



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

BÁRBARA SUELMA SOUZA COSTA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS
DENDROMÉTRICAS DA COPAÍBA EM FUNÇÃO DA APTIDÃO
AGRÍCOLA EM SOLOS DO TOCANTINS**

**GURUPI - TO
2017**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

BÁRBARA SUELMA SOUZA COSTA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS
DENDROMÉTRICAS DA COPAÍBA EM FUNÇÃO DA APTIDÃO
AGRÍCOLA EM SOLOS DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Ribeiro da Silva
Co - orientador: Dr. Gilson Araújo de Freitas

**GURUPI - TO
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

C837v Costa, Bárbara Suelma Souza.
VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS
DENDROMÉTRICAS DA COPAÍBA EM FUNÇÃO DA APTIDÃO
AGRÍCOLA EM SOLOS DO TOCANTINS. / Bárbara Suelma Souza
Costa. – Gurupi, TO, 2017.
124 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2017.

Orientador: Rubens Ribeiro da Silva

Coorientador: Gilson Araújo Freitas

1. Copaifera lansdorffii Desf.. 2. Geoestatística. 3. Aptidão
Agrícola. 4. Classes de Solo. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde
que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica
da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

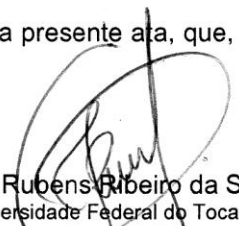


Defesa nº 048/2017

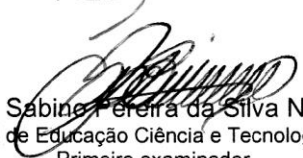
ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE BÁRBARA SUELMA SOUZA COSTA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.

Aos 08 dias do mês de junho do ano de 2017, às 08 horas, na sala 01, do edifício CeMAF, do Campus de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins - UFT, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. RUBENS RIBEIRO DA SILVA da Universidade Federal do Tocantins, Prof Dr SABINO PEREIRA DA SILVA NETO do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, e Profª Drª PRISCILA BEZERRA DE SOUZA da Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de BÁRBARA SUELMA SOUZA COSTA, intitulada "**Variabilidade espacial de características dendrométricas da Copaiba em função da aptidão agrícola em solos do Tocantins**". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, com as devidas ressalvas e correções apontadas pela banca examinadora, habilitando-a ao título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

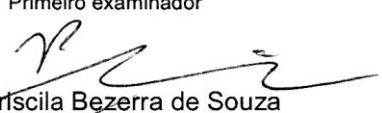
Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Dr. Rubens Ribeiro da Silva
Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora



Dr. Sabino Pereira da Silva Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Primeiro examinador



Drª. Priscila Bezerra de Souza
Universidade Federal do Tocantins
Segunda examinadora

Gurupi, 08 de junho de 2017.



Jediel Fernandes
Secretário do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

Aos meus pais e irmãos, por essa

conquista em minha vida,

OFEREÇO.

DEDICO,

Este mestrado ao meu amado esposo e
amigo Julierme Siriano

AGRADECIMENTOS

Toda honra e toda glória a Deus, agradeço ao Senhor pelo dom da vida, por estar comigo em todos os momentos, por não me deixar cair e pela permissão de alcançar esse sonho, nada seria possível sem O seu agir. À Ele, toda minha gratidão!

Agradeço, especialmente, à minha família, pelo incentivo e apoio em toda minha trajetória: meu pai, por ser meu eterno cúmplice, conselheiro, admirador, minha mãe, pelo seu colo acolhedor, sua palavra amável e seu incentivo, aos meus queridos irmãos Samara, Samuel e Pâmella por acreditarem em mim e me fazerem progredir e meu pequeno sobrinho afilhado Luis Antonio.

Ao meu amado esposo Julierme, sem seu apoio, o caminho seria muito mais difícil e árduo, grande parte dessa conquista é sua, obrigada pela força, paciência, atenção e amor.

Ao meu orientador professor Doutor Rubens Ribeiro da Silva, por me ouvir, incentivar e ajudar a desenvolver esse trabalho, por ceder à área de experimento.

Aos meus colegas que me ajudaram na coleta de dados em campo, ao Marcelo, Junior, Álvaro, agradecer de forma especial meus colegas, Jefferson, Douglas e Antônio. Muito obrigada!

À Universidade Federal do Tocantins – UFT, campus de Gurupi – TO, por meio do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, pela oportunidade de realizar meu mestrado. A todos os funcionários, principalmente do LABSOLO – Laboratório de Solos que auxiliaram nas análises de solo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e apoio à pesquisa.

Aos professores Dr. Sabino e Dra. Priscila, por terem aceitado participar dessa banca e pelas importantes contribuições nesse trabalho.

Enfim, a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse projeto.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
3	CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DA COPAIFERA LANGSDORFFII DESF. E AS FERRAMENTAS SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS E GEOESTATÍSTICA - REVISÃO DE LITERATURA	15
4	INTRODUÇÃO.....	18
5	DESENVOLVIMENTO.....	20
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE	20
5.2	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA ESPÉCIE	22
5.3	SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS	23
5.4	GEOESTATÍSTICA	24
5.4.1	<i>Variabilidade e dependência espacial</i>	25
5.4.2	<i>Semivariograma e Krigagem</i>	26
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
8	CAPÍTULO 2: VARIABILIDADE ESPACIAL DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS (DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO E ALTURA) DE COPAIFERA LANGSDORFFII EM RELAÇÃO AS CLASSES DE SOLO	33
9	INTRODUÇÃO.....	36
10	MATERIAL E MÉTODOS	38
10.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	38
10.2	AVALIAÇÃO NAS ÁRVORES	39
10.3	CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISES DOS SOLOS.....	40
10.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA E GEOESTATÍSTICA	46
11	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
11.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
11.2	ANÁLISE DESCRITIVA ESPACIAL.....	52
12	CONCLUSÕES.....	57
13	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
14	CAPÍTULO 3: ANÁLISE FÍSICA, QUÍMICA E MORFOLÓGICA DE CLASSES DE SOLO SOB POPULAÇÕES DE COPAIFERA LANGSDORFFII DESF.	62
15	INTRODUÇÃO.....	65
16	MATERIAL E MÉTODOS	67
16.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	67
16.2	AVALIAÇÃO NAS ÁRVORES	68
16.3	CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISES DOS SOLOS.....	69
16.4	ORDENAÇÃO DOS DADOS DE SOLOS E VEGETAÇÃO	71
17	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
17.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO	72
17.2	ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA)	82
18	CONCLUSÃO	90
19	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

20	CAPÍTULO 4: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS POPULAÇÕES DE <i>COPAIFERA LANSGDORFFII</i> DESF. COM A APTIDÃO AGRÍCOLA NOS SOLOS DO CERRADO, TO.	95
21	INTRODUÇÃO	98
22	MATERIAL E MÉTODOS	100
22.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	100
22.2	AVALIAÇÃO NAS ÁRVORES	101
22.3	CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISES DOS SOLOS.....	102
22.4	AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA	108
23	RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
24	CONCLUSÃO	116
25	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
26	CONSIDERAÇÕES FINAIS	120

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DOS SOLOS PARA DETERMINAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS - TO (2017)	43
TABELA 2: ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS INDICADORES DA VEGETAÇÃO NATIVA DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. EM UM FRAGMENTO DE CERRADO <i>SENSU STRICTO</i> , CARIRI DO TOCANTINS - TO, 2017.	49
TABELA 3: COMPONENTES DA SEMIVARIÂNCIA E GRAU DE DEPENDÊNCIA ESPACIAL (GDE) DOS INDICADORES DA VEGETAÇÃO NATIVA DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. FRAGMENTO DE CERRADO <i>SENSU STRICTO</i> . CARIRI DO TOCANTINS – TO, 2017.	52
TABELA 4: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DOS PERFIS ESTUDADOS, CARIRI DO TOCANTINS - TO (2017)	73
TABELA 5: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DOS SOLOS PARA DETERMINAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS -TO (2017).....	78
TABELA 6: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. E OS TRÊS EIXOS DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA), NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.	83
TABELA 7: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DA ALTURA (H) DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. E OS TRÊS EIXOS DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA), NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.	83
TABELA 8: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DAS ÁREAS AMOSTRADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE SOLOS E OS TRÊS EIXOS DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA), NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.....	84
TABELA 9: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS AMOSTRADA EM SOLOS SUPERFICIAIS (0-10 CM) E AS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. NOS TRÊS EIXOS DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA), NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.	84
TABELA 10: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DOS SOLOS PARA DETERMINAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS -TO (2017).....	105
TABELA 11: NÍVEIS DE MANEJO ADOTADO NO SAAT – SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS, NÍVEL MAIS SIMPLES (NÍVEL A), NÍVEL MÉDIO (NÍVEL B) E NÍVEL MAIS ELEVADO (NÍVEL C).....	108
TABELA 12: CLASSE DE APTIDÃO AGRÍCOLA ADOTADO NO SAAT – SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA	109
TABELA 13: CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DO SOLO E NÍVEIS DE LIMITAÇÃO, CARIRI DO TOCANTINS - TO (2017).....	111
TABELA 14: DISTRIBUIÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, CONFORME AS DIFERENTES CLASSES DE SOLO E OCORRÊNCIA DOS INDIVÍDUOS DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF., CARIRI DO TOCANTINS - TO (2017).	115

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE CARIRI DO TOCANTINS – TO.....	38
FIGURA 2: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS - TO	39
FIGURA 3: DISTRIBUIÇÃO DOS INDIVÍDUOS DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. NAS DIFERENTES CLASSES DE SOLO.	40
FIGURA 4: CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – CHÁCARA SANTA RITA. 1- LATOSSOLO AMARELO – LA; 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO LIPOPLÍNTICO – FFLF; 3 – PINTOSSOLO ARGILÚVICO DISTRÓFICO – FTD; 4- LATOSSOLO VERMELHO AMARELO – LVA; 5 – CAMBISSOLO HÁPLICO – CX; 6 – PLINTOSSOLO PÉTRICO CONCRECIONÁRIO – FFC.	41
FIGURA 5: MODELO DE PARÂMETROS DO AJUSTE DO MODELO DE SEMIVARIOGRAMA DEMONSTRANDO ALCANCE (A), PATAMAR (C) E EFEITO PEPITA (Co).	46
FIGURA 6: DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS VALORES DOS INDICADORES DOS INDIVÍDUOS DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. EM FRAGMENTO DE CERRADO <i>SENSU STRICTO</i> . CARIRI DO TOCANTINS – TO, 2017.	51
FIGURA 7: SEMIVARIOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS INDICADORES DOS INDIVÍDUOS NATIVAS DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DEST. EM FRAGMENTO DE CERRADO <i>SENSU STRICTO</i> . CARIRI DO TOCANTINS - TO, 2017.	54
FIGURA 8: MAPAS DE ISOLINHAS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS INDICADORES (B) DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP) E (C) ALTURA DAS ÁRVORES (H); (D) DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES ESTUDADAS (DAE) DE <i>COPAIFERA</i> EM FRAGMENTO DE CERRADO. I- LATOSSOLO AMARELO – LA; II – PLINTOSSOLO PÉTRICO LIPOPLÍNTICO – FFLF; III – PLINTOSSOLO ARGILÚVICO DISTRÓFICO – FTD; IV- LATOSSOLO VERMELHO AMARELO – LVA; V – CAMBISSOLO HÁPLICO – CX; VI – PLINTOSSOLO PÉTRICO CONCRECIONÁRIO – FFC. CARIRI DO TOCANTINS – TO, 2017.....	55
FIGURA 9: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE CARIRI DO TOCANTINS – TO.....	67
FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS - TO.	68
FIGURA 11: DISTRIBUIÇÃO DOS INDIVÍDUOS DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. NAS DIFERENTES CLASSES DE SOLO.	69
FIGURA 12: CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – CHÁCARA SANTA RITA. 1- LATOSSOLO AMARELO – LA; 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO LIPOPLÍNTICO – FFLF; 3 – PINTOSSOLO ARGILÚVICO DISTRÓFICO – FTD; 4- LATOSSOLO VERMELHO AMARELO – LVA; 5 – CAMBISSOLO HÁPLICO – CX; 6 – PLINTOSSOLO PÉTRICO CONCRECIONÁRIO – FFC.	70
FIGURA 13: (A) LATOSSOLO AMARELO (LA), (B) PLINTOSSOLO PÉTRICO LIPOPLÍNTICO (FFLF), (C) PLINTOSSOLO ARGILÚVICO DISTRÓFICOS ESPESARÊNICO, (D) LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO (E) CAMBISSOLO HÁPLICO (CX) E (F) PLINTOSSOLO PÉTRICO CONCRECIONÁRIO (FFC), CARIRI DO TOCANTINS – TO (2017).	75
FIGURA 14: OCORRÊNCIA DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. NAS DIFERENTES CLASSES DE SOLO.....	82
FIGURA 15: DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA) A PARTIR DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E ALTURA (H) DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. E DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO Ca+Mg= CÁLCIO, MAGNÉSIO, K=POTÁSSIO, P= FÓSFORO, S=ENXOFRE, NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.	85
FIGURA 16: DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA) A PARTIR DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E ALTURA (H) DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. E DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO Mn= MANGANÊS, Fe=FERRO, Cu= COBRE, Zn=ZINCO, NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.	86
FIGURA 17: DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA) A PARTIR DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E DA ALTURA (H) DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. E DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO Al=ALUMÍNIO; H+Al= ACIDEZ POTENCIAL; M=saturação por alumínio; pH: POTENCIAL HIDROGENIÔNICO, NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.	87
FIGURA 18: DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA) A PARTIR DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E DA ALTURA (H) DA <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA DO SOLO NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO.	87
FIGURA 19: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE CARIRI DO TOCANTINS – TO.....	100
FIGURA 20: LOCALIZAÇÃO E USO ATUAL DA ÁREA DE ESTUDO, CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS - TO.	101
FIGURA 21: DISTRIBUIÇÃO DOS INDIVÍDUOS DE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i> DESF. NAS DIFERENTES CLASSES DE SOLO.	102
FIGURA 22: CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – CHÁCARA SANTA RITA. 1- LATOSSOLO AMARELO – LA; 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO LIPOPLÍNTICO – FFLF; 3 – PINTOSSOLO ARGILÚVICO DISTRÓFICO – FTD; 4- LATOSSOLO VERMELHO AMARELO – LVA; 5 –	

CAMBISSOLO HÁPLICO – CX; 6 – PLINTOSSOLO PÉTRICO CONCRECIONÁRIO – FFC.	103
FIGURA 23: DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS (I), USO ATUAL (II) E APTIDÃO AGRÍCOLA (III) DOS SOLOS DA ÁREA ESTUDADA NA CHÁCARA SANTA RITA, CARIRI DO TOCANTINS – TO (2017).	114

RESUMO GERAL

A espécie *Copaifera langsdorffii* Desf, popularmente conhecida como copaíba e pau de óleo desperta grande interesse por apresentar múltipla possibilidade de uso, portanto se torna essencial conhecer os atributos químicos dos solos e do desenvolvimento das características dendrométricas (CAP, DAP e h) dos indivíduos para definir a construção da fertilidade do solo que melhor condicione o desenvolvimento das árvores. Nesse cenário, o estudo da classificação morfológica dos solos, vinculado à utilização da metodologia de avaliação da aptidão agrícola das terras é indispensável para a garantia da sustentabilidade da espécie e práticas agrícolas. O estudo da relação entre as características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf com a aptidão agrícola das classes dos solos favorece a compreensão da velocidade do processo de regeneração e do local de ocorrência natural. Diante disso, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o grau de dependência espacial de características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf em função da aptidão agrícola em solos do cerrado Tocantinense. Propôs realizar a caracterização morfológica e química dos solos, assim como sua classificação e mapeamento, além disso, também objetivou - se fazer o estudo da Aptidão Agrícola da terra dessa área e correlacionar com as características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf. O experimento foi conduzido na Chácara Santa Rita, localizado no município de Cariri do Tocantins, Sul do Tocantins. A distribuição espacial das características dendrométricas e ocorrência das árvores foram realizadas a partir da geoestatística, para o levantamento e classificação do solo foi feito segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), as classes de solo encontradas foram Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico Lipoplíntico, Pintossolo Argilúvico distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo, Cambissolo Háplico, Plintossolo Pétrico Concrecionário. Posteriormente, fez-se a aptidão agrícola das terras utilizando a metodologia do Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAAT). Na área indicaram aptidão para lavoura de ciclo curto e longo, pastagem plantada e área sem aptidão agrícola voltada para preservação da fauna e flora. Em relação à distribuição espacial das características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf., observou-se que ocorre grande variabilidade em ambiente natural de dispersão, as árvores com maiores valores de DAP, CAP e h estão nas áreas que apresentam maior fertilidade do solo. A ocorrência dos indivíduos da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. está associada a diferentes condições ambientais que elas se encontram e não propriamente a diferentes classes de solo. No terreno estudado possui área subutilizada. A utilização da estatística espacial como instrumento que auxilia no conhecimento das características dendrométricas das indivíduos da *Copaifera langsdorffii* Desf e a confecção de mapas, bem como a classificação do solo e a avaliação das terras por meio da metodologia proposta, serviu como ferramenta de análise e de planejamento do uso racional do solo levando em consideração o ideal aproveitamento das terras com a conservação desse recurso natural.

