e matéria orgânica do solo apresentaram moderada dependência espacial.

Os atributos pH, P, Ca, Mg, Al, MO e V apresentaram grau de dependência espacial moderado, enquanto K, apresentou grau forte. Possivelmente as variações no índice do grau de dependência (IGD) podem estar relacionadas aos fatores intrínsecos de formação do solo, como o material de origem, relevo, clima, micro-organismos, tempo e de práticas de manejo do solo e da cultura, com impacto principalmente nas camadas superficiais do solo (CAVALCANTE et al., 2007; CAMPOS et al., 2009; SANCHEZ et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2010).

Os modelos de semivariogramas teóricos ajustados para os o diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) maior e menor (Tabela 3), demonstraram que o desenvolvimento da espécie apresenta dependência espacial variando de forte a moderada. Kanega Júnior et al. (2007) e Pelissari et al. (2012), observaram em povoamentos de *Eucalyptus sp.* e *Tectona grandis* dependência espacial moderada para a maioria dos atributos dendrométricos. Observou-se a predominância de melhores ajustes com o modelo exponencial.

Tabela 3. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para diâmetro a 1,3 m do solo, para a *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet

Atributo	Modelos	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	A(m)	[C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> ]*100	IDE	R <sup>2</sup>
DAP maior	Exponencial	13,715	68,756	82,471	7,24	17	forte	1,00
DAP menor	Exponencial	25,393	40,827	66,220	7,24	38	moderada	0,97

Em que: C<sub>0</sub> - Efeito pepita; C<sub>1</sub> - Contribuição; C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub> - Patamar; A - Alcance; IDE - Índice do grau de dependência espacial; R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação do modelo.

Foi verificado que o alcance obteve valores iguais, o que indica uma homogeneidade das variáveis (CHIG et al., 2008). O alcance é o principal parâmetro fornecido pela geoestatística, representando a distância na qual uma variável regionalizada apresenta continuidade espacial, sendo que a partir desta distância, o comportamento espacial da variável passa a ser totalmente aleatório (LEMOS FILHO et al., 2008). Seu conhecimento é crucial à agricultura de precisão, uma vez que os programas

computacionais o utilizam para monitorar o maquinário agrícola quando da aplicação de insumos com taxas variáveis (DALCHIAVON et al., 2011).

O valor do alcance geostatístico pode influenciar a qualidade das estimativas, uma vez que ele determina o número de valores usados na interpolação, delimitando a extensão da correlação espacial entre as amostras (MENDES et al., 2008).

### Krigagem e correlação das variáveis

Os semivariogramas foram avaliados em diferentes direções e não foram detectadas anisotropias. Assim, os seus parâmetros foram utilizados para as estimativas da distribuição espacial dos atributos químicos (Figura 1).