Palavras-chave: *Copaifera langsdorffii* Desf., geoestatística; classificação do solo; potencial de uso da terra.

ABSTRACT GERAL

The *Copaifera langsdorffii* Desf, popularly known as copaiba and oil palm, arouses great interest in presenting multiple possibilities of use, therefore it is essential to know the chemical attributes of soils and the development of the dendrometric characteristics (CAP, DAP eh) of the individuals to define The construction of soil fertility that best conditions the development of trees. In this scenario, the study of the morphological classification of soils, linked to the use of the methodology of evaluation of the agricultural aptitude of the lands is indispensable for the guarantee of the sustainability of the species and agricultural practices. The study of the relationship between the dendrometric characteristics of *Copaifera langsdorffii* Desf and the agricultural aptitude of the soil classes favors the understanding of the speed of the regeneration process and of the place of natural occurrence. The objective of this study was to evaluate the degree of spatial dependence of dendrometric characteristics of *Copaifera langsdorffii* Desf as a function of the agricultural suitability of the Tocantinense cerrado soils. It proposed to perform the morphological and chemical characterization of the soils, as well as their classification and mapping. In addition, it was also aimed to study the Agricultural Aptitude of the soil of this area and to correlate with the dendrometric characteristics of *Copaifera langsdorffii* Desf. The experiment was conducted at Chácara Santa Rita, located in the municipality of Cariri do Tocantins, southern Tocantins. The spatial distribution of the dendrometric characteristics and occurrence of the trees were carried out from the geostatistics, so the soil classification and classification was done according to the Brazilian Soil Classification System (SiBCS), the soil classes found were Latossolo Amarelo, Pétrico Lipoplíntico , Dystrophic Argilubic Pintossol, Yellow Red Latosol, Haplic Cambisol, Concrete Pectic Plinthsol. Subsequently, the agricultural aptitude of the lands was made using the methodology of the Agricultural Aptitude Assessment System (SAAAT). In the area they indicated aptitude for short and long cycle cultivation, pasture planted and cultivated and area without agricultural aptitude turned for the preservation of the fauna and flora. In relation to the spatial distribution of the dendrometric characteristics of *Copaifera langsdorffii* Desf., It was observed that there is great variability in natural dispersal environment, the trees with higher values of DAP, CAP and h are in the areas that present higher soil fertility. The occurrence of the individuals of the species *Copaifera langsdorffii* Desf. Is associated to different environmental conditions that they meet and not properly to different classes if soil. In the studied area has underutilized area. The use of spatial statistics as an instrument that helps in the knowledge of the dendrometric characteristics of the individuals of *Copaifera langsdorffii* Desf and the preparation of maps, as well as the classification of the soil and the evaluation of the lands through the proposed methodology, served as a tool of analysis and Planning of the rational use of the soil taking into account the ideal use of the land with the conservation of this natural resource.

Key words: *Copaifera langsdorffii* Desf., Geostatistics; Soil classification; Potential of land use.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A *Copaifera langsdorffii* Desf. é conhecida popularmente como copaíba e pau-de-óleo, pertence à família Leguminosae, subfamília Caesalpinoideae. O gênero *Copaifera* é comumente encontrada na América Latina e África Ocidental. No Brasil é uma árvore nativa e está localizada nas regiões sudeste, centro oeste e Norte do País (REFLORA – HERBÁRIO VIRTUAL, 2017), são classificadas e distribuídas em 72 espécies já identificadas, sendo que em terras brasileiras já foram encontradas 16 espécies. As espécies do gênero *Copaifera* são conhecidas em geral como copaibas, pau-d'óleo, óleo-vermelho e bálsamo, entre outras denominações regionais. São árvores de crescimento lento, alcançam de 25 a 40 metros de altura, podendo viver até 400 anos (MARTINELLI; MORAES, 2014).

A *Copaifera langsdorffii* Desf. desperta grande interesse comercial por seu potencial ornamental, madeireiro e pela produção de óleo-resina. Por despertar interesses tão diversificados, a espécie tem sofrido intensa exploração e está na lista das espécies que correm risco de extinção (CARVALHO, 2003), embora não esteja incluída na lista oficial do IBAMA (BRASIL, 1992).

A relação da exploração do óleo-resina com a utilização de técnicas adequadas de manejo florestal torna-se indispensável para a conservação das florestas, entretanto para alcançar esta técnica é necessário um maior conhecimento científico sobre o assunto. Outro fator imprescindível para um adequado planejamento da produção florestal é o conhecimento dos atributos químicos do solo, evitando assim a degradação do solo e visando à produção sustentável.

A utilização de técnicas de manejo inadequadas pode colaborar para a degradação dos ecossistemas, comprometendo a sustentabilidade, ou seja, o manejo incorreto do solo contribui para a perda da fertilidade do solo, início de erosão, bem como a degradação da qualidade hídrica e sua disponibilidade. Por este motivo, a questão tecnológica e o conhecimento científico são fundamentais para a manutenção da produção florestal e para a incorporação das novas fronteiras agroflorestal (GARCIA; FILHO, 2017).

O estudo da relação entre as características dendrométricas das indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. com a aptidão florestal das classes de solos que favorece a compreensão da velocidade do processo de regeneração e do local de

ocorrência natural. Também, proporciona definir direcionamentos técnicos para aumentar o potencial produtivo da espécie em futuros povoamentos florestal comercial. Segundo Veloso (2011), a variação do solo atua como um dos principais fatores determinantes da ecologia e da distribuição de espécies arbóreas.

Além da avaliação de aptidão agrícola do solo, o conhecimento da variabilidade espacial, por meio de estudos geoestatísticos, dos fatores que afetam a produção e a produtividade das espécies florestais permite alcançar intervenções exatas, a fim de obter o máximo rendimento conforme o potencial do solo e dos demais fatores ambientais locais (SANTOS, 2014; PELISSARI, 2015).

Nesse contexto, a aplicação de técnicas de geoestatística permite modelar e descrever a variabilidade espacial dos atributos de solo e da planta (OLIVEIRA et. al., 2015), favorecendo a construção de mapas de isolinhas com o nível de detalhe desejável para maior compreensão das relações entre a aptidão do solo e as espécies florestais. Além disso, o conhecimento dos atributos químicos dos solos e do desenvolvimento das características dendrométricas dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. contribuirão para a definição da construção da fertilidade do solo que melhor condiciona o desenvolvimento dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf.

Logo, o estudo da distribuição espacial das variáveis dendrométricas dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. e seus relacionamentos com os demais atributos do solo, torna-se essencial para compreender o comportamento e relação entre essas propriedades. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de dependência espacial de características dendrométricas da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. em função da aptidão agrícola em solos do Tocantins. Para atingir esse objetivo, foram desenvolvidos quatro capítulos:

No capítulo 1 abordou uma revisão de literatura das características e importâncias da *Copaifera langsdorffii* Desf. e as ferramentas utilizadas para compreensão das variáveis dendrométricas, geoestatística e o método de avaliação do uso do solo, para produção florestal.

No segundo capítulo foram descritos o comportamento da distribuição espacial das características dendrométricas (diâmetro a altura do peito e altura) dos indivíduos, através da geoestatística nas diferentes classes de solos na área do experimento.

O capítulo 3 considerou as características dendrométricas dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. e correlacionou com as classificações morfológicas de cada classe de solo encontrado na área de estudo, através da análise de correspondência canônica.

Por fim, com base nos resultados dos capítulos 2 e 3 foi desenvolvido o capítulo 4, que através das informações geradas pela análise de solo permitiu-se elaborar a aptidão agrícola dos locais estudados e correlaciona-las com o diâmetro a altura do peito e altura dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf..

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Instituto BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Portaria IBAMA nº 37-N, de 03 de Abril de 1992.** Reconhece como lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção a relação que apresenta. Brasília- DF. 1992, 15p.
- CARVALHO, E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.
- GARCIA, J. R.; FILHO, J. E. R. V. **A questão ambiental e a expansão da fronteira agrícola na direção do MATOPIBA brasileiro.** Texto para discussão 2281. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. Brasília-DF, ISSN 1415-4765, 2017.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro Vermelho da Flora do Brasil – Plantas Raras do Cerrado.** Rio de Janeiro. Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro: CNCFlora, p. 320, 2014.
- OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R. **Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas.** Acta Amazônica, Manaus, v.45, n.1, 1 – 12, 2015.
- PELLISSARI, A. L. **Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos de *Tectona grandis* L. f.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, 2015. 119 p.
- REFLORA- herbário virtual. **Flora Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>>. Acesso em: 22 fev. de 2017.
- SANTOS, P. C.; SANTANA, A. C. de.; Queiroz, J. C. B.; BARROS, P. L. C.; SANTANA, A. L. de. **Estimação volumétrica de resíduos lenhosos de madeira em uma floresta tropical através da krigagem ordinária,** Paragominas, Estado do Pará. Ciência Florestal, v. 24, n. 4, p. 959-968, 2014.
- VELOSO, M. D. M. **Estrutura, diversidade florística e variações espaciais do componente arbóreo-arbustivo da vegetação ciliar do rio Pandeiros, Norte de Minas Gerais.** 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, MG, 2011.

**3 CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DA
COPAIFERA LANGSDORFFII DESF. E AS FERRAMENTAS
SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS
E GEOESTATÍSTICA - REVISÃO DE LITERATURA**

RESUMO

O uso de tecnologias no setor agrícola deve estar voltado para o manejo adequado do solo e principalmente a conservação dos recursos florestais e não apenas para o aumento da produtividade, a *Copaifera langsdorffii* Desf. é considerada de grande importância econômica pelo seu valor madeireiro e não madeireiro. Nesse contexto, o objetivo desse estudo é conhecer de forma mais ampla as características e importâncias da *Copaifera langsdorffii* Desf. e analisar as ferramentas que auxiliam na maior compreensão do desenvolvimento dessa espécie bem como o direcionamento adequado para utilização do solo. No seguinte estudo pode-se constatar que utilizar ferramentas que auxiliam na maior compreensão do desenvolvimento da seguinte espécie florestal e do solo é de notável importância, de um modo geral a geoestatística quando utilizada com outras metodologias, como o sistema de avaliação da aptidão agrícola da terra, permite compreender melhor o comportamento da planta e a relação com os atributos químicos do solo, atrelando o aproveitamento das terras com a conservação da espécie.

Palavras-chave: *Copaifera langsdorffii* Desf.; geoestatística; avaliação de aptidão agrícola.

ABSTRACT

The use of technologies in the agricultural sector should be directed to the proper management of the soil and especially the conservation of forest resources and not only to increase productivity, *Copaifera langsdorffii* Desf. Is considered of great economic importance for its timber value and not logging. In this context, the objective of this study is to know more broadly the characteristics and importance of *Copaifera langsdorffii* Desf. And to analyze the tools that help in the greater understanding of the development of this species as well as the appropriate direction for land use. In the following study, it can be observed that using tools that help to better understand the development of the following forest species and soil is of great importance, generally geostatistics when used with other methodologies, such as the system of evaluation of agricultural aptitude Land, allows a better understanding of the behavior of the plant and the relationship with the chemical attributes of the soil, linking the use of land with the conservation of the species.

Keywords: *Copaifera langsdorffii* Desf .; Geostatistics; Assessment of agricultural suitability.

4 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios na conservação do Cerrado é a necessidade de demonstrar a importância econômica que a biodiversidade desempenha. As implicações das alterações no uso da terra sobre o valor econômico da biodiversidade são fundamentais para o debate “conservação versus desenvolvimento” (BARBOSA, 2010).

Várias espécies se destacam como madeiras, artesanais, alimentícias, frutíferas, medicinais, além de outras utilidades. No entanto, há necessidade de mais pesquisas mostrando as vantagens das espécies de forma mais ampla. Estes estudos podem incentivar o uso e o manejo apropriado, visando à valorização desses recursos e combatendo o extrativismo predatório (FERREIRA et. al., 2016).

Uma dessas espécies é a *Copaifera langsdorffii* Desf., considerada de grande importância econômica pelos suas múltiplas utilidades, principalmente os usos tradicionais do óleo de copaíba, conhecido pelos seus benefícios medicinais e estéticos (MASSON, 2011), (HECK et al., 2012), (PASA et al., 2012), (MONTES, 2009), (LEANDRO, 2012), (CARVALHO; MILKE, 2014), (NOGUEIRA, et. al., 2017), além da sua destinação para arborização urbana e recuperação de áreas florestais degradadas, (MARTINS, 2014).

Para se alcançar processos produtivos sustentáveis, existe a necessidade de se buscar tecnologias que visem menores intervenções, ou que as intervenções tenham finalidades de regeneração dos recursos naturais. Assim, o uso de tecnologias deve estar voltado para o manejo correto e a conservação dos recursos naturais e não apenas para o aumento da produtividade (NASCIMENTO, 2016). Nesse contexto, a melhoria/manutenção da qualidade do solo deve ter atenção especial, pois se trata do elo mais importante entre a sustentabilidade e as práticas agrícolas (STEFANOSKI, 2013).

Assim, a sustentabilidade do Cerrado envolve aspectos tecnológicos e gerenciais, sendo que a primeira fase desse processo se baseia no planejamento da ocupação da área, a começar pela determinação da aptidão agrícola das terras, visando orientar sua destinação e o nível tecnológico exigido, para que seu uso seja racional. Com isso, todas as ações devem ser previamente planejadas para permanecerem harmônicas e equilibradas, ou seja, devem ser socialmente

responsável, economicamente viável, e ambientalmente sustentável (NASCIMENTO, 2016).

O uso da geoestatística no estudo da distribuição espacial de variáveis ao longo da paisagem possibilita uma nova interpretação da interação entre atributos das culturas e atributos do solo (RUIZ, 2016). É uma ferramenta muito útil na recuperação do meio ambiente e elaboração de estratégias de conservação, podendo subsidiar de maneira muito precisa todo o processo da tomada de decisões e planejamento na gestão ambientalmente correta das propriedades (SOARES, 2006).

Logo, objetivou-se conhecer as características e importância da *Copaifera langsdorffii* Desf. e descrever as ferramentas que auxiliam na compreensão do desenvolvimento da espécie, como o Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícolas das terras e a Geoestatística.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 Caracterização da espécie

Dentre as espécies de ocorrência no Brasil, está *Copaifera langsdorffii* Desf., uma das mais comuns em florestas de galeria. Popularmente conhecida como copaíba, pode atingir até 35 metros de altura, distribuindo-se por todo território brasileiro, desde o Cerrado e Amazônia até a Floresta Atlântica. É considerada heliófita, semidecídua, seletiva xerófita, característica das formações de transição do Cerrado para a floresta latifoliada semidecídua, ocorre tanto na mata primária densa como nas formações secundárias (LORENZI, 2008).