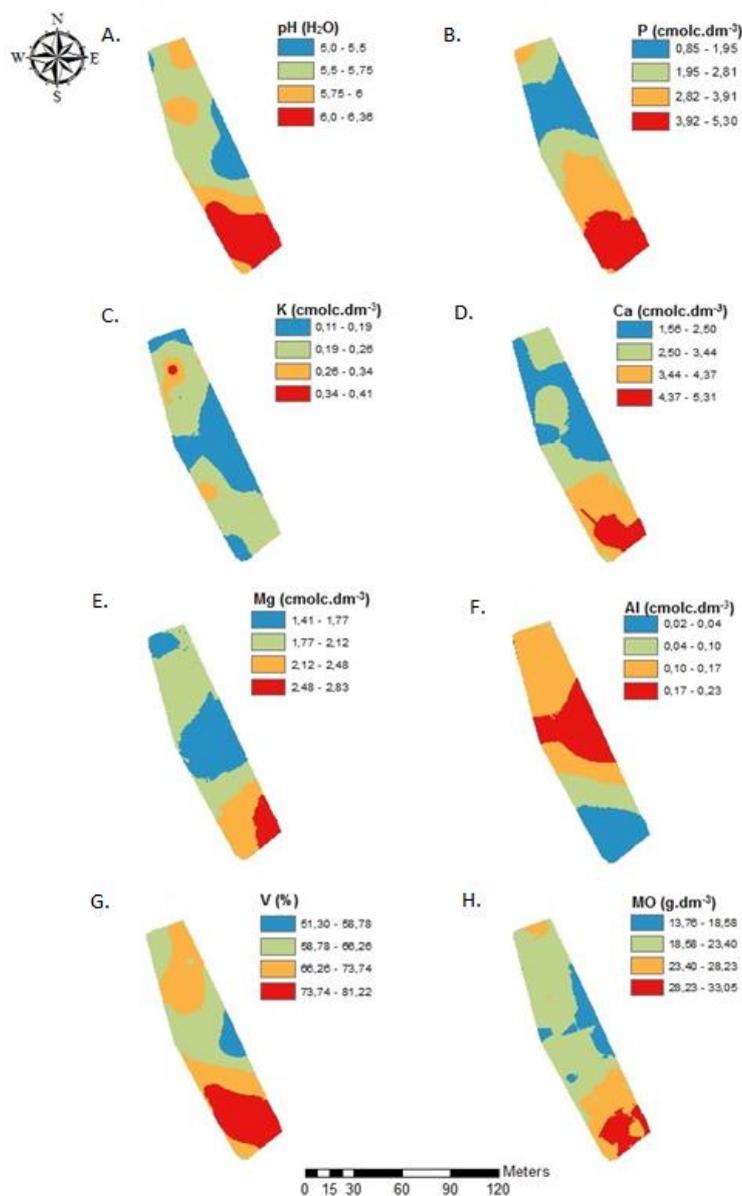


Figura 1. Distribuição espacial do pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e alumínio (Al), matéria orgânica (MO) e saturação de bases (V %)

De modo geral, através da análise dos mapas de predição, verificamos uma notória semelhança na disposição das manchas do pH, P, Ca, Mg, V e MO, observa-se que nas regiões de pH mais ácido existe a maior concentração de alumínio.

A partir da dependência espacial identificada nos semivariogramas, foi possível interpolar os valores das variáveis por meio de krigagem ordinária. Valores interpolados foram espacializados e foram construídos mapas de isolinhas para os atributos dendrométricos da espécie (Figura 2).

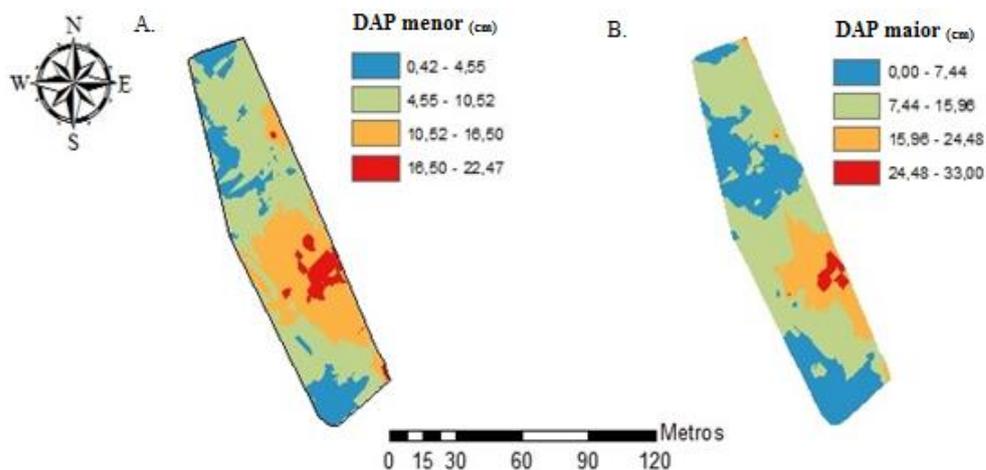


Figura 2. Distribuição espacial do diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) para a espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet

As regiões onde encontramos os maiores valores de DAP foram as regiões que apresentaram menores teores dos macronutrientes e maiores teores de Al, isso pode estar relacionado à ausência de competitividade interespecífica, porque onde a espécie ocorre outras não conseguem se desenvolver, pois ela possui um nicho específico, resultando em uma ausência de competição. Segundo Silva et al. (2012), as mudas da *C. leptophloeos* são uma alternativa para a recomposição de áreas degradadas no bioma Caatinga, sendo uma característica dos solos de áreas degradadas apresentarem maiores teores de alumínio (Al), destacando-se que esse elemento químico é considerado tóxico em quantidades elevadas.

Através da análise de correlação (Tabela 4), evidenciamos que a correlação entre a maior parte dos atributos químicos do solo apresentou correlações moderadas positivas, já para a correlação dos atributos químicos com as variáveis dendrométricas, embora seja uma correlação fraca positiva, ocorre uma correlação para o alumínio. Uma correlação forte não foi encontrada, o que pode ser justificado por não ter conseguido isolar outras variáveis como os atributos físicos por exemplo.