De acordo com Kuhlmann (2012) o pecíolo mede de 0,6 a 2,2 cm de comprimento; raque glabro, pubescente ou tomentoso-hirsuta, 3 a 4 pares de folíolos, os proximais duas vezes menores que os distais; peciólulos com 1 a 5 mm de comprimento. As inflorescências são em panículas com comprimento menor até o dobro das folhas subjacentes, raramente três vezes maiores, com 3 a 11 cm de comprimento; pedúnculo glabro, pubérulo, pubescente ou tomentoso-hirsuto. As flores são sésseis; sépalas com 4 a 5 x 2,2 a 4 mm, face externa glabra ou pubescente, face interna tomentosa, hirsuta ou glabra.

O fruto é um legume com 2,8 a 3,5 x 2,2 a 3,3 cm, margens glabras ou espaçadamente pubescentes, a semente é orbicular ou oblonga, com 1,5 a 2 x 1 a 2,4 cm; arilo amarelo, laranja ou vermelho, cobrindo 2/3 ou quase toda a semente. No tronco, os elementos secretores localizam-se próximo ao xilema, organizados concentricamente em cada anel cambial, rompidos quando o tronco é perfurado, deixando extravasar o óleo-resina (COSTA, 2007; KUHLMANN, 2012).

O período de floração é de dezembro a março tendo as abelhas como polinizadoras e o período de frutificação vai de agosto a outubro (LORENZI, 2008).

Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, que são dispersas principalmente por aves como o tucano (*Ramphastos toco*), sanhaço (*Thraupis sayaca*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), siriri (*Tyrannus melancholicus*), sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), saí-azul (*Dacnis cayana*) e os mamíferos bugios (*Alouatta sp.*) e Macacos prego (*Cebus sp.*) (MORI et al., 2012).

As sementes são do tipo ortodoxas e os frutos devem ser coletados jovens, quando atingirem uma coloração avermelhada, devido ao fato de apresentarem

menor quantidade de cumarina, substância que inibe a germinação. O tempo de germinação das sementes pode variar entre 6 e 66 dias e a taxa de germinação é entre 12% e 96%. Recomenda-se produzir mudas em canteiros ou recipientes individuais. Quando realizada em canteiro, recomenda-se a repicagem das plântulas para recipientes individuais entre 2 a 4 semanas após a germinação (PEREIRA et al., 2009).

Para elevar a taxa de germinação das sementes são recomendados alguns métodos pré-germinativos de superação de dormências, são indicados a escarificação em sementes recém-colhidas, imersão em água fria por até 72 horas, trocando a água a cada 6 ou 12 horas ou imersão em água a temperatura ambiente por 96 horas e imersão em ácido sulfúrico concentrado por 5 a 10 minutos (MORI et al., 2012).

Em relação às condições edáficas, a *Copaifera langsdorffii* Desf. apresenta elevada plasticidade pode ocorrer tanto em áreas de solo fértil e bem drenado como em áreas de solo muito pobre, ácido e álico como os solos do Cerrado. Segundo Duboc et al. (1996) é tolerante a acidez do solo e pode crescer bem em solos com baixa disponibilidade de Ca e de Mg. A espécie *Copaifera langsdorffii* ocorre ainda em terrenos úmidos, comum em Matas Ciliares, como Gleissolo Háplico (Glei Pouco Húmico).

Em plantios comerciais, prefere solos com drenagem de regular a boa e com textura que varia de franca - argilosa a argilosa. Pode ser plantado a pleno sol a plantio misto, associada com espécies pioneiras, e em vegetação matricial, plantada em linhas em áreas abertas em vegetação secundária (QUEIROZ et al., 2013).

O espaçamento indicado para o plantio é de 2 x 2 m, onde a porcentagem média de plantas vivas é 70% e, no entanto em sistemas agroflorestais, recomenda-se espaçamento de 4 a 5 m entre árvores. A densidade natural de indivíduos lenhosos varia entre as fitofisionomias e entre diferentes regiões do Cerrado. A produtividade volumétrica máxima obtida em plantios foi de 6,60 m³/ha/ano aos 14 anos de idade. (NEWTON et al., 2012; QUEIROZ et al., 2013).

Ecologicamente a espécie é classificada como secundária tardia a clímax, tolerante à sombra e, mesmo apresentando crescimento lento, é considerada prioritária para reflorestamento em áreas degradadas do bioma Cerrado, especialmente em função da sua plasticidade ecológica (MORI et al., 2012). Além de reflorestamento, a *Copaifera langsdorffii* Desf. oferece uma enorme variedade de

produtos, o óleo está entre os produtos de grande valor comercial, especialmente por suas propriedades medicinais.

5.2 Importância econômica da espécie

Apesar do crescimento lento, a espécie é indicada para recuperação de áreas florestais degradadas, para usos paisagísticos na arborização urbana e também na apicultura, pois é atrativa a fauna (MARTINS, 2014).

A espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. apresenta outros diversos usos, a madeira serrada pode ser utilizada para: construção civil, peças torneadas, carroçarias, coronhas de armas, implementos agrícolas, cabos de vassoura, cabos de ferramentas, miolo de portas, marcenaria em geral, móveis, tabuados em geral, revestimentos, torneados, laminação, folhas para compensados e construção naval. Para energia, a madeira da espécie produz lenha de qualidade irregular e, devido ao alto teor de lignina são indicadas para a produção de álcool e carvão (IPEF, 2017).

O óleo extraído da *Copaifera langsdorffii* Desf. é um ótimo fixador e por esse fato, apresenta grande utilização em indústrias de perfumes, sabonetes, cremes, condicionadores, hidratantes e xampus. No norte do Brasil, é utilizado também como combustível e desta maneira gera energia para iluminação pública além de ser usado como secativo e solvente para pinturas de porcelana (HECK et al., 2012).

O óleo e suas propriedades medicinais já eram bastante difundidos entre os índios latino-americanos, as principais características associadas ao óleo de copaíba são: ação anti-inflamatória, cicatrizante, antibacteriana, analgésica, antitumoral e germicida. Entretanto, o óleo-resina, segundo vários autores, oferece muitas outras aplicabilidades terapêuticas (PASA et al., 2012).

Sabe-se que esta ação é devido à presença de diterpenos em sua composição, ainda sendo desconhecido o seu real mecanismo de ação. Para que os efeitos anti-inflamatórios sejam obtidos, geralmente a via oral é a mais utilizada (CARVALHO; MILKE, 2014).

Estudos sobre as propriedades medicinais da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf., realizados por Yamaguchi e Garcia (2012) concluíram que a atividade antitumoral também está elencada entre os benefícios por ela proporcionados.

A atividade de cicatrização do óleo foi testada por meio do acompanhamento da contração e medição da resistência à tração na cicatrização de feridas

experimentais por incisão em ratos. A aplicação tópica de óleo-resina acelerou a contração em feridas abertas por meio da multiplicação de tecido de granulação, colaborando para o processo de cicatrização da lesão, indicando o efeito benéfico (MONTES, 2009).

O óleo comercial também mostrou atividade de proteção contra a penetração de cercárias de *Schistosoma mansoni*, e como cercaricida, piscicida e repelente de insetos (MASSON, 2011).

Ainda é relatada na literatura a eficiente atividade gastroprotetora. Essa atividade foi avaliada em lesões gástricas induzidas por etanol e indometacina em ratos pré-tratados com o óleo de copaíba. Os dados apontam que eles foram protegidos em doses a partir de 400 mg/kg⁻¹ (LEANDRO, 2012).

Além dos benefícios do óleo extraído do tronco, as sementes, também apresentam óleo que é usado na fabricação de sabão, atuando também como tônico capilar. O extrato das folhas auxilia no tratamento de seborreia, infecções da pele e é cicatrizante (NOGUEIRA, et. al., 2017) e a flor possui cerca de dois microlitros de néctar, indicada para produção de mel (FREITAS, OLIVEIRA; 2002). Assim, os produtos advindos da copaíba têm despertando interesse no mercado, por apresentarem múltiplas possibilidades de uso.

5.3 Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das terras

Várias são as metodologias utilizadas para se avaliar a aptidão agrícola das terras, no entanto, destaca-se o sistema de avaliação, proposto por Ramalho Filho; Beek, (1995) estruturada para ser aplicada em levantamentos de solo.

A aptidão norteia o uso mais apropriado das terras através da identificação de suas limitações que tem como resultado o diagnóstico sobre a melhor forma de utilizá-la, inclusive com recomendação de práticas agrícolas indicadas para o seu melhoramento (RESENDE et al., 2007) além de serem úteis para indicar o manejo adequado que vise a conservação florestal. Sua indicação é feita através dos níveis de manejo (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995), sendo estes: Nível A (manejo primitivo); Nível B (manejo pouco desenvolvido); Nível C (manejo desenvolvido).

Além dos níveis de manejo adotados, o sistema de classificação é estruturado em grupos, subgrupos e classes de aptidão (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

Com a capacidade de identificar o tipo de uso mais intensivo dos solos, são divididos seis grupos de aptidão agrícola, identificados, em escala decrescente, pelos números de 1 a 6, segundo as possíveis utilizações das terras. Os grupos de aptidão 1, 2 e 3 indicam as terras mais apropriadas para lavouras, além de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão conforme os níveis de manejo. Os grupos 4, 5 e 6 apenas mostram os tipos de utilização: respectivamente, pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna, independentemente da classe de aptidão (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

O subgrupo de aptidão agrícola é decorrente do conjunto da avaliação da classe de aptidão conexa com o nível de manejo. Mostra o tipo de utilização da terra. Em algumas situações, o subgrupo tem como referência somente a um nível de manejo, que relaciona uma única classe de aptidão agrícola (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

As classes mostram a aptidão agrícola das terras para algum tipo de utilização, com um nível de manejo determinado dentro do subgrupo (lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural). Refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). As classes são divididas em boa, regular, restrita e inapta (FAO, 1976).

No planejamento da utilização do solo, os diferentes atributos da terra são avaliados e analisados com vistas a um uso ideal e sustentável. As fundamentais informações demandadas sobre esses atributos são a sua distribuição espacial (NASCIMENTO, 2016).

O uso dessa ferramenta em áreas nativas ou atropisadas com foco para entender a resposta de uma espécie nativa como a Copaíba em diferentes ambientes possibilitará a observação do potencial de desenvolvimento em função dos graus de limitações e da melhoria dos mesmos.

5.4 Geoestatística

O surgimento da geoestatística aconteceu a partir da década de 1950, quando notou-se que a estatística básica não era satisfatória frente às necessidades de análises de fenômenos espaciais (ROCHA et al., 2014) quando Krige em 1951 observou que as variâncias de dados de mineração de ouro alcançadas através da abordagem clássica de amostragem, não faziam sentido se não considerasse as distâncias entre as amostras.

A estatística espacial, ou a geoestatística de acordo com Faraco et al. (2008), tem como base o estudo de uma função espacial numérica que varia de um local para outro com continuidade e cujos valores tem forte relação com a posição espacial que ocupam, permitindo dessa forma, a estimativa de uma determinada variável em locais não amostrados e a aplicação em mapeamentos, planejamentos de amostragens e modelagens.

O termo geoestatística nos dias de hoje, tem uma maior abrangência, podendo ser determinado como uma subárea da Estatística, que tem como objetivo de estudo as variáveis regionalizadas, com base no pressuposto que amostras localizadas em distâncias menores entre si, tendencialmente apresentam alta relação, desta forma, podem ser utilizadas na estimativa do seu valor médio. (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

O uso da geoestatística é realidade no setor florestal, contudo, ainda é pouca difundida em estudos de espécies florestais nativas. Pelissari (2015) utilizou a ferramenta aplicada ao manejo de povoamentos de *Tectona grandis* L. f. que relata que a análise geoestatística é capaz de identificar a correlação espacial que existe entre as variáveis dendrométricas e, dessa maneira, admite descrever e modelar a variabilidade espacial da relação hipsométrica, da habilidade de produção do sítio florestal e do volume dos plantios de teca, para suas estimativas estatisticamente exatas na confecção de mapas temáticos.

Utilizando a geoestatística no planejamento estratégico de florestas de produção de *Pinus taeda* L. Ribeiro (2014) verificou-se que o índice de sítio possui dependência espacial e a krigagem pode ser empregada como uma das ferramentas no mapeamento e classificação de sítios.

5.4.1 Variabilidade e dependência espacial

A variabilidade espacial do solo é definida como a variação das suas propriedades dentro das unidades taxonômicas e/ou do mapeamento deles. Podendo ser mesclada em duas categorias: variabilidade sistemática e variabilidade aleatória. A primeira categoria é denominada por fatores extrínsecos e a segunda (aleatória), é determinada pelas transformações nas propriedades intrínsecas do solo (ORTIZ, 2002).

As duas categorias, mostram-se em condição assimétrica frequente dos elementos da natureza, conhecido como anisotropia, denominado de variabilidade

ou distribuição espacial de tais elementos, quando ocorrem mais intensamente numa direção (SEIDEL; OLIVEIRA, 2014).

A dependência espacial é o quanto o resultado de uma amostra pode ter influência no resultado de outra amostra, e tem como variáveis fundamentais a distância onde amostram mais próximas normalmente apresentam resultados mais parecidos do que quando as distancias entre estas amostras são maiores (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

O valor entre as amostras pode apresentar continuidade até apropriada distância, sendo que a partir desse ponto já não apresenta dependência e, nesta situação, pode-se considerar que as unidades amostrais são aleatórias não exercendo influência uma sobre a outra (BOTTEGA et al., 2013).

Em estudos relacionados a dependência espacial é preciso conhecer o semivariograma pois este tem a função de representar esta dependência, denominada como a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores das amostras que estão separadas por certa distância entre elas (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

5.4.2 Semivariograma e Krigagem

Semivariograma é a denominação da ferramenta geoestatística empregada para estimar a variabilidade espacial, que faz uso da função numérica definida de semivariância, utilizada para realização da avaliação da dependência espacial de uma característica em função da distância entre pontos amostrados. Tem como princípio a estatística clássica, no entanto, leva em conta as coordenadas geográficas dos pontos amostrados, desta forma, quanto maior for a proximidade dos dois pontos, menor a probabilidade de variância entre os valores (ASSUMPCAO et al., 2007, SANTOS et al., 2014).

De acordo Landim (2003), o alcance do semivariograma dos dados reais, ou mesmo dos resíduos, é de extrema importância nos estudos geoestatísticos, pois faz parte da chamada análise estrutural.

Krigagem é traduzida do francês krigage, e do inglês kriging, foi denominado pela escola francesa de geoestatística através de uma homenagem ao engenheiro de minas sul-africano e pioneiro na aplicação de técnicas estatísticas em avaliação mineira, Daniel G. Krige e nada mais é que um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores

adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma. Tratando-se, em último caso, de um método de estimativa por médias móveis. (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Esse processo emprega uma serie de técnicas de análise de regressão que busca minimizar a variância estimada, tendo em vista um modelo prévio, que leva em consideração a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço (PIRES et al., 2016).

De forma geral segundo Silva Junior (2001) a krigagem é o método de interpolação em geoestatística, sendo usada para se obter mapas espaciais de parâmetros de solo e plantas. Em muitos casos, o interesse final da análise não tem como limite à obtenção do modelo de dependência espacial, mas almeja também prognosticar valores em pontos não amostrados. O interesse pode ser em um ou mais pontos específicos da área ou mesmo obter a malha de pontos interpolados que admitam visualizar o comportamento da variável na região diante do mapa de isolinhas ou de superfície.

A geoestatística é uma ferramenta que auxilia no conhecimento das características dendrométricas dos indivíduos da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf., permite descrever com precisão a distribuição espacial do seu desenvolvimento e a aptidão agrícola das classes de solos orienta o uso mais adequado da terra por meio de suas limitações, essas técnicas favorecem um adequado planejamento florestal levando em consideração o ideal aproveitamento do solo com a conservação da espécie.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. apresenta elevada plasticidade, podendo ocorrer em solos bem drenagem, solos ácidos e álicos do Cerrado, possui vasta utilidade, principalmente no que se refere aos benefícios medicinais do óleo e a qualidade de sua madeira, além de ser indicada para recuperação de áreas degradadas e arborização urbana.

O uso de ferramentas como a geoestatística e o mapeamento do potencial de exploração do solo auxiliam na maior compreensão e no desenvolvimento da espécie sobre diferentes ambientes. De um modo geral a geoestatística quando utilizada com outras metodologias, como avaliação da aptidão agrícola, permite compreender melhor o comportamento da planta e a relação com os atributos químicos do solo, atrelando o aproveitamento das terras com a conservação da espécie.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUMPCAO, R. A. B.; URIBE-OPAZO, M. A.; GODOY, E.; JOHANN, J. A. **Uso da krigagem indicadora na avaliação da probabilidade da produtividade de soja segundo os padrões regional, estadual e nacional.** Acta Scientiarum: Agronomy, v. 29, n. 1, p. 165-171, 2007.

BARBOSA, G. F. **Plantas medicinais: alternativa econômica a conservação do Cerrado brasileiro.** 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2010.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M. PINTO; F. A. C.; SOUZA, C. M. A. **Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no Cerrado brasileiro.** Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.

CARVALHO, L. O.; MILKE, L. T. **Importância terapêutica do óleo-resina de copaíba: enfoque para ação anti-inflamatória e cicatrizante.** Revista Eletrônica de Farmácia, V. 11, n. 2, p. 25–36, 2014.

COSTA, J. A. S. **Estudos taxonômicos, biosistemáticos e fisiológicos em *Copaifera* L. (Leguminosae – Detarieae) com ênfase nas espécies do Brasil Extra-Amazônico.** Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007. 266 p

DUBOC, E.; VENTURIM, N.; VALE, F. do; DAVIDE, A. C. **Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba).** Cerne, Lavras, MG, v. 2, n. 2, p. 31-47, 1996.

FAO. **A framework for land evaluation.** Rome, 1976. 72 p. (FAO Soil Bulletin, 32).

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A.; 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, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.463-476, 2008.

FERREIRA, R. Q. S.; CAMARGO, M. O.; TEIXEIRA, P. R.; SOUZA, P. B.; VIANA, R. H. O. **Uso potencial e síndromes de dispersão das espécies de três áreas de Cerrado *sensu stricto*, Tocantins.** Global Science and Technology, Rio Verde – GO, v.09, n.03, p.73 - 86, ISSN – 1984-3801 set/dez. 2016.

FREITAS, C. V.; OLIVEIRA, P. E. **Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae).** Revista brasileira Botânica, Set., vol.25, n.3, p.311-321, 2002.

HECK, M. C.; VIANA, L. Á.; VICENTINI, V. E. P. **Importância do óleo de *Copaifera* sp. (copaíba).** SaBios-Revista de Saúde e Biologia, v. 7, n. 1, p. 82 – 90, 2012.

IPEF. ***Copaifera langsdorffii* (copaíba)**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, 2017. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/copaifera.langsdorffii.asp>>. Acesso em: 22 fev. de 2017.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **Applied geostatistics: introduction to applied geostatistics**. Oxford: University Press, 1989. 561p.

LANDIM, P. M. P. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 2003. 253 p.

LEANDRO, L. M.; VARGAS, F. S.; BARBOSA, P. C. S.; NEVES, J. K. O. N.; SILVA, J. A.; JUNIOR, V. F. V. **Chemistry and biological activities of terpenoids from copaiba (*Copaifera spp.*) oleoresins**. *Molecules*, v.17, n.1, p.3866-3889, 2012.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 5 ed. Editora Nova Odessa. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. v.1, 368 p.

KUHLMANN, M. **Frutos e sementes do Cerrado atrativos para fauna: guia de campo**. Brasília: Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2012. 360 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares: no contexto do Novo Código Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2014. v. 1. 220p.

MASSON, D. S. **Atividades cicatrizante e antimicrobiana do óleo-resina de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) em úlceras cutâneas**. Tese (Doutorado em ciências Médicas) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2011. 215 p

MONTES, L. V.; BROSEGHINI, L. P.; ANDREATTA, F. S.; SANT´ANA, M. E.; NEVES, V. M.; SILVA, A. G. **Evidências para o uso da óleo-resina de copaíba na cicatrização de ferida – uma revisão sistemática**. *Natureza on-line*, v. 7, n. 2, p. 61- 67, 2009.

MORI, E. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREITAS, N. P.; MARTINS, R. B. **Sementes florestais: guia para germinação de 100 espécies nativas**. São Paulo: Instituto Refloresta, 2012. 159 p.

NASCIMENTO, R. S. M. P. **Qualidade do solo e aptidão agrícola das terras os Quilombos Mesquita, Estado de Goiás**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016. 203 p.

NEWTON, P.; WATKINSON, A. R.; PERES, C. A. **Spatial, temporal and economic constraints to the commercial extraction of a non-timber forest product: copaíba (*Copaifera spp.*) oleoresin in Amazonian extractive reserves**. *Economic Botany*, v. 66, p. 165-177, 2012.

NOGUEIRA, M. V. C.; AMORIM, A. M.; MAIA, R. M.; PAULILLO, L. C. M. S. **Estudo de espécies oleaginosas com potencial para a produção de biocombustíveis, da região de Riacho das Vacas- Bahia.** Revista Diálogos & Ciências. v. 17 n. 39. p. 42-56. ISSN 1678-0493. 2017

ORTIZ, G. C. **Aplicação de métodos geoestatísticos para identificar a magnitude e a estrutura da variabilidade espacial de variáveis físicas do solo.** 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Piracicaba, São Paulo, 2002.

PASA, M. C.; DAVID, M.; SÁNCHEZ, D. C. M. **Copaifera langsdorffii Desf: aspectos ecológicos e silviculturais na comunidade Santa Teresa.** Cuiabá, MT, Brasil. Biodiversidade, v. 11, n. 1, p. 13 – 22, 2012.

PELISSARI, A. L. **Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos de Tectona grandis L. f.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, 2015. 119 p.

PEREIRA, R. dos S.; SANTANA, D. G. de; RANAL, M. A. **Emergência de plântulas oriundas de sementes recém colhidas e armazenadas de Copaifera langsdorffii Desf. (caesalpinioideae), Triângulo Mineiro, Brasil.** Revista Árvore, Viçosa, v. 33, n. 4, jul./ago. 2009.

PIRES, C. A. da F.; REIS, J. T.; DULLIUS, A. I. dos. S.; PRIESNITZ, M. C.; PEREIRA, M. J. **Krigagem ordinária aplicada à precipitação pluviométrica nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Ciência e Natura, v.38 n.3, p. 1303 – 131, 2016.

QUEIROZ, L. P.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. **Copaifera.** In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3.ed. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1995. 65p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. G. **Pedologia: base para distinção de ambientes,** 5.ed. Lavras: UFLA, 2007. 322 p.

ROCHA, S. S.; LINDNER, A.; PITOMBO, S. C. **Modelagem geoestatística aplicada à amostra sistemática desagregada: estimação de geração de viagens.** Anais... XXVIII ANPET, Curitiba, 2014.

RUIZ, J. G. C. L.; **Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em variedades de Pinus.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jabotical, São Paulo, 2016, 69 p.

SANTOS, P. C.; SANTANA, A. C.; Queiroz, J. C. B.; BARROS, P. L. C.; SANTANA, A. L. de. **Estimação volumétrica de resíduos lenhosos de madeira em uma floresta tropical através da krigagem ordinária,** Paragominas, Estado do Pará. Ciência Florestal, v. 24, n. 4, p. 959-968, 2014.

SEIDEL, ENIO, J.; OLIVEIRA, MARCELO, S.; **Proposta de um teste de hipótese para a existência de dependência espacial em dados geostatísticos**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 20, n. 4, p. 750-764, 2014.

SEIDEL, ENIO, J.; OLIVEIRA, MARCELO, S.; **Proposta de uma generalização para os modelos de semivariogramas exponencial e gaussiano**. Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 34, n. 1, 2013. p. 125-132.

SILVA JÚNIOR, R. L. **Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SILVA, F. A. S. **Software Assistat: Assistência Estatística. Versão 7.6 beta**. Campina Grande: UAEG-CTRN-UFCG, 2011.

SOARES, A. **Geostatística para ciências da terra e do ambiente**. 2ª ed. Lisboa: IST Press, 2014 p. 2016.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L.P. **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

YAMAGUCHI, H. M.; **Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais**. Saúde e pesquisa, Vol. 5, No. 1, 137-146, 2012.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2013. 215p.

**8 CAPÍTULO 2: VARIABILIDADE ESPACIAL DAS
CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS (DIÂMETRO A ALTURA
DO PEITO E ALTURA) DE *Copaifera langsdorffii* EM RELAÇÃO
AS CLASSES DE SOLO**

RESUMO

A importância do estudo da distribuição espacial e da estrutura populacional podem auxiliar na compreensão de como uma determinada espécie arbórea se regenera, bem como esta se localiza em sua área de ocorrência, proporcionando suporte à conservação da *Copaifera langsdorffii* Desf. e colaborando no manejo mais adequado. Assim, o presente trabalho objetivou analisar o padrão da dependência espacial das características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf., através da geoestatística, e elaborar mapas de variabilidade espacial para subsidiar a correlação das características dos indivíduos com as diferentes classes de solos analisadas na área de estudo no estado do Tocantins. As medições foram realizadas na Chácara Santa Rita, sob as coordenadas geográficas 11°49'47,49" de latitude S e 49°13'50,42" de longitude W uma área de 23 há em Cariri do Tocantins – TO. Para este fim foram registradas e catalogadas as árvores maiores que 3 cm de DAP e medida sua altura nas seguintes classes de solo Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico Lipoplíntico, Pintossolo Argilúvico distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo, Cambissolo Háptico, Plintossolo Pétrico Concrecionário. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e geoestatística, a partir dos dados foi gerado mapas de interpolação. Foi constatado que a maior variação das características dendrométricas das árvores também ocorre a maior população de indivíduo e as árvores que apresentaram maiores DAP e altura estão inseridas nas áreas com maiores teores de nutrientes no solo. O estudo mostrou que a geoestatística e os mapas da distribuição espacial das variáveis dendrométricas apresenta bom contribuição na verificação do perfil de distribuição e desenvolvimento das árvores, além de correlacionar os seus resultados com o ambiente de ocorrência, podendo ser utilizados como ferramenta em inventários florestais.

Palavras-chave: Geoestatística; propriedades dendrométricas; dependência espacial.

ABSTRACT

The importance of the study of the spatial distribution and the population structure can help in the understanding of how a particular tree species regenerates, as well as it is located in its area of occurrence, providing support for the conservation of *Copaifera langsdorffii* Desf. And collaborating in the most appropriate management. Thus, the present work aimed to analyze the spatial dependence pattern of the dendrometric characteristics of *Copaifera langsdorffii* Desf., Through geostatistics, and to elaborate maps of spatial variability to support the correlation of the characteristics of the individuals with the different classes of soils analyzed in the study area In the state of Tocantins. The measurements were performed at Chácara Santa Rita, under the geographical coordinates 11°49'47.49 " of latitude S and 49°13'50.42 " of longitude W, an area of 23 ha in Cariri do Tocantins - TO. For this purpose, trees larger than 3 cm of DAP were measured and their height measured in the following soil classes: Yellow Latosol, Lipoplinthic Pterytic Plinth, Dystrophic Argilubic Pintossol, Yellow Red Latosol, Haplic Cambisol, and Concrete Pectic Plenosol. Data were submitted to descriptive and geostatistical statistical analysis, from the data interpolation maps were generated. It was verified that the greatest variation of the dendrometric characteristics of the trees also occurs the largest population of individuals and the trees that presented higher DBH and height are inserted in the areas with higher levels of nutrients in the soil. The study showed that the geostatistics and maps of the spatial distribution of the dendrometric variables present a good contribution in the verification of the distribution and development profile of the trees, in addition to correlating their results with the occurrence environment, and can be used as a tool in forest inventories.

Keywords: Geostatistics; Dendrometric properties; Spatial dependence.

9 INTRODUÇÃO

Em estudos etnobotânicos entre espécies com maior versatilidade, a espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. na maioria das vezes, destaca-se pelo elevado número de propriedades terapêuticas atribuídas à resina de óleo de seus troncos. Esta espécie é amplamente distribuída ocorrendo em ambientes antropogênicos e preservados. Espécies que ocorrem em diferentes condições ambientais apresentam variação quantitativa e qualitativa dos constituintes químicos responsáveis pela atividade biológica, fatores fisiológicos podem alterar a síntese desses compostos (OLIVEIRA et. al., 2017).

Além das alterações dos constituintes químicos do óleo, as diferentes condições ambientais interferem na ocorrência dos indivíduos e conseqüentemente nas características dendrométricas.

Neste contexto, conhecer o padrão de como os indivíduos se distribui é um pré-requisito essencial para se entender a dinâmica de populações vegetais (SANTANA et.al., 2016). É de extrema importância obter dados sobre as variáveis dendrométricas de uma floresta, pois norteia ações e intervenções apropriadas em um povoamento florestal, subsidiando o planejamento da exploração e as técnicas de manejo (COSTA et. al., 2015).

A geoestatística é uma ferramenta que tem sido usada cada vez mais em trabalhos de pesquisas, pois sua utilização permite identificar a existência ou não de dependência espacial entre as observações, permitindo, assim, estimar o valor do atributo em locais não amostrados, facilitando a gestão dos recursos naturais, representativas no contexto de uso do solo e pedológico. Além disso, o uso de mapas permite a identificação de subáreas para fins de manejo integrado e diferenciado, possibilitando o desenvolvimento de modelos mais adequados e precisos para condição específica de cada área (LEMOS FILHO et. al., 2017).

A estatística espacial modela e estuda a estrutura de dependência espacial por meio do ajuste de semivariogramas experimentais, admite por meio da krigagem confeccionar mapas da área estudada que permiti interpolar valores em qualquer posição no campo de estudo, com variância mínima e sem tendência (DALCHIAVON et al., 2012; RESENDE et al., 2014).

Descrever e mapear a variabilidade espacial das características dendrométricas da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. é um passo importante para o conhecimento da espécie na determinação de um manejo adequado.

Assim, objetivou-se caracterizar o padrão da dependência espacial do diâmetro a altura do peito e a altura da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. e correlacionar com as classes de solo.

10 MATERIAL E MÉTODOS

10.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Chácara Santa Rita, no município de Cariri do Tocantins (Figura 01), Sul do Estado do Tocantins, sob as coordenadas geográficas 11°49'47,49" de latitude S e 49°13'50,42" de longitude W, cuja precipitação média anual de 1.500 mm, temperatura média anual de 27°C e 249 m de altitude, sendo os meses de novembro a abril os mais chuvosos e maio a outubro os meses mais secos (TOCANTINS, 2014). Segundo metodologia proposta por Köppen (1948), o clima regional é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica (SEPLAN, 2012).

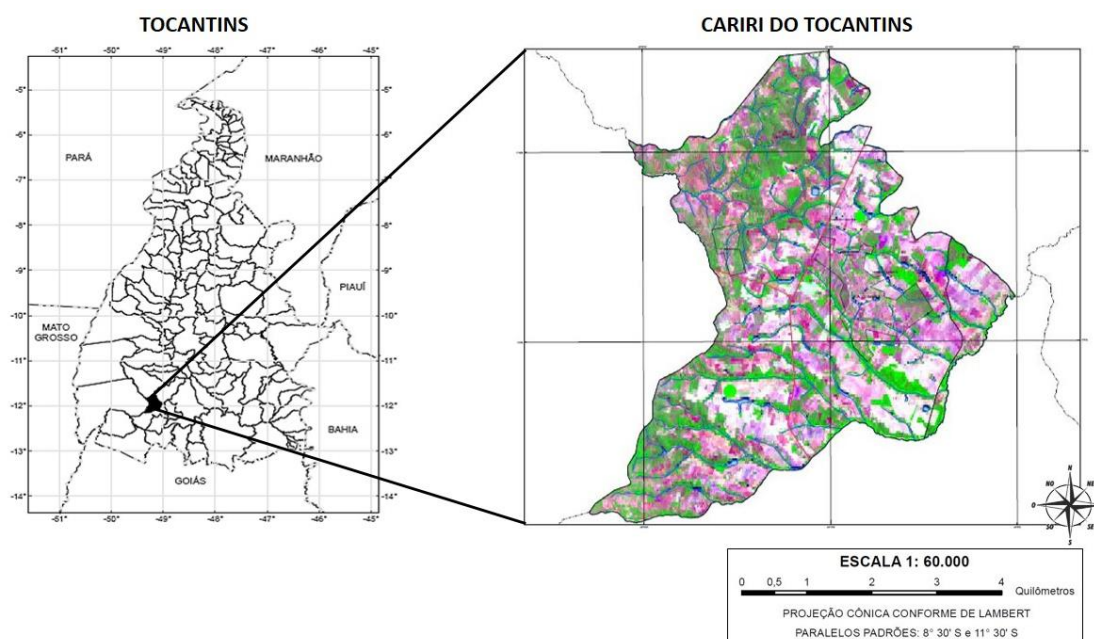


Figura 1: Localização geográfica do município de Cariri do Tocantins – TO. Fonte: ArcGIS (10.1).