Tabela 4. Matriz de correlação linear de Pearson para os atributos químicos e dendrométricos da espécie

CORRELATION MATRIX	DAP menor	DAP maior	V	MO	Al	Mg	Ca	K	P	pH (H <sub>2</sub> O)
DAP menor	<b>1,00</b>									
DAP maior	0,94	<b>1,00</b>								
V (%)	-0,21	-0,27	<b>1,00</b>							
MO (g.dm <sup>-3</sup> )	-0,24	-0,21	0,83	<b>1,00</b>						
Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,21	0,24	-0,92	-0,87	<b>1,00</b>					
Mg (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	-0,23	-0,27	0,89	0,88	-0,89	<b>1,00</b>				
Ca (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	-0,08	-0,13	0,91	0,88	-0,93	0,85	<b>1,00</b>			
K (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	-0,28	-0,30	0,49	0,26	-0,36	0,34	0,24	<b>1,00</b>		
P (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,04	0,01	0,67	0,79	-0,82	0,68	0,87	0,02	<b>1,00</b>	
pH (H <sub>2</sub> O)	-0,30	-0,36	0,97	0,86	-0,94	0,89	0,92	0,43	0,73	<b>1,00</b>

Em que: DAP - diâmetro a altura do peito; V - saturação de bases; MO - matéria orgânica; Al - alumínio; Mg - magnésio; Ca - cálcio; K - potássio e P - fósforo.

Foi observado que as correlações obtidas na Tabela 4 foram refletidas nos mapas dos atributos químicos e dendrométricos das (Figura 1) e (Figura 2).

## CONCLUSÕES

A maioria das variáveis químicas do solo apresenta estrutura de dependência espacial moderada.

Entre os modelos de semivariogramas, o gaussiano e o esférico obtêm melhor ajuste para a maioria dos atributos químicos do solo, enquanto que para os atributos dendrométricos da espécie, ajustaram-se melhor pelo modelo exponencial.

Existe uma correlação fraca negativa entre os atributos químicos e os atributos dendrométricos.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB, pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao ICMBio do estado da Bahia, pela permissão em desenvolver esta pesquisa na área de estudo e aos Laboratórios de Geotecnologias aplicadas e Ecologia e Proteção Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

## LITERATURA CITADA

AMARO FILHO, J.; NEGREIROS, R. F. D.; ASSIS JUNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho em Mossoró, RN. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.3, p.415-422, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000300001>.

BROCCA, L.; MORBIDELLI, R.; MELONE, F.; MORAMARCO, T. Soil moisture spatial variability in experimental areas of central Italy. *Journal of Hydrology*, v.333, n.1, p.356-373, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.09.004>.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. de; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.6, p.1329-1339, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600012>.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; NOVAK, J. M.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society American Journal*, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994. <http://10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>.

CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; MONTANARI, R. Planejamento agrícola e implantação de sistema de cultivo de cana-de-açúcar com auxílio de técnicas geoestatísticas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.3, p.297-304, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000300011>.

CARVALHO, S. P. C.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Modelagem geoestatística para prever o volume de madeira em povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.* Uma abordagem bayesiana, 2012. 16 p.

CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; BUENO, L. G. F.; LIMA, K. A. O. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa, v.41, n.1, p.194-202, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000100028>.

CHIG, L. A.; COUTO, E. G.; NOVAES FILHO, J. P.; RODRIGUES, L. C. M.; JOHNSON, M. S.; WEBER, O. L. dos S. Distribuição espacial da granulometria, cor e carbono orgânico do solo ao longo de um transecto em microbacias na Amazônia meridional. *Acta Amazonica*, v.38, n.4, p.715-722, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000400015>.

CRESSIE, N.A.C. *Statistics for spatial data*. New York: John Wiley, 1993. 900p.

CRUZ, J. S.; ASSIS JUNIOR, R. N.; MATIAS, S. S. R.; CAMACHO-TAMAYO, J. H.; TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, n.2, p.271-278, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000200001>.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.3, p.453-461, 2012. <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1538/705>. 19 Dez. 2016.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.1, p.8-19, 2011. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i1.8351>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. 1 v. Não paginado.

FERRAZ, J. S. F.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F.; MEUNIER, I. M. J. Usos de especies leñosas de la Caatinga del municipio de Floresta en Pernambuco, Brasil:

conocimiento de los indios de la aldea Travessão do Ouro. Bosque, Valdivia, v.33, n.2, p.183-190, 2012. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002012000200008>.

GOOVAERTS, P. Geostatistical modeling of uncertainty in soil science. Geoderma, v.103, n.1-2, p.3-36, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00067-2).

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. An introduction to Applied Geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 600 p.

KANEGAE JUNIOR, H.; MELLO, J. M. de; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de. Avaliação da continuidade espacial de características dendrométricas em diferentes idades de povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.* Revista Árvore, v.31, n.5, p.859-866, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000500010>.

LEMONS FILHO, L. C. A.; OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; ANDRADE, L. A. B. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Revista Ciência Agronômica, v.39, n.2, p.193-202, 2008. <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/47/44>. 19 Jan. 2017.

Little, T. M.; Hills, F. J. Agricultural experimentation. New York: John Wiley & Sons, 1978. 350p.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.3, p.591-599, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000300019>.

MAIA, G. N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. 2. ed. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores, 2012. 413 p.

MATEUS, F. A. P. S.; FANTINI, A. C.; MELLO, A. A. Arbóreas forrageiras: pastagem o ano inteiro na Caatinga sergipana. Revista Cadernos de Agroecologia, Cruz Alta, v.8, n.1, p.74-83, 2013. <http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/15381/9163>. 03 Fev. 2017.

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. Revista Agro@ambiente On-line, v.9, n.1, p.17-26, 2015. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i1.2036>.

MENDES, A. M. S.; FONTES, R. L. F.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial da textura de dois solos do Deserto Salino, no Estado do Rio Grande do Norte. Revista Ciência Agronômica, v.39, n.1, p.19-27, 2008. <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/19/18>. 29 Jan. 2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Plano de Manejo Floresta Nacional Contendas do Sincorá. Volume I: Informações Gerais sobre a Floresta Nacional. Brasília, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis, 2006. 132 p.

PELLISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; SANTOS, V. S.; SANTOS, J. O. P. Correlação espacial dos atributos químicos do solo com o desenvolvimento da teca em Mato Grosso. Pesquisa Florestal Brasileira, v.32, n.71, p.247-256, 2012. <http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.71.247>.

REIS, C. P. Simulação de fatores que afetam as predições obtidas por krigagem ordinária. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 45p. Dissertação.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES JR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; MARTINS FILHO, M. V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. Bragantia, v.68, n.4, p.1095-1103, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000400030>.

- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.4, n.1, p.71-78, 2002.
- SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da resistência a penetração de um Latossolo Vermelho-Escuro ao longo de uma transeção. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.13, n.1, p.1-5, 1989.
- SILVA, C. M.; SILVA, C. I da; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T. de; FONSECA, V. L. I. Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga. 1. Ed. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012. 99 p.
- SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR. J.; PEREIRA, G. T. The use of landforms to predict spatial and temporal variability of soil and orange fruit attributes. Geoderma, v.155, n.1-2, p.55-66, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.11.024>.
- SOUZA, Z. M.; CERRI, D. G. P.; MAGALHÃES, P. S. G.; SIQUEIRA, D. S. Spatial variability of soil attributes and sugarcane yield in relation to topographic location. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.12, p.1250-1256, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010001200001>.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). Tópicos em ciência do solo, Viçosa, v. 1, p.1-54, 2000.
- 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 Press, 1980. p. 319-344.
- ZHU, Y.; SHAO, M. Variability and pattern of surface moisture on a small-scale hillslope in Liudaogou catchment on the northern Loess Plateau of China. Geoderma, v.147, p.185-191, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.08.012>

### 3. CONCLUSÕES GERAIS

A densidade, tanto para porte arbóreo, quanto para regeneração, pode ser considerada alta quando comparada aos demais resultados encontrados para a espécie no bioma Caatinga.

A distribuição diamétrica apresentou-se sob forma de J-invertido, indicando que o fragmento se encontra em regeneração.

Os fustes da espécie apresentaram-se em sua maior parte como saudáveis, mas com grande porcentagem de bifurcação, trifurcação e demais emissões e tortuosidades abaixo da altura comercial, características estas que indicam os usos na forma de lenha, estacas e mourões.

Os valores do padrão de distribuição espacial da espécie, para porte arbóreo e regeneração, apontam uma distribuição espacial agregada ou com tendência ao agrupamento, o que confirma a capacidade da espécie imburaninha de formar mosaicos na vegetação, fato que contribui ao entendimento do comportamento da espécie analisada e colabora para possíveis intervenções, sejam elas de caráter exploratório ou conservacionista, em áreas de Caatinga.

O padrão de distribuição espacial é semelhante a outros estudos desenvolvidos na Caatinga, com as maiores populações formando pequenos agrupamentos e a maioria das espécies apresentando distribuição agregada.

A maioria das variáveis químicas do solo apresenta estrutura de dependência espacial moderada.

Entre os modelos de semivariogramas, o gaussiano e o esférico possuem melhor ajuste para a maioria dos atributos químicos do solo, enquanto que para os atributos dendrométricos da espécie, ajustaram-se melhor pelo modelo exponencial.

Existe uma correlação fraca negativa entre os atributos químicos e os atributos dendrométricos.