A área foi selecionada por existir fragmentos florestais de vegetação nativa, bem como pela presença abundante de indivíduos da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf., além das características de diferentes classes de solo.

A propriedade possui 23 hectares, destes, 18,10 hectares são áreas nativas (Figura 02). A vegetação predominante no local é Cerrado *sensu stricto* (KLINK e MACHADO, 2005).



Figura 2: Localização da área de estudo, Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins - TO.

Fonte: Google earth (2016).

10.2 Avaliação nas árvores

Foi realizado um inventário florestal numa área de Cerrado *sensu stricto*, onde foram amostrados todos os indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. com circunferência a altura do peito (CAP) a 1,30 metros do solo obtido com auxílio de fita métrica graduada em centímetro, posteriormente a circunferência foi transformada em diâmetro à altura do peito (DAP) - obtido pela fórmula: $(CAP \times \pi)$, além da altura das árvores com o auxílio de régua graduada em metros.

Foram registrados e catalogados os indivíduos arbustivos-arbóreo de *Copaifera langsdorffii* Desf. maiores que 3 cm de DAP, cada espécie foi marcada com tinta látex branca para registrar seu número e coletado a coordenada geográfica, com o auxílio do GPS Garmin (Figura 03).

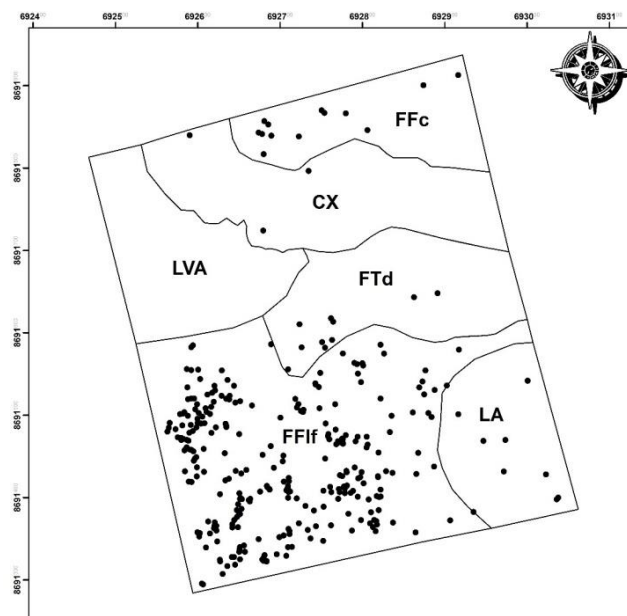


Figura 3: Distribuição dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. nas diferentes classes de solo.

Fonte: ArcGIS (10.1)

10.3 Classificação e Análises dos Solos

Foi realizado o levantamento e análise das classes de solos na Chácara Santa Rita segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013). Inicialmente consistiu no mapeamento da propriedade e delimitação das manchas de solo, com o GPS Garmin, percorrendo toda extensão da área de estudo. Com estas informações, foram alocados os pontos de abertura de perfis pedológicos e sua respectiva descrição morfológica, segundo o “manual de descrição e coleta de solo no campo” (SANTOS et. al., 2013).

Para a observação das relações dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. com as classes de solo, foram realizadas amostragens de solos em toda área da propriedade nas camadas de 0,00 - 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, em malha com intervalos irregulares espaçados, constituída de 20 amostras simples das profundidades em cada mancha de solo, totalizando 144 amostras. As coletas foram realizadas entre os meses de novembro a dezembro de 2016.

Para o estudo das características físicas e morfológicas do perfil pedológico foram escavadas trincheiras em cada mancha observada, a fim de realizar o estudo descritivo de cada horizonte dos perfis. Assim, foram analisados seis perfis de solos ao longo de um transecto que abriu transversalmente os diferentes aspectos da paisagem, com as trincheiras abertas e o perfil do solo exposto, foram identificados

os horizontes com o auxílio de trena milimétrica para determinar a profundidade do perfil do solo e as espessuras de cada horizonte.

Os solos foram identificados como: 1- Latossolo Amarelo – LA; 2 – Plintossolo Pétrico Lipoplíntico – FFIf; 3 – Pintossolo Argilúvico distrófico – FTd; 4- Latossolo Vermelho Amarelo – LVA; 5 – Cambissolo Háplico – CX; 6 – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc (EMBRAPA, 2013) (Figura 04).

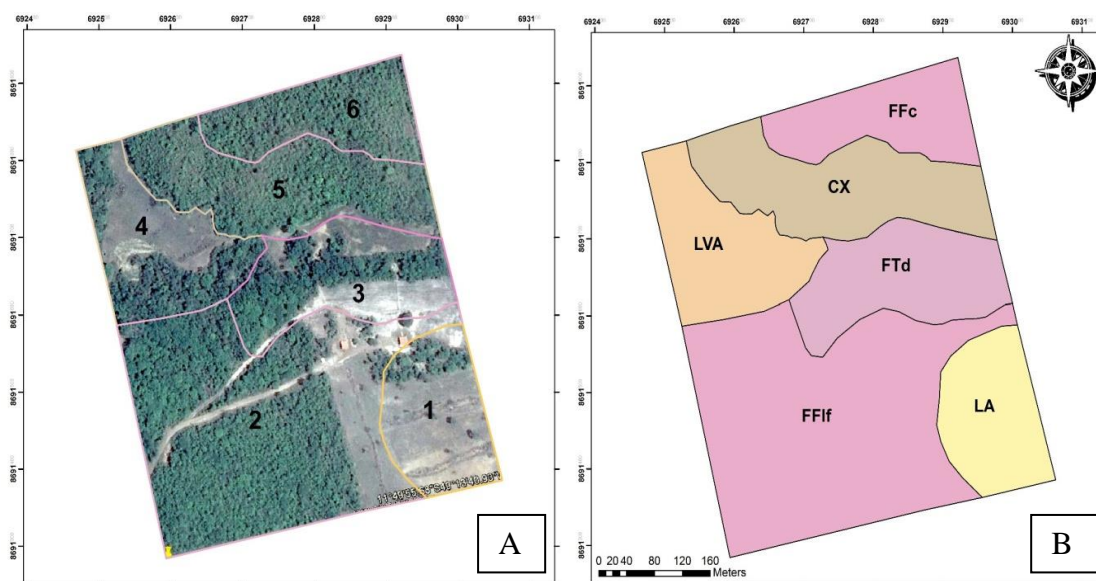


Figura 4: Classificação dos solos – Chácara Santa Rita. 1- Latossolo Amarelo – LA; 2 – Plintossolo Pétrico Lipoplíntico – FFIf; 3 – Pintossolo Argilúvico distrófico – FTd; 4- Latossolo Vermelho Amarelo – LVA; 5 – Cambissolo Háplico – CX; 6 – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc.

Fonte: A - Google earth (2016) e B - ArcGIS (10.1)

Foram realizadas análises físicas, como a análise textural, identificando a porcentagem de areia, silte e argila.

Quanto às análises químicas foram realizadas os teores de macronutriente (Mg, Ca, P, K, S), micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn), acidez potencial (H+Al) e pH. O magnésio, cálcio e alumínio trocável foram extraídos por KCl, o fósforo e potássio disponível foram extraídos por Mehlich-1, o enxofre extraído por meio de fosfato monofásico de cálcio e todos micronutrientes pelo DTPA, a acidez potencial foi extraída com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio e o pH utilizando-se a relação 1: 2,5 de solo em água (Tabela 1).

De acordo com os resultados das análises químicas, foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC), alumínio (m), somas de bases (SB) e a saturação de bases (V%).

Realizou - se as análises de solo físico-química no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi – LABSOLO utilizando-se a metodologia proposta pela EMBRAPA (2011).

Tabela 1: Caracterização química e física dos solos para determinação da aptidão agrícola, Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins - TO (2017)

ÁREA I - LA- Latossolo Amarelo									
Camadas	Ca	Mg	Al ³⁺	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	2,47	1,48	0,12	4,43	0,25	8,62	4,19	4,31	3,56
(20-40) cm	1,54	1,39	0,10	3,82	0,25	6,99	3,17	3,27	3,30
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%...g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	48,61	2,78	2,71	27,11	5,58	6	742,4	107,2	150,4
(20-40) cm	45,38	3,05	2,28	22,76	5,56	7	782,9	40,5	176,5
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	0,4		1		89		0,2		17,3
(20-40) cm	0,4		1		83		0,1		13,8
ÁREA II – FFif - Plintossolo Pétrico Litoplântico									
Camadas	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	1,10	0,65	0,35	3,94	0,22	5,90	1,96	2,31	5,03
(20-40) cm	0,39	0,40	0,31	2,90	0,15	3,83	0,93	1,24	2,44
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%...g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	33,28	15,13	2,38	23,75	5,37	5	909,1	40,5	50,4
(20-40) cm	24,38	24,93	1,14	11,44	5,45	7	782,9	73,9	143,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	0,6		0,9		83		0,1		18,5
(20-40) cm	0,4		0,8		57		0,1		9,6

continuação

Tabela 1: continuação

ÁREA III - FTd Plintossolo Argilúvico distrófico									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	2,76	1,17	0,42	4,88	0,24	8,26	4,08	4,42	3,26
(20-40) cm	2,22	0,93	0,34	3,97	0,16	8,05	3,38	3,80	3,07
	.....%.....		Mat. Org.	pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....			
	V	M	.....%... g dm ³	H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila	
(0-20) cm	50,72	11,04	2,35	23,50	5,38	5	875,7	73,9	50,4
(20-40) cm	40,97	7,69	1,69	16,91	5,34	6	916,3	40,5	43,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,5		1,5		115		0,1		30,9
(20-40) cm	2,6		1,4		84		0,1		18,9
ÁREA IV – LVA Latossolo Vermelho Amarelo									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	3,71	2,89	0,44	5,67	0,26	12,52	6,86	7,30	1,68
(20-40) cm	1,80	2,19	0,40	4,28	0,17	8,44	4,16	4,56	1,20
	.....%.....		Mat. Org.	pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....			
	V	M	.....%... g dm ³	H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila	
(0-20) cm	54,75	6,03	4,8	48,0	5,16	5	768,5	114,4	117,1
(20-40) cm	49,28	8,77	1,42	14,18	5,38	7	749,6	100	150,4
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,8		2,0		121		0,2		25,7
(20-40) cm	0,7		2,2		101		0,1		18,9

Tabela 1: continuação

ÁREA V – CX Cambissolo Háplico									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		
(0-20) cm	5,41	2,54	0,18	4,03	0,29	12,27	8,23	8,41	2,70
(20-40) cm	1,98	1,61	0,20	3,14	0,20	6,93	3,79	3,99	1,35
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%... g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	67,11	2,14	4,13	41,3	5,57	5	742,4	107,2	150,4
(20-40) cm	54,65	5,02	2,52	25,24	5,28	8	582,9	107,2	309,9
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,5		3,0		94		0,2		43,8
(20-40) cm	0,6		2,6		64		0,1		32
ÁREA VI – FFc Plintossolo Pétrico Concrecionário									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		
(0-20) cm	2,69	1,57	0,00	6,69	0,21	11,13	4,43	4,43	3,71
(20-40) cm	0,69	0,59	0,11	3,52	0,18	5,00	1,48	1,59	1,38
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%... g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	39,86	0	4,5	45,02	5,30	6	842,4	73,9	83,7
(20-40) cm	29,59	6,92	2,03	20,27	5,29	9	816,3	40,5	143,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,2		2,0		112		0,1		47,3
(20-40) cm	0,5		1,8		84		0,1		25,6

Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio (Acidez potencial); K: Potássio; CTC(T): Capacidade de Troca Catiônica Total; SB: Soma de Bases; CTC(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; P: Fósforo; V(%): Saturação por Bases; m(%): Saturação por Alumínio; C.O.: Carbono Orgânico; Mat. Org.: Matéria Orgânica; pH: Potencial Hidrogeniônico (Acidez Ativa); S-SO₄²⁻: Enxofre; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Fe: Ferro; B: Boro; Mn: Manganês.

10.4 Análise estatística descritiva e geoestatística

A partir da obtenção dos dados como CAP, DAP e h dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf., realizou-se a análise exploratória dos dados, calculando-se as medidas de localização (média, mediana, mínimo e máximo), de variabilidade (coeficiente de variação) e de tendência central (assimetria e curtose) para verificar a normalidade dos atributos avaliados. Foi analisada a distribuição de frequências dos dados dos amostrados por meio do aplicativo computacional Assistat 7.6 (SILVA, 2011). A hipótese de normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro & Wilk (1965) a nível de 5% de probabilidade.

Para a análise do coeficiente de variação (CV), foi avaliada com base no critério de Warrick e Nielsen (1980), que classifica a variabilidade baixa para valores < 12%, média para valores entre 12% a 60% e alta para valores > 60%.

Para a caracterização da variabilidade espacial, utilizou-se a análise geoestatística. O semivariograma é o principal instrumento utilizado para estudar a dependência espacial em estudos geoestatísticos, permitindo, através de uma representação gráfica medir a forma de tal dependência espacial e a magnitude (SEIDEL, 2013). Conforme Reis (2013), ao alcançar o semivariograma experimental, é necessário definir os seguintes parâmetros: alcance (A), patamar ($C + C_0$) e efeito pepita (C_0) (Figura 05).

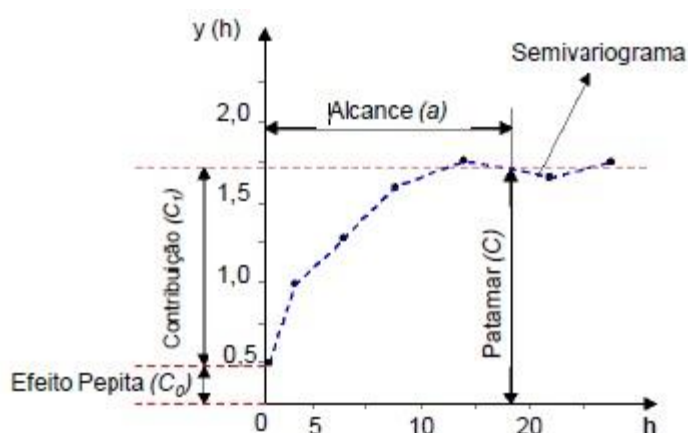


Figura 5: Modelo de parâmetros do ajuste do modelo de semivariograma demonstrando Alcance (A), patamar (C) e efeito pepita (C_0). Fonte: adaptado Oliveira (2015)

SOUZA et al. (1997); CARVALHO et al. (2003); SOUZA et al. (2006) e LIMA et al. (2010) realizaram estudos dos atributos químicos dos solos e verificaram que a utilização do alcance (A) do semivariograma pode colaborar para com a redução do número de amostra utilizada, quando comparada com estatística clássica. Além disso, o alcance (A) garante que todos os pontos inclusos no círculo com este raio são tão parecidos que podem ser utilizados para medir valores para qualquer ponto dentre eles (LIMA et al., 2010).