## REFERÊNCIAS

- AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; NUTRI, K.; BASÍLIO, I. J.; COELHO, V. P. Medicinal and poisonous diversity of the flora of “Cariri Paraibano”, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, Irlanda, v. 111, n. 2, p. 383-395, 2007.
- ALBUQUERQUE, U. P.; SILVA, V. A. da. CABRAL, M. C.; ALENCAR, N. L.; ANDRADE, L. H. C.. Comparisons between the use of medicinal plants in indigenous and rural Caatinga (dryland) communities in NE Brazil. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas medicinales y Aromáticas**, Santiago, v. 7, n. 3, p. 156-170, 2008.
- ALCOFORADO FILHO, F. G; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 287-303, 2003.
- ALVES, L. S.; HOLANDA, A. C.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUSA, J. S.; ALMEIDA, P. G. Regeneração natural em uma área de Caatinga situada no município de Pombal-PB – Brasil. **Revista Verde**, v. 5, n. 2, p. 152-168, 2010.
- ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S. Levantamento fitogeográfico das plantas medicinais nativas do cariri Paraibano. **Revista Geográfica Acadêmica**, Roraima, v. 4, n. 2, p. 73-85, 2010.
- ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biotaneotropica**, v. 6, n. 2, 2006.
- ALVES, J. J. A. Geoecologia da Caatinga no semiárido do nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, n. 1, p. 58-71, 2007.
- AMORIM, I. L. de; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. de L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de Caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U.T; BARBOSA, M. R. V. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de Caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **Cerne**, v. 11, n. 3, p. 253-262, 2005.

- ANDRADE, L. A.; FABRICANTE, J. R.; ARAÚJO, E. L. **Estudos de Fitossociologia em vegetação de Caatinga.** (Ed). Fitossociologia do Brasil: Métodos e estudos de casos. Viçosa, 2011, 339-371 p.
- ANJOS, A.; COUTO, H. T. Z; BATISTA, J. L. F.; REIS, A. Análise de um efeito de um manejo em regime de rendimento sustentável sobre o padrão de distribuição espacial do palmiteiro (*Euterpe edulis* Martius), utilizando a função K de Ripley. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 215 - 225, 1998.
- ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da Araucária (*Araucária Angustifolia*) em algumas áreas do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 36-45, 2004.
- AQUINO, R. F.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F. de; CURI, N.; MELLO, C. R. de; AVANZI, J. C. Spatial variability of the rainfall erosivity in southern region of Minas Gerais state, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 5, p. 533-542, 2012.
- ARAÚJO, F. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; FERNANDES, A. G. Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente, CE. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 1-19, 1998.
- BARBOSA, M. D.; MARAGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; DUARTE, G. M. T. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de Caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 851-858, 2012.
- BARBOSA, L. M.; BARBOSA, J. M. BARBOSA, K. C.; POTOMATI, A.; MARTINS, S. E.; ASPERTI, L. M.; MELO, A. C. G. de; CARRASCO, P. G.; CASTANHEIRA, S. dos A.; PILIACKAS, J. M.; CONTIERI, W. A.; MATTIOLI, D. S.; GUEDES, D. C.; JUNIOR, N. S.; SILVA, P. M. S. E; PLAZA, A. P. Recuperação florestal com espécies nativas no estado de São Paulo: Pesquisas apontam mudanças necessárias. **Florestar Estatístico**, v. 6, n. 14, p. 28-34, 2003.
- BLAIS, R. A.; CARLIER, P. A. Applications of geostatistics in ore evaluation. **Ore Reserve Estimation and Grade Control**, Montreal, v. 9, p. 41-68, 1968.

BOGNOLA, I. A.; RIBEIRO JR, P. J.; SILVA, E.A.A.; LINGNAU, C.; HIGA, A.R. Modelagem uni e bivariada da variabilidade espacial de rendimento de *Pinus taeda* L. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 373-385, 2008.

BRAND, M. A.; OLIVEIRA, L. C. de; MARTINS, S. A.; LACERDA, S. R.; JUNIOR, L. S.; potencialidade de uso de biomassa de florestas nativas sob manejo sustentável para a geração de energia. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA, 5.; SEMINÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR ELÉTRICO, 1., 2009, Belém. **Anais...** Lages: Solumad, 2009. Disponível em: <<http://www.solumad.com.br/artigos/201011171821311.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

BRASIL, Ministério do meio ambiente. **Caatinga**. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 21 maio 2016.

CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley**. Piracicaba-SP: USP, 2004, 93 p. Dissertação (Mestrado Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo.

CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-Espinho - *Commiphora leptophloeos*. In: **Comunicado técnico**, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas. 2009.

CARVALHO, J.O.P. **Manejo de Regeneração Natural de Espécies Florestais**. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido – CPATU, EMBRAPA. Belém, PA. 1984.

CESTARO, L. A.; SOARES, J. J. Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento de floresta decídua no Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 203-218, 2004.

CHACON FILHO, H. M. Dinâmica do banco de sementes em duas localidades da região semiárida paraibana. PATOS-PB: UFCG, 2007, 30 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande.

COLAÇO, M. A. S. **Etnobotânica dos índios Pankararé, no Raso da Catarina – Bahia**: uso e importância cultural de plantas da Caatinga. Feita de Santana-BA: UEFS, 2006, 100 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 374-387, 2006.

COSTA, F. M.; ALVES, G. F.; SCALON, J. D.; ZACARIAS, M. S. Análise estatística das distribuições espaciais do bicho-mineiro do cafeeiro e das vespas predadoras. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 149 - 157, abr/jun., 2015.