O patamar ($C+C_0$) é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance (A), considerando assim que não existe a partir desse ponto mais dependência espacial entre as amostras. Outro ponto importante a ser destacado é o efeito pepita (C_0), que demonstra a variância ao acaso ou não explicada, geralmente ocasionada por variações das características que não podem ser detectadas na escala de amostragem ou erros de medições (CAMARGO et al., 2014), sendo que a maior dependência espacial exibida pela característica será a menor a proporção do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma (LIMA et al., 2013).

Os ajustes dos semivariogramas possibilitaram a obtenção dos valores do efeito pepita (C_0), do alcance (A), do patamar ($C+C_0$), além de selecionar o melhor modelo teórico dos semivariogramas, o modelo esférico, linear, exponencial e gaussiano. Através destes modelos ajustados foi realizado o prognóstico de cada atributo em zonas não amostradas por meio do uso da krigagem, mediante a interpolação dos dados, representados em mapas de contorno.

A escolha dos modelos teóricos de semivariogramas foi efetivada com base na soma do quadrado do resíduo (SQR) no coeficiente de variação (R^2) e no grau de dependência espacial (GDE), por meio do software GS+ (ROBERTSON, 2008).

A classificação do grau da dependência espacial (GDE) foi feita com base na razão entre o efeito pepita e o patamar conforme equação 1.

$$GDE = [C_1 / (C_0 + C_1)] * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: GDE = grau de dependência espacial; C_0 = efeito pepita;

C_1 = variância estrutural; C_0+C_1 = patamar.

A escolha do modelo teórico dos semivariogramas foi de acordo com a interpretação do grau de dependência espacial com a seguinte classificação: $GDE < 20\%$, indica dependência espacial muito baixa; $20\% \leq GDE < 40\%$, considerada dependência espacial baixa; $40\% \leq GDE < 60\%$, indica dependência espacial média;

$60\% \leq GDE < 80\%$, considerada dependência espacial alta; $80\% \leq GDE < 100\%$, considerada dependência espacial muito alta (DALCHIAVON et al., 2012). Quanto maior o índice de dependência espacial do atributo, melhor a estimativa pela técnica da krigagem (LIMA et al., 2010).

Para o método de interpolação, foram gerados os mapas utilizando-se o software SURFER® que confecciona mapas de variáveis a partir de dados espacialmente distribuídos (GOLDEN SOFTWARE, 2009).

11 RESULTADOS E DISCUSSÃO

11.1 Análise estatística

A análise estatística descritiva dos indicadores da população de *Copaifera langsdorffii* Desf. presente na Chácara Santa Rita demonstrou não haver distribuição normal dos dados dendrométricos da espécie. A ausência de normalidade deve-se provavelmente à variação natural das árvores, em altura, DAP e espaçamentos, além do efeito vegetação e solo. A área apresentou diferentes estratos de densidade na vegetação na área estudada, com indivíduos em meio à vegetação densa, competindo com as demais e vegetação descampada, as quais tiveram livre crescimento.

A variabilidade dos indicadores pode ser classificada em função do seu coeficiente de variação (CV). A vegetação apresentou CV alto ($CV > 60\%$) para o diâmetro a altura do peito (DAP) e médio ($12\% < CV < 60\%$) para a altura (h) dos indivíduos (Tabela 2).

Tabela 2: Estatística descritiva dos indicadores da vegetação nativa de *Copaifera langsdorffii* Desf. em um fragmento de Cerrado *sensu stricto*, Cariri do Tocantins - TO, 2017.

Variável	Média	Mediana	Valor		Coeficientes			Teste W ⁽¹⁾
			Mínimo	Máximo	CV ⁽²⁾	Cs ⁽³⁾	Ck ⁽⁴⁾	
DAP ⁽⁵⁾ (cm)	13,39	10,50	3,50	57,61	66,69	1,74	3,32	0,817 ^{ns}
h ⁽⁶⁾ (m)	8,12	8,00	3,00	25,00	40,82	1,27	2,70	0,914 ^{ns}

(1)W: teste de normalidade de Shapiro & Wilk; (2) CV: coeficiente de variação; (3) Cs: coeficiente de assimetria; (4) Ck: coeficiente de curtose; (ns) não significativo ao teste de normalidade de Shapiro & Wilk à 5% de probabilidade; (5) DAP: diâmetro a altura do peito; (6) h: altura.

Avaliando a distribuição espacial dos parâmetros dendrométricos de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, Costa et. al. (2005) verificaram que o coeficiente de variação oscilou de 5 a 13%. Isso pode ter ocorrido em função da vegetação avaliada, uma vez que o povoamento é de uma única espécie, geralmente produzida por clonagem que mesmo que a fertilidade do solo exerça influência no seu desenvolvimento, este não se afastará tanto da média. Diferente de vegetações nativas as quais apresentam idades e progênies bem contrastantes, como é o caso da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. avaliada.

Já outra pesquisa, sobre a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo associada ao micro relevo, verificaram que o diâmetro altura do peito e a altura

dos indivíduos apresentaram o coeficiente de variação de 11% evidenciando baixa variabilidade para os indivíduos que possui baixa heterogeneidade, isso pode ter várias causas, dentre as principais são a distribuição e o acúmulo das partículas do solo em função da forma do relevo e do fluxo de água (ARTUR et. al. 2014).

Estudando um fragmento nativo de *Araucaria augustifolia*, Amaral (2014) verificou alto coeficiente de variação para a altura (72,5%) e para o diâmetro a altura do peito (75,59%), segundo o autor a elevada variação é função da ausência de manejo na área estudada, o mesmo pode ser explicado pelo presente estudo.

Foi observado que os indivíduos de copaíba apresentaram os indicadores com distribuição assimétrica positivo, sendo os maiores valores observados para DAP (1,74) e o menor para h (1,27). O coeficiente de assimetria (Cs) é utilizado para caracterizar como e quanto à distribuição de frequências se afasta da simetria.

Quanto aos valores de coeficientes de curtose (Ck) dos indicadores observou-se que apresentaram acima dos limites considerados como aceitáveis utilizados por Carneiro et al. (2016) ($-2 < Ck < +2$) sendo o Ck de 2,70 para DAP e 2,70 para h.

Amaral (2014) verificou que o coeficiente de curtose da altura dos indivíduos de *Araucaria augustifolia* (-1,47) e diâmetro a altura do peito (-1,48) localizou-se dentro da faixa especificada acima como aceitável.

Quanto à distribuição da frequência dos indicadores dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. no fragmento de Cerrado *sensu stricto* houve maior frequência de valores, menores DAP e h, apresentando ainda assimetria à direita, com uma maior quantidade de observações de valores abaixo da média (Figura 6).

Segundo Guimarães (2000), se o valor encontrado para o coeficiente for maior que zero, a distribuição é assimétrica à direita, se a assimetria for menor que zero é assimétrica à esquerda e se a assimetria for igual à zero a distribuição é simétrica.

A maior frequência da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. pode ser explicada pela menor competição com a vegetação nativa, uma vez que os menores valores observados foram para os indivíduos localizadas na área com vegetação nativa adensada. Enquanto os maiores valores de DAP e h foram observados naquelas árvores isoladas ou em área com pouca vegetação. Ainda pode ter relação direta com a fertilidade do solo, pois o solo da área II (Plintossolo Pétrico

Lipoplântico) quando comparado aos demais apresentou a menor fertilidade, com menor Ca^{2+} , Mg^{2+} , V%, CTC, SB e % de argila, apresentando ainda maior m%.

A menor classe diâmetrica apresentou maior frequência de indivíduos de copaíba, o que indica que a maioria dos indivíduos está na fase inicial de estabelecimento. A maior concentração de espécies nas primeiras classes pode caracterizar uma população – estoque o que é comum em florestas tropicais estáveis com a idade e composição de espécies variadas. A medida que aumenta o DAP a frequência diminui até atingir o seu menor índice na maior classe diâmetrica, caracterizando uma curva de J invertido.

Evidenciou-se que a área de estudo está em processo de transição da fisionomia aberta cerrado *sensu stricto* para formação florestal cerrado, uma vez que as copaibas amostradas apresentaram-se distribuição de suas alturas concentradas nas classes intermediárias, ou seja, altura média de 7,2 metros demonstrando que está próximo do critério para classificar as formações florestais cerrado, que a altura do dossel é de 8 a 13 metros (RATTER et. al., 2006).

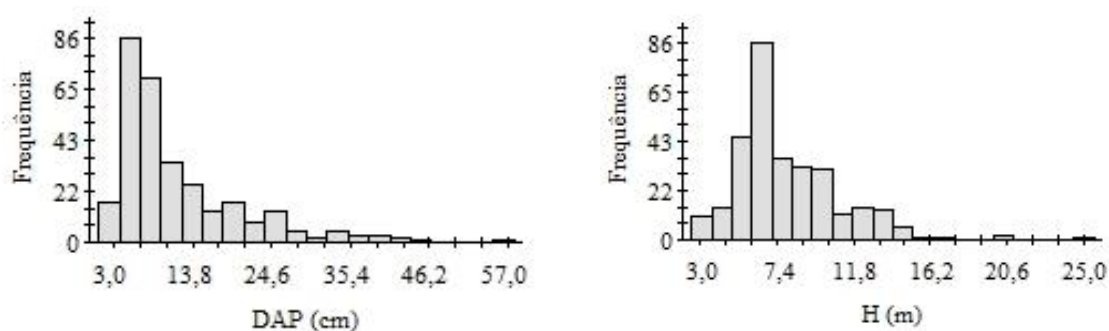


Figura 6: Distribuição de frequência dos valores dos indicadores dos indivíduos de *Copaifera lansgdorffii* Desf. em fragmento de Cerrado *sensu stricto*. Cariri do Tocantins – TO, 2017.

Do ponto de vista ecológico, a *Copaifera lansgdorffii* Desf. é classificada como uma espécie secundária tardia à clímax, tolerante à sombra e, mesmo apresentando crescimento lento é uma espécie considerada prioritária para reflorestamento em áreas degradadas do bioma Cerrado, especialmente em função da sua plasticidade ecológica. O desenvolvimento das espécies arbóreas varia conforme o posicionamento do indivíduo no dossel da floresta (competição por luz), umidade do solo e nutrientes (REIS et. al., 2016).

11.2 Análise descritiva espacial

Com relação aos valores de alcance, pode-se observar que variaram de 535,40 (DAP) a 554,80 m (h), os quais correspondem aos raios das áreas consideradas homogêneas para cada indicador estudado (Tabela 3). As mensurações realizadas em distâncias maiores que o alcance tem distribuição aleatória e, por essa razão, são independentes entre si, devendo ser aplicada a estatística clássica (MATIAS et. al., 2015). Por outro lado, mensurações realizadas em distâncias menores que o alcance, são correlacionadas, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados (NEGREIROS NETO et. al., 2014).

Guedes et al. (2015) obteve o alcance para a altura dos indivíduos de um povoamento de *Eucalyptus grandis* valores de 272,07 a 1096,87 m, sendo maior nos indivíduos com idades iniciais de cultivo.

Tabela 3: Componentes da semivariância e Grau de Dependência Espacial (GDE) dos indicadores da vegetação nativa de *Copaifera langsdorffii* Desf. fragmento de Cerrado *sensu stricto*. Cariri do Tocantins – TO, 2017.

Variável	Semivariância			Alcance (A ₀)	R ²⁽²⁾	Modelo	GDE ⁽¹⁾ (%)	Classe*
	(C ₀) ^(a)	(C ₁) ^(b)	(C ₀ +C ₁) ^(c)					
DAP (cm)	29,80	446,53	476,33	535,50	0,834	Gaussiano	93,74	MA
h (m)	4,89	46,55	51,44	554,80	0,831	Gaussiano	90,49	MA

⁽¹⁾GDE: Grau de dependência espacial – $(C_1/(C_0+C_1))*100$; *Classes: MA - Muito Alto; ⁽²⁾R²: coeficiente de determinação; ^(a)C₀: Efeito pepita; ^(b)C₁: Contribuição; ^(c)C₀+C₁: patamar.

Os valores de alcance são influenciados por fatores que afetam a vegetação, principalmente pela variação dos diferentes tipos de solos, assim como a fertilidade. A composição da vegetação também pode influenciar o alcance, uma vez que quanto mais homogênea é a vegetação, maior será o alcance, ou seja, o raio de correlação espacial dos indicadores avaliados.

Como apresentaram grandes alcances esses indicadores possuem grande continuidade (correlação entres os pontos amostrados), ou seja, dependência espacial em raio muito grande. Tal característica pode ser explicada pela pouca interferência antrópica na área com maior densidade dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf., uma vez que a população dessa espécie encontra-se na sua maioria em uma só mancha de solo e em maior densidade.

Quanto ao modelo que mais se adequou aos semivariogramas experimentais dos indicadores avaliados da vegetação foi o gaussiano (Figura 7).

Segundo Bottega et. al., (2013), o modelo gaussiano representa os fenômenos muito contínuos, indicando pouca variação em pequenas distâncias de observação.

Os autores Costa et.al., (2005) e Guedes et. al., (2015) estudando as variáveis dendrométricas de um povoamento de *Eucalyptus grandis* verificaram ajuste de todas as variáveis estudadas ao modelo de semivariograma exponencial.

Amaral (2014) também verificou que a altura e diâmetro na altura do peito de árvores de *Araucaria augustifolia* se ajustam ao modelo exponencial. Segundo os resultados desses autores o modelo exponencial é o mais indicado para a caracterização da continuidade espacial das características dendrométricas, uma vez que os ajustes obtidos são de boa qualidade e o modelo espacial tem sido empregado com êxito na análise de continuidade espacial do desenvolvimento de plantações de florestas nativas quanto plantadas.

O modelo gaussiano tem bastante semelhança com o exponencial, principalmente no que se refere à forma como atinge o patamar a larga amplitude variográfica. O que difere e caracteriza esse modelo é o seu comportamento parabólico próximo à origem (LIMA, 2014).

Os modelos ajustados pelos semivariogramas revelaram que a distribuição desses atributos no espaço não é aleatória, ou seja, existe dependência espacial. As relações entre a contribuição (C_1) e o patamar (C_0+C_1) demonstram predominância de grau de dependência espacial (GDE) muito alta, variando de 90,49 (h) a 93,74% (DAP) (Figura 7).

Os parâmetros de ajuste dos semivariogramas foram avaliados através das ferramentas geoestatística, com o propósito de avaliar a dependência espacial dos alcances da autocorrelação espacial e os indicadores da vegetação, foi comparada para os diferentes indicadores avaliados.

Estudos conduzidos por Guedes et. al. (2015) verificaram grau de dependência variando de 77,8 a 100% para a altura dos indivíduos variando em função da idade dos indivíduos avaliadas em um povoamento de *Eucalyptus grandis*, demonstrando uma forte dependência. Diferentemente do resultado obtido com a espécie *Hevea brasiliensis* apresentou um grau de dependência espacial moderado-baixo em relação aos atributos físicos do solo (VIEIRA et. al., 2012).

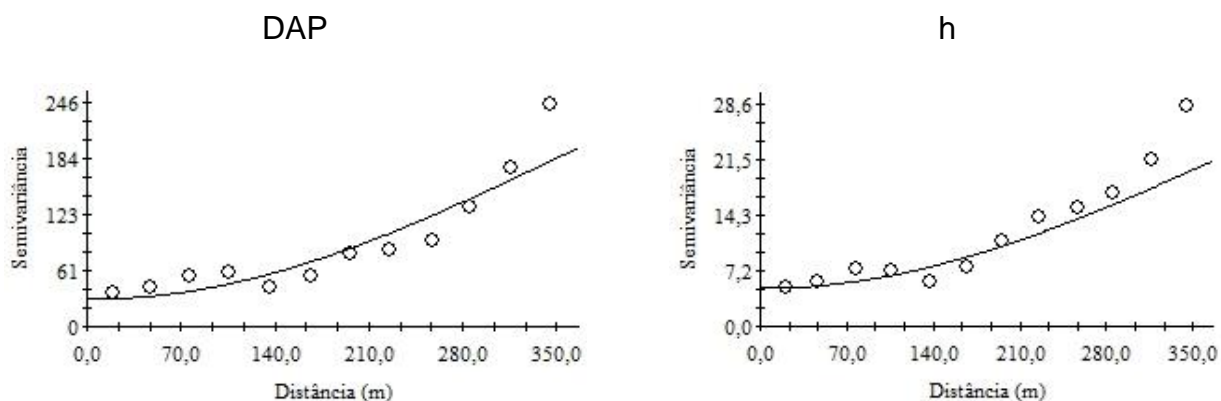


Figura 7: Semivariogramas da distribuição espacial dos indicadores dos indivíduos nativos de *Copaifera langsdorffii* Dest. em fragmento de Cerrado *sensu stricto*. Cariri do Tocantins - TO, 2017.