DALE, M. R. T.; DIXON, P.; FORTIN, M. J.; LEGENDRE, P.; MYERS, D. E.; ROSENBERG, M. S. Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. **Ecography**, Copenhagen, v. 25, n. 5, p. 558-577, 2002.

DAMASCENO, M. M.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Etnoconhecimento de espécies forrageiras no semiárido da Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 219 -228, 2010.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. **Model-based geostatistics**. Springer, New York, 2007, 228 p.

DRUMOND, M. A.; KILL, L. H. P.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, M.C. de.; OLIVEIRA, V.R. de. ALBUQUERQUE, S.G. de.; NASCIMENTO, C.R. de S.; CAVALCANTI, J. **Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga**. Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável. Petrolina: Seminário para avaliação e identificação de ações, 2000. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/134000/1/usosustentavel.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2016.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de Caatinga no Seridó Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 341-349, 2007.

FAIAD, M. G. R.; SALOMÃO, A. N.; CUNHA, R.; PADILHA, L. S. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de *Commiphora leptopholoeos* (Mart.) J. B. Gillet. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 19, n. 1, p. 14-17, 1997.

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A. A. da; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 463-476, 2008.

FERRAZ, J. S. F.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F.; MEUNIER, I. M. J. Usos de especies leñosas de la Caatinga del municipio de Floresta en Pernambuco, Brasil: conocimiento de los indios de la aldea Travessão do Ouro. **Bosque**, Valdivia, v. 33, n. 2, p. 183-190, 2012.

FERRAZ, R. C.; MELLO, A. A. de; FERREIRA, R. A.; PRATA, A. P. N. Levantamento fitossociológico em área de Caatinga no monumento natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 89-98, jul./set. 2013.

FERRAZ, J. S. F.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, M. V. F. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da vegetação em duas áreas de Caatinga, no município de Floresta, Pernambuco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1055-1064, 2014.

FERREIRA, L. M. R.; TROVÃO, D. M. de B. M.; FREIRE, Á. M.; SOUZA, B. C. de; CARVALHO, E. C. D.; OLIVEIRA, P. T. B. Análise fitossociológica comparativa de duas áreas serranas de Caatinga no cariri paraibano. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu-MG. **Anais...** Caxambu-MG, 2007.

FERREIRA JÚNIOR, W. S.; SIQUEIRA, C. F. Q.; DE ALBUQUERQUE, U. P. Plant stem bark extractivism in the northeast semiarid region of Brazil: a new aport to utilitarian redundancy model. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, Nova York, v. 2012, p. 1-11, 2012.

FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A. de B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J. M.; ROCHA, C. C. da. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE; SELPER, 2007. p. 2629-2636.

FORTIN, M. J.; DALE, M. R. T.; HOEF, J. V. Spatial analysis in ecology. In: SHAARAWI-EL, A.H.E; PIEGORSCH, W.W. (Eds.). **Encyclopedia of Environmetris**. Chicheste: John Wiley; Sons, Ltd. p. 2051-2058, 2002.

GAMA, J. R.V.; BOTELHO, S.A.; GAMA, M. M. B; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de Várzea Alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 71-82, 2003.

GARCIA, C. C.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; PEZZOPANE, M.; LOPES, H. N. S.; RAMOS, D. C. Regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual Montana, no domínio da Mata Atlântica, em Viçosa, MG. **Revista Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 677-688, 2011.

GOMES, N. M.; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; FARIA, M. A. de; OLIVEIRA, P. M. de. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 435-443, 2007.

GUEDES, R. S.; ZANELLA, F. C. V.; COSTA JÚNIOR, J. E. V.; SANTANA, G. M.; SILVA, J. A. da. Caracterização florístico-fitosociológica do componente lenhoso de um trecho de Caatinga no Semiárido Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 99-108, mar./jun., 2012.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX G. A. **Ecologia Vegetal**. 2. ed. Artmed, Porto Alegre, 2009, 592 p.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. de.; Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies nativas. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 83-93, 1989.

KIILL, L.H.P. **Plantas da Caatinga ameaçadas de extinção: estudos preliminares e manejo: relatório final**. Petrolina: Embrapa Semiárido: FNMA: UNEB: CODEVAST, 2008, 302 p.

KRIGE, D.G. A statistical approach to some mine valuations problems at the Witwatersrand. **Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa**, v. 52, p. 119-138, 1951.

LACERDA, A. V.; NORDI, N.; BARBOSA, F. M.; WATANABE, T. Levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação ciliar na bacia do rio Taperoá, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 647-656, 2005.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C. DA, TABARELLI, M.; LACHER JÚNIOR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Mega diversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.

LEAL, I. R.; VICENTE, A.; TABARELLI, M. Herbivoria por caprinos na Caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.;

- SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Ed. Universitária da UFPE, Recife, 2003, p. 695-715.
- LEITE, A. A. M.; FRAGA NETO, A. F.; PALOMINO, R. C. Conhecimento, inovação e sustentabilidade no setor tradicional: o caso dos artesãos de Petrolina - PE. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 5, p. 158-171, 2009.
- LEITE, E.J. Spatial distribution patterns of riverine forest taxa in Brasília, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 140, 257-264, 2001.
- LIMA, P.C.F.; LIMA, J.L.S. Composição florística e fitossociologia de uma área de Caatinga em Contendas do Sincorá, Bahia, microrregião homogênea da chapada diamantina. **Revista Acta Botânica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 441-450, 1998.
- LIMA, A. L. A. **Tipos funcionais fenológicos em espécies lenhosas da Caatinga, Nordeste do Brasil**. Recife-PE: UFRPE, 2010, 116 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- LIMA, C. G. da R.; CARVALHO, M. de P.; MELLO, L. M. M. de; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1233-1244, 2007.
- LIMA, J. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.; ARAÚJO, F. S. Composição florística da floresta estacional decídua Montana de Serra das Almas, CE, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 756-763, 2009.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N.. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n.11, p. 1363-1373, 2010.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 1949, 384p.
- LUCENA, R. F. P.; SOARES, T. C.; VASCONCELOS NETO, C. F. A.; CARVALHO, T. K. N.; LUCENA, C. M. de; ALVES, R. R. N. Uso de recursos vegetais da Caatinga em uma comunidade rural no Curimataú Paraibano (Nordeste do Brasil). **Polibotânica**, México, n. 34, p. 217-238, 2012.

- LUNDBERG, S.; INGVARSSON, P. Population dynamics of resource limited plants and their pollinators. **Theoretical Population Biology**, v. 54, p. 44-49, 1998.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Printicolor Gráfica e Editores, Fortaleza, 2012, 413 p.
- MARINHO, I. V.; FREITAS, M. F.; ZANELLA, F. C. V.; CALDAS, A. L. Espécies vegetais da Caatinga utilizadas pelas abelhas indígenas sem ferrão como fonte de recursos e local de nidificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 1., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, PB: Editora Universitária, 2002. p. 1-8.
- MARTINS, A. L. da S.; MOURA, E. G. de; CAMACHO-TAMAYO, J. H. Evaluation of corn production parameters and their spatial relationship with chemical attributes of the soil. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 29, n. 1, p. 99-106, 2011.
- MARTINS, C. F.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; KOEDAM, D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The use of trees for nesting by stingless bees in a Brazilian Caatinga. In: 37th INTERNATIONAL APICULTURAL CONGRESS, 37., 2001, Durban, South Africa. **Anais...** Durban, South Africa:, 2001. p. 1-8.
- MATOS, M. Q. FELFILI, J. M. Florística, fitossociologia e diversidade da vegetação arbórea nas matas de galeria do Parque Nacional de Sete Cidades. **Acta Botânica Brasílica**, v. 24, n. 2, p. 483-496, 2010.
- MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, v. 58, p. 1246-1266, 1963.
- MATEUS, F. A. P. S.; FANTINI, A. C.; MELLO, A. A. Arbóreas forrageiras: pastagem o ano inteiro na Caatinga sergipana. **Revista Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 8, n. 1, p. 74-83, 2013.
- MENDES, M. R. de A.; CASTRO, A. A. J. F. Vascular flora of semiarid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. **Journal of species listes and distribution**, v. 6, n. 1, p. 39-44, 2010.
- MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semiárido**. SEMACE, Fortaleza, 1997, 108 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biomass**: Caatinga. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomass/caatinga>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Biodiversidade brasileira: Avaliação e identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. MMA/SBF, Brasília, 2002, 404 p.

MIYAZAKI, S. L. **Análise de estrutura, chuva de sementes e regeneração natural de populações de plantas em floresta de restinga alta, São Vicente-SP**. São Paulo-SP: IBOT, 2009. 93 p. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; OLIVEIRA, I. S.; BONINI, C. S. B. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e atributos físicos em um Planossolo. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 252-261, setembro-dezembro, 2013.

NOVAIS, J. S.; LIMA, L. C. L.; SANTOS, F. A. R. Bee pollen loads and their use in indicating flowering in the Caatinga region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, Estados Unidos, v. 74, p. 1355-1358, 2010.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1986, 434 p.

OLIVEIRA, P. T. B. de.; TROVAO, D. M. de B. M.; CARVALHO, E. C. D. de.; SOUZA, B. C. de.; FERREIRA, L. M. R. Florística e fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 169-178, out./dez., 2009.

PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. de; TEIXEIRA, D. de B.; MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J. Optimization of the sampling scheme for maps of physical and chemical properties estimated by kriging. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1128-1135, 2013.