Através do ajuste dos semivariogramas a partir da krigagem ordinária são observados os mapas de isolinhas da distribuição espacial dos indicadores diâmetro a altura do peito (A), altura das árvores (B) e a distribuição dos indivíduos de copaíba estudados (C) (Figura 8).

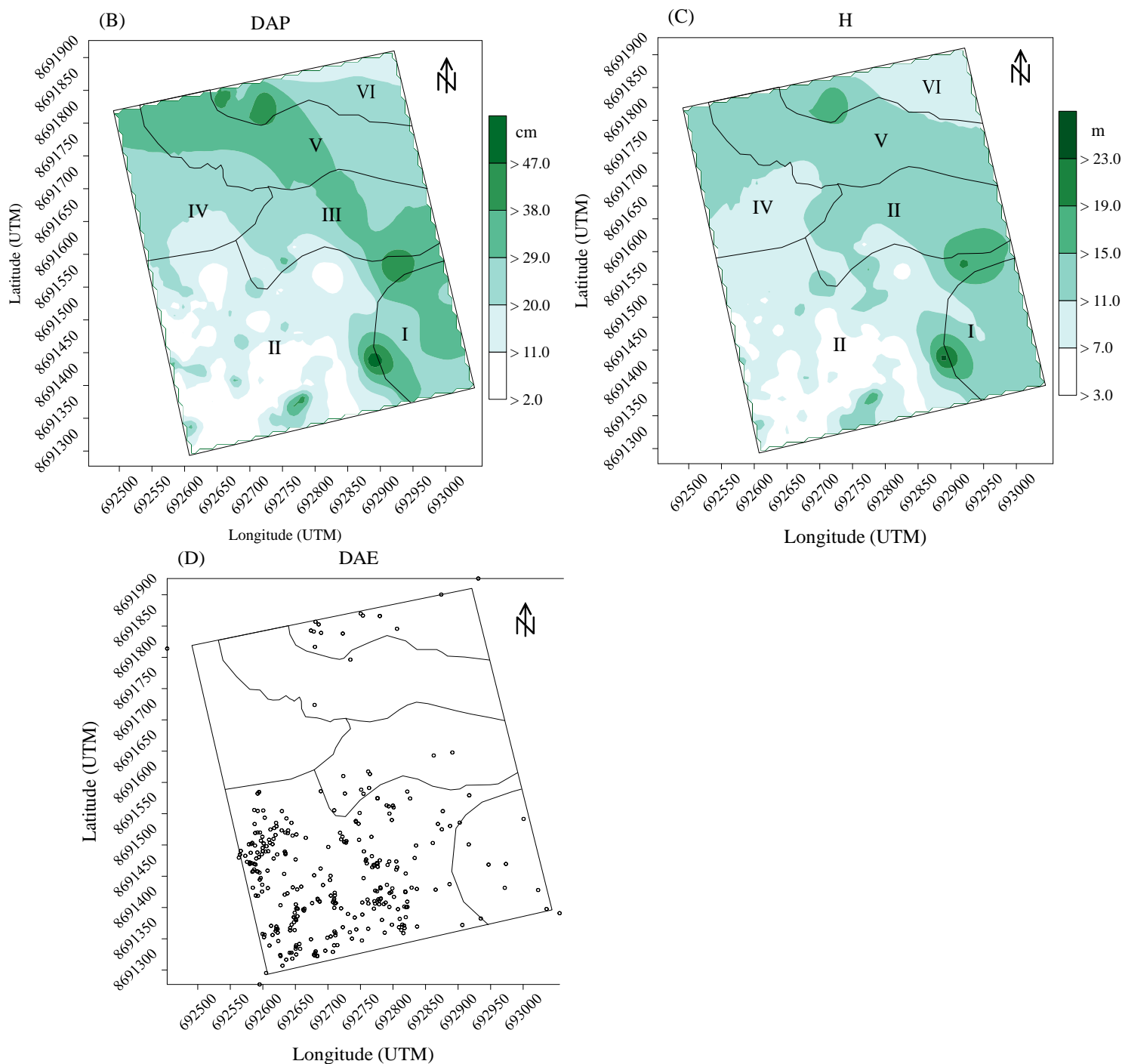


Figura 8: Mapas de isolinhas da distribuição espacial dos indicadores (B) diâmetro a altura do peito (DAP) e (C) altura das árvores (h); (D) distribuição das árvores estudadas (DAE) de *Copaifera* em fragmento de Cerrado. I- Latossolo Amarelo – LA; II – Plintossolo Pétrico Litoplântico – FFIf; III – Plintossolo Argilúvico distrófico – FTd; IV- Latossolo Vermelho Amarelo – LVA; V – Cambissolo Háplico – CX; VI – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc. Cariri do Tocantins – TO, 2017.

Fonte: Surfer, (2009)

Por meio dos mapas de isolinhas da distribuição desses indicadores é possível verificar que houve ampla variação na área avaliada, confirmando os

resultados de coeficientes de variação (CVs) verificados na análise descritiva da distribuição dos dados. Os mapas de distribuição obtidos por meio da interpolação dos dados, pelo método da krigagem ordinária permite a visualização zonas nas quais os indivíduos apresentam características mais homogêneas. É possível observar que a maior variação das características dendrométricas das árvores também ocorre a maior população dos indivíduos na área II - Plintossolo Pétrico Litoplíntico – FFlf, pelo fato dessa área não ter ocorrido interferência antrópica.

A alta variação nas características avaliadas é um fator importante, pois indica que existem árvores de todas as idades inclusive árvores novas, o que aponta para uma boa reprodução e dispersão dessa espécie na área estudada e que ela apresenta um potencial de manutenção de sua população em longo prazo, uma vez que a maior frequência de indivíduos está na primeira classe, caracterizando uma população – estoque. A distribuição dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. para o diâmetro a altura do peito apresentou uma curva de J invertido, ou seja, a medida que aumenta o diâmetro a frequência diminui ate atingir o seu menor índice.

12 CONCLUSÕES

Ocorre variação natural das características altura e diâmetro a altura do peito da espécie *Copaífera lansgdorffii* Desf. em ambiente natural de dispersão.

A grande variação das características altura e diâmetro a altura do peito é um indicativo de que a espécie está se propagando com facilidade em seu ambiente natural.

A distribuição diâmetrica apresentou-se de maneira decrescente, com maior concentração de indivíduos nas menores classes de diâmetro e com menor concentração nas classes superiores indicando elevado grau de regeneração natural.

A população de *Copaífera lansgdorffii* Desf. está em franco desenvolvimento, a maioria dos indivíduos se encontram em estágio inicial de estabelecimento caracterizando uma população – estoque.

A distribuição dos indivíduos arbustivo-arbóreo nas classes diâmetrica apresentou padrão típico de J invertido.

Os mapas da distribuição espacial das variáveis dendrométricas é um bom indicador para verificar o perfil de distribuição e desenvolvimento das árvores.

A maior variação do diâmetro a altura do peito e altura dos indivíduos ocorre na área II - Plintossolo Pétrico Litoplíntico – FFIf onde tem a maior população dos indivíduos.

Os maiores valores de diâmetro a altura do peito e altura foram observados nas áreas V – Cambissolo Háptico – CX e VI – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc, locais que apresentaram maior fertilidade.

A geoestatística e os mapas de isolinhas podem ser utilizados como ferramentas de funcionalidade no inventário florestal.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, L. P. **Geoestatística aplicada ao manejo florestal experimental em floresta ombrófila mista**. 91f, 2014. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão. Santa Maria – RS, Brasil. 2014.
- ARTUR, A. G.; OLIVEIRA, D. P.; COSTA, M. C. G.; ROMERO, R. E.; SILVA, M. V. C.; FERREIRA, T. O. **Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo associada ao microrrelevo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 2, p. 141-149, 2014.
- CAMARGO, E.C.G.; FUKS, S.D.; CÂMARA, G. **Análise espacial de Superfície**. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M., eds. Análise espacial de dados geográficos. Brasília, Embrapa, 2014. p. 49-71
- CARNEIRO, J. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FIDELIS, R. R.; SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; SILVA, R. R. **Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no Cerrado do Piauí**. Revista de Ciências Agroambientais, v.14, n. 2, p. 10-21, 2016.
- CARVALHO, E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.
- COSTA, L.F., ALBA, E., MELLO, E.P., SILVA, E.A., TRAMONTINA, J., PEREIRA, R.S. **Estimativa do volume e densidade de árvores em povoamentos de Eucalyptus grandis a partir de dados espectrais**. In: Simpósio Latino Americano de Manejo Florestal. Anais... Santa Maria - RS: Universidade Federal de Santa Maria, p. 210-217. 2015
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. **Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto**. Revista Ciência Agronômica, v.43, n. 3, p. 453-461, 2012.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 353 - 354p. 2013.
- GUEDES, I. C. L.; MELLO, J. M.; SILVEIRA, E. M. O.; MELLO, C. R.; REIS, A. A.; GOMIDE, L. R. **Continuidade espacial de características dendrométricas em povoamentos clonais de Eucalyptus sp. Avaliada ao longo do tempo**. Cerne, Lavras, v. 21, n. 4, p. 527-534, 2015.
- GUIMARAES, E. C. **Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho-escuro textura argilosa da região do cerradão, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for Windows version 9.0**. Colorado: Golden, 2009.

LEMOS FILHO, L. C.; FERREIRA, L. L. N.; LYRA, D. L. **Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica**. Revista Agro@mbiente On-line, v. 11, n. 1, p. 11-20, janeiro-março, 2017.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. **Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração**. Revista árvore, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.127-136, 2010.

LIMA, J. S. S. **Estudo da viabilidade de métodos geoestatísticos na mensuração da variabilidade espacial da dureza da madeira de Paraju (*Manilkara* sp.)**. Revista Árvore, v.30, n.4, p.651-657, 2013.

LIMA, E. R. V. **Geoestatística aplicada ao estudo dos solos**. In: VI Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Sergipe. Anais... Aracaju-SE: UFS, 2014. p. 17-30.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **Conservation of the Brazilian Cerrado**. Conservation Biology, v.19, p.707-713, 2005.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México, 1948, p. 479.

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 Agroambiente On-line, v.9, n. 1, p. 17-26, 2015.

NEGREIROS NETO, J. V.; SANTOS, A. C.; GUARNIERI, A.; SOUZA, D. J. A. T.; DARONCH, D. J.; DOTTO, M. A.; ARAÚJO, A. S. **Variabilidade espacial de atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto**. Semina: Ciências Agrárias, v.35, n. 1, p. 193-204, 2014.

OLIVEIRA, L. G. S.; RIBEIRO, D. A. R.; SARAIVA, M. E.; MACÊDO, D. G. F.; MACEDO, J. G. F.; PINHEIRO, P. G.; COSTA, J. G. M.; SOUZA, M. M. A.; MENEZES, I. R. A. **Variabilidade química de óleos essenciais de *Copaifera langsdorffii* Desf. em diferentes fases fenológicas em um Cerrado do Nordeste, Ceará, Brasil**. Elsevier – Cultura e Produtos Industriais v. 97, n.3 p. 455-464, 2017.

RATTER, J. A.; BRINDGEWATER, S.; RIBEIRO, F. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrado. In: PENNINGTON; R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (Eds.) **Neotropical savanas and seasonally dry forest: plant diversity, biogeography and conservation**. London, Taylor e Francis, 2006.p.31-66

REIS, S. M.; MARIMON-JÚNIOR, B. R.; MORANDI, P. S.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; OLIVEIRA, B.; MARIMON, B. S. **Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas**

de Copaifera langsdorff Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 11-20, jan.-mar., 2016.

REIS, C. P. **Simulação de fatores que afetam as predições obtidas por krigagem ordinária.** (Dissertação de Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria). Viçosa, UFV. 2013.

RESENDE, J. M. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; DANTAS, J. S.; SIQUEIRA, D. S.; TEIXEIRA, D. B. **Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do Leste Maranhense.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.38, n. 4, p. 1077-1090, 2014.

ROBERTSON, G. P. **GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's guide.** Plainwell, Gamma Design Software, 2008. 152p.

SANTANA, J. A. S.; JUNIOR, J. A. S. S.; BARRETO, W. S.; FERREIRA, A. T. S. **Estrutura e distribuição espacial da vegetação da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó, RN.** Pesquisa Florestal Brasileira. Rio Grande do Norte-RN, ISSN: 1983-2605. v. 36, n. 88, p. 355-361, out./dez. 2016

SEIDEL, ENIO, J.; OLIVEIRA, MARCELO, S.; de. **Proposta de uma generalização para os modelos de semivariogramas exponencial e gaussiano.** Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 34, n. 1, 2013. p. 125-132.

SEPLAN – **Secretária do Planejamento. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico – (DZE)** Base de dados geográfico do TO. Versão 2012, Palmas- TO Disponível em : <http://seplan.to.gov.br/> Acesso dia: 13.04.2017

SEPLAN. **Zoneamento: Mapas – Carta Imagem: Municípios do Tocantins.** 2014. Disponível em: <<http://seplan.to.gov.br/zoneamento/mapas/cartas-imagem-municipios-do-tocantins/ano-2014/>> Acesso em: 19 de janeiro de 2017.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An analyze of variance test for normality: complete samples.** Biometrika, v.52, n.3/4, p. 591-611, 1965.

SILVA, F. A. S. **Software Assisat: Assistência Estatística. Versão 7.6 beta.** Campina Grande: UAEG-CTRN-UFCG, 2011.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, n.3, 1997. p.367-372.

SOUZA, Z. M.; JUNIOR, J. M., PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R. **Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo.** Ciência Rural, v.36, n.3, p.892- 836. 2006.

TOCANTINS, **Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. Atlas do Tocantins: subsídio ao planejamento e gestão territorial.** Palmas: SEPLAN, 2014. 54p.

VIEIRA, S. R.; PIERRE, L. H.; GREGO, C. R.; SIQUEIRA, G. M. VIEIRA. **Relação espacial entre características dendrométricas de Seringueira (Hevea Brasiliensis) e de atributos físicos do solo.** Rev. de Ciência da Vida, Rio de Janeiro, EDUR, v. 32, n 2, jul / dez , p. 63-73, 2012.

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.

14 CAPÍTULO 3: ANÁLISE FÍSICA, QUÍMICA E MORFOLÓGICA DE CLASSES DE SOLO SOB POPULAÇÕES DE *Copaifera langsdorffii* Desf.

RESUMO

Os estudos sobre a caracterização morfológica do solo e vegetação são fundamentais para preservação de espécies florestais, com o maior conhecimento do solo torna-se mais fácil ter um planejamento adequado do uso da terra com garantia da conservação da *Copaifera langsdorffii* Desf.. Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi analisar a relação das características ambientais (solos) na determinação do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (h) dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf.. Realizou-se o levantamento e classificação dos solos dividindo-o conforme as manchas existentes segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) na Chácara Santa Rita, em Cariri do Tocantins – TO, onde foram encontradas as classes Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico Lipoplântico, Plintossolo Argilúvico distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo, Cambissolo Háptico, Plintossolo Pétrico Concrecionário. Para o mapeamento dos teores de macronutriente (P, K, Mg, Ca e S), micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn), acidez potencial (H+Al) e pH as amostras foram coletadas em malha com intervalos irregulares, totalizando uma área de 23 hectares nas camadas de 0,00 - 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, sendo coletadas 20 amostras em cada mancha de solo das duas profundidades, totalizando 144 amostras. O Fósforo mostrou-se o principal limitante do desenvolvimento da espécie e por meio da análise de correspondência canônica (CCA) foi possível encontrar associação entre os teores de nutrientes com as árvores que possuem maiores características dendrométricas, reforçando a ideia de que se deve considerar não apenas as características da espécie, mas suas múltiplas pedoformas.