PEREIRA, A. A.; NETTO, S. P.; CARVALHO, L. M. T. Análise da distribuição espacial de jequitibá rosa em uma floresta estacional sub-montana. **Revista Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 21-34, 2006.

PIMENTEL, D. J. O. **Dinâmica da vegetação lenhosa em área de Caatinga, Floresta – PE**. Recife-PE: UFRPE, 2011, 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.

PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Semiárido, Caatinga e legislação ambiental. **Prima Facie - Direito História e Política**, João Pessoa, v. 8, n. 14, p. 104-126, 2010.

PINHEIRO, K.; RODAL, M. J. N.; ALVES, M. Floristic composition of different soil types in a semi-arid region of Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 68-77, abr./jun., 2010.

RAMALHO, C. I.; ANDRADE, A. P. de; FÉLIX, L. P.; LACERDA, A. Vieira de; MARACAJÁ, P. B.. Flora arbóreo-arbustiva em áreas de Caatinga no Semiárido baiano, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 182-190, 2009.

RIBEIRO, P. R. C. C.; RIBEIRO, J. J. SANTOS NETO, A. R.; ROCHA, J.R.P.; CORTE, I.S. Métodos de recuperação de mata ciliar como proposta de recuperação de nascentes no cerrado. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1866-1882, 2012.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura da Vegetação Caducifólia Espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, v. 35, p. 209-217, 2008.

ROQUE, A. A.; ROCHA, R. M.; LOIOLA, M. I. B. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 31-42, 2010.

SALIN, T. C.; FERREIRA, R. L. C.; FORMIGA, S. A.; ALEIXO, J. A. S.; ALVES JR, F. T. Caracterização de sistemas agrícolas produtivos no semiárido brasileiro como bases para um planejamento agroflorestal. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 109-118, 2012.

SANTOS, A. J. dos; BITTENCOURT, A. M.; NOGUEIRA, A. S. Aspectos econômicos da cadeia produtiva das bromélias na região metropolitana de Curitiba e litoral paranaense. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, p. 409-417, 2005.

SANTOS, R. M.; VIEIRA, F. A.; SANTOS, P. F.; MORAIS, V. M.; MEDEIROS, M. A. Estrutura e florística de um remanescente florestal na fazenda Ribeirão, município de Juvenília, MG, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p. 154-162, out./dez., 2008.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO-NETO, A. D; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de

Caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **IHERINGIA - Série Botânica**, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SILVA, W. C.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; COSTA JUNIOR, R. F. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta ombrófila densa, Mata das Galinhas, no município de Catende, zona da mata sul de Pernambuco. **Revista Ciência Florestal**, v. 17, n. 4, 2007.

SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S.; JÚNIOR, L. C.; ANDRADE, I. S.; OLIVEIRA, A. D. Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo porta-sementes. **Revista Cerne**, v. 14, n. 4, p. 311-316, 2008.

SILVA, P. C. G. MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I.B.; SILVA, P.C.G. **Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 402 p.

SILVA, C. M.; SILVA, C. I da; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T. de; FONSECA, V. L. I. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. 1. ed. Editora Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, 2012, 99 p.

SOUZA, V. L.; SILVA, O. A. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville em cerrado da Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. **Holos Environment**, v. 6, p. 55-69, 2006.

SOUZA, Z. M. de; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of the physical and mineralogical properties of the soil from the areas with variation in landscape shapes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 2, p. 305-316, 2009.

SOUZA, P. F.; SILVA, J. A.; LUCENA, D. S.; SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; LUCENA, M. F. A.; SOUZA, A. D. Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de Caatinga, São José de Espinharas-PB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1317-1330, out./dez. 2016.

TRENTIN, D. S.; GIODANI, R. B.; ZIMMER, K. R.; DA SILVA, A. G.; DA SILVA, M. V.; CORREIA, M. T.; BAUMVOL, I. J.; MACEDO, A. J. Potential of medicinal

plants from the Brazilian semi-arid region (Caatinga) against *Staphylococcus epidermidis* planktonic and biofilm lifestyles. **Journal of Ethnopharmacology**, Irlanda, v. 137, n. 1, p. 327-335, 2011.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B; PAREYN, F. G. C. **ECORREGIÕES:** Propostas para o Bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002, 76 p.

VIEIRA, S. R. Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Org.). Tópicos em ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 1-54, 2000.

VIEIRA, G.; SANQUETTA, C. R.; KLÜPPEL, M. L. W.; BARBEIRO, L. DA S. S. Teores de carbono em espécies vegetais da Caatinga e do cerrado. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 145-155, 2009.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistics for environmental scientists**. 2. ed. West Sussex: John Wiley; Sons Ltd, 2007, 333 p.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística:** conceitos e aplicações. Oficina de textos, São Paulo, 2013, 215 p.