Palavras-chave: classificação morfológica, fertilidade solo, distribuição das *Copaifera langsdorffii* Desf.

ABSTRACT

The studies on the morphological characterization of soil and vegetation are fundamental for the preservation of forest species, with the greater knowledge of the soil it becomes easier to have an adequate land use planning with a guarantee of the conservation of the copaiba. Thus, the objective of this chapter is to analyze the relation of the environmental characteristics (soils) in the determination of the diameter at the height of the chest (DAP) and height (h) of the individuals of copaiba. The soils were collected and classified according to the Brazilian Soil Classification System (SiBCS) at the Santa Rita Farm, in Cariri of Tocantins -TO, where the classes Latossolo Amarelo, Pétricos Lipoplíntico, Pintossolo Dystrophic Argilubic, Yellow Red Latosol, Haplic Cambisol, Concrete Pectic Plinthsol. Micronutrients (Cu, Fe, Zn, Mn), potential acidity (H + Al) and pH were collected in mesh with irregular intervals, totaling An area of 23 hectares in the layers of 0.00 - 0.20 and 0.20 - 0.40 m, and 20 samples were collected in each soil spot of the two depths, totaling 144 samples. In the canonical correspondence analysis (CCA), we found an association between nutrient content and trees with higher dendrometric characteristics, reinforcing the idea that not only the characteristics of the species should be considered, but also their multiple associated pedoforms.

Keywords: Soil classification, soil fertility, distribution of *Copaifera langsdorffii* Desf.

15 INTRODUÇÃO

A vegetação de domínio Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, superado apenas pela Floresta Amazônica, cobre dois milhões de Km², representando 23% do território brasileiro (SILVA NETO et. al., 2016).

A vegetação do Cerrado é composta por diversos tipos de ambientes, desde formações florestais (como cerradão e mata ciliar ou de galeria), formações savânicas (cerrado *sensu stricto* ou campo cerrado e as veredas) e formações campestres, como campo sujo e campo limpo (RIBEIRO, WALTER, 1998).

Apesar do predomínio da fisionomia de cerrado *sensu stricto* na região Sul do Tocantins, são inúmeros os remanescentes de florestas estacionais decíduais, semidecíduais, área de tensão ecológica e cerradões, onde se verifica diferentes fisionomias, como formações arbóreas, arbustivas e herbáceas dentro da matriz do domínio Cerrado (HAIDAR, 2011).

A flora nativa do Cerrado pode ser utilizada gerando alternativas de uso e renda para os produtores rurais (FELFILI et. al., 2004). O recurso solo se constitui um dos bens mais valiosos e merecedores de proteção, o que torna necessário um conhecimento adequado de suas funções, potencialidades e propriedades (KER et. al., 2012), o estudo desse recurso é de extrema relevância, sendo a caracterização morfológica destes um importante subsídio de entendimento para a aplicação de tecnologias para a produção agrícola (GUIMARÃES et. al., 2013) e conservação de espécies florestais, seja na agricultura ou em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades (MACHADO, 2016).

A distribuição do solo em uma paisagem depende, em parte, das condições climáticas, das rochas e do alívio, que definem as principais características do solo e as propriedades morfológicas. A variabilidade natural dos tipos de solo em uma paisagem é o resultado de interações complexas entre diversos fatores de formação, como relevo, material original, organismos, clima e tempo (RESENDE et al., 2014).

As informações sobre a relação solo vegetação em áreas florestais são fundamentais para a preservação dos ecossistemas, em face da alta fragilidade que podem apresentar e do potencial para manutenção de serviços ambientais, como ciclagem de nutrientes, manutenção da biodiversidade, proteção do solo, recarga de aquíferos, entre outros (ROVEDDER et. al., 2014). Porém, essa relação possui

inúmeras questões muito complexas e ainda sem respostas (NERI et. al., 2013), pesquisas com abordagem sobre este tema (vegetação x solo) requerem investigações mais aprofundadas (HOU e FU 2014), em razão da grande riqueza de inter-relações possíveis entre estes dois aspectos (SCHAEFER et. al., 2012).

A necessidade de análises direcionadas a identificar as correlações entre as características ambientais e a estrutura da comunidade arbórea, a exemplo do solo, são fundamentais para o conhecimento da ecologia da comunidade arbórea desses fragmentos (MOREIRA et. al., 2013).

Os estudos envolvendo a caracterização morfológica do solo são fundamentais para maior conhecimento da propriedade e da relação com a vegetação, levando um planejamento eficiente do uso da terra, priorizando a conservação de espécies florestais, a análise de ordenação permite esboçar um esquema coerente de sobreposição entre os fatores solo e espécie.

Assim, o objetivo deste capítulo é analisar as classes de solo na determinação do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (h) dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf..

16 MATERIAL E MÉTODOS

16.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Chácara Santa Rita, no município de Cariri do Tocantins (Figura 01), Sul do Estado do Tocantins, sob as coordenadas geográficas 11°49'47,49" de latitude S e 49°13'50,42" de longitude W, cuja precipitação média anual de 1.500 mm, temperatura média anual de 27°C e 249 m de altitude, sendo os meses de novembro a abril os mais chuvosos e maio a outubro os meses mais secos (TOCANTINS, 2014). Segundo metodologia proposta por Köppen (1948), o clima regional é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica (SEPLAN, 2012).

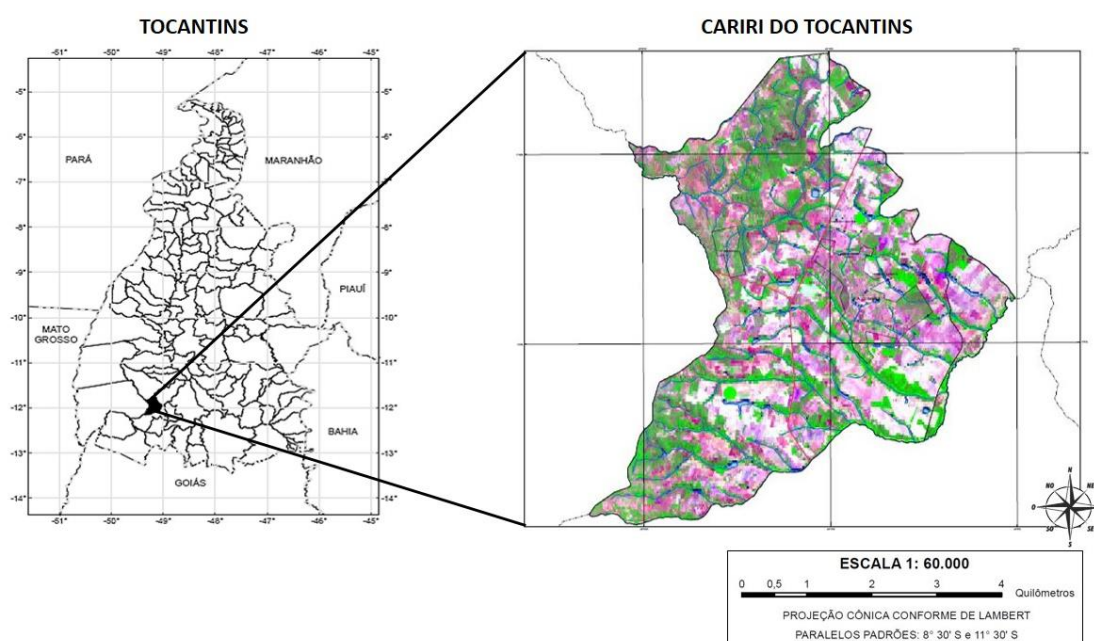


Figura 9: Localização geográfica do município de Cariri do Tocantins – TO. Fonte: ArcGIS (10.1).

A área foi selecionada por existir fragmentos florestais de vegetação nativa, bem como pela presença abundante de indivíduos da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf., além das características de diferentes classes de solo.

A propriedade possui 23 hectares, destes, 18,10 hectares são áreas nativas (Figura 02). A vegetação predominante no local é Cerrado *sensu stricto* (KLINK e MACHADO, 2005).



Figura 10: Localização da área de estudo, Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins - TO.

Fonte: Google earth (2016).

16.2 Avaliação nas árvores

Foi realizado um inventário florestal numa área de Cerrado *sensu stricto*, onde foram amostrados todos os indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. com circunferência a altura do peito (CAP) a 1,30 metros do solo obtido com auxílio de fita métrica graduada em centímetro, posteriormente a circunferência foi transformada em diâmetro à altura do peito (DAP) - obtido pela fórmula: $(CAP \times \pi)$, além da altura das árvores com o auxílio de régua graduada em metros.

Foram registrados e catalogados os indivíduos arbustivos-arbóreo de *Copaifera langsdorffii* Desf. maiores que 3 cm de DAP, cada espécie foi marcada com tinta látex branca para registrar seu número e coletado a coordenada geográfica, com o auxílio do GPS Garmin (Figura 03).

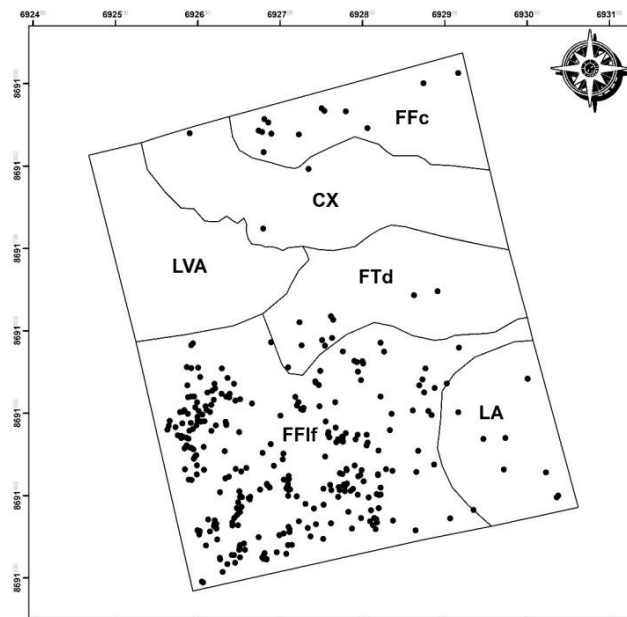


Figura 11: Distribuição dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. nas diferentes classes de solo.

Fonte: ArcGIS (10.1)

16.3 Classificação e Análises dos Solos

Foi realizado o levantamento e análise das classes de solos na Chácara Santa Rita segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013). Inicialmente consistiu no mapeamento da propriedade e delimitação das manchas de solo, com o GPS Garmin, percorrendo toda extensão da área de estudo. Com estas informações, foram alocados os pontos de abertura de perfis pedológicos e sua respectiva descrição morfológica, segundo o “manual de descrição e coleta de solo no campo” (SANTOS et. al., 2013).

Para a observação das relações dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. com as classes de solo, foram realizadas amostragens de solos em toda área da propriedade nas camadas de 0,00 - 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, em malha com intervalos irregulares espaçados, constituída de 20 amostras simples das profundidades em cada mancha de solo, totalizando 144 amostras. As coletas foram realizadas entre os meses de novembro a dezembro de 2016.

Para o estudo das características físicas e morfológicas do perfil pedológico foram escavadas trincheiras em cada mancha observada, a fim de realizar o estudo descritivo de cada horizonte dos perfis. Assim, foram analisados seis perfis de solos ao longo de um transecto que abriu transversalmente os diferentes aspectos da paisagem, com as trincheiras abertas e o perfil do solo exposto, foram identificados

os horizontes com o auxílio de trena milimétrica para determinar a profundidade do perfil do solo e as espessuras de cada horizonte.

Os solos foram identificados como: 1- Latossolo Amarelo – LA; 2 – Plintossolo Pétrico Lipoplíntico – FFIf; 3 – Pintossolo Argilúvico distrófico – FTd; 4- Latossolo Vermelho Amarelo – LVA; 5 – Cambissolo Háplico – CX; 6 – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc (EMBRAPA, 2013) (Figura 04).

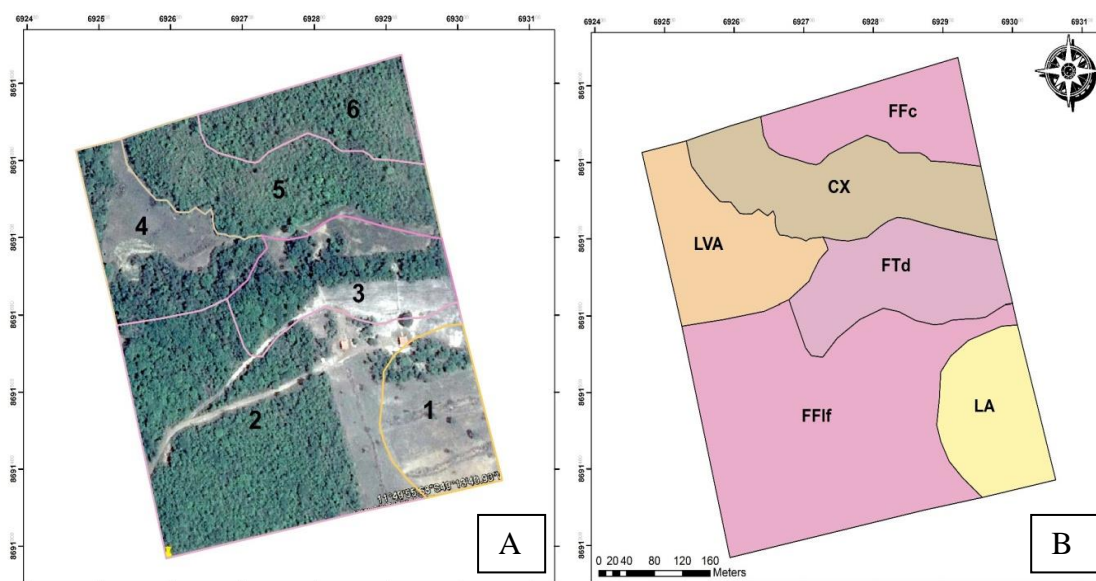


Figura 12: Classificação dos solos – Chácara Santa Rita. 1- Latossolo Amarelo – LA; 2 – Plintossolo Pétrico Lipoplíntico – FFIf; 3 – Pintossolo Argilúvico distrófico – FTd; 4- Latossolo Vermelho Amarelo – LVA; 5 – Cambissolo Háplico – CX; 6 – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc.

Fonte: A - Google earth (2016) e B - ArcGIS (10.1)

Foram realizadas análises físicas, como a análise textural, identificando a porcentagem de areia, silte e argila.

Quanto às análises químicas foram realizadas os teores de macronutriente (Mg, Ca, P, K, S), micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn), acidez potencial (H+Al) e pH. O magnésio, cálcio e alumínio trocável foram extraídos por KCl, o fósforo e potássio disponível foram extraídos por Mehlich-1, o enxofre extraído por meio de fosfato monofásico de cálcio e todos micronutrientes pelo DTPA, a acidez potencial foi extraída com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio e o pH utilizando-se a relação 1: 2,5 de solo em água (Tabela 1).

De acordo com os resultados das análises químicas, foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC), alumínio (m), somas de bases (SB) e a saturação de bases (V%).

Realizou - se as análises de solo físico-química no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi – LABSOLO utilizando-se a metodologia proposta pela EMBRAPA (2011).

A interpretação dos resultados foi realizada baseada nos níveis críticos da 5ª aproximação de Minas Gerais, conforme preconiza os laboratórios integrados ao Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solos de Minas Gerais (PROFERT-MG) (1999).

16.4 Ordenação dos dados de solos e vegetação

Para analisar as correlações entre as características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf. e a variação do solo foi empregada à análise de correspondência canônica (CCA), realizadas no software R “R for Windows” (R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING, 2007), usando o pacote “Vegan”, para testar a significância da correlação obtida utilizou-se a análise de variância ANOVA.

A técnica multivariada de análise de correlação canônica tem o objetivo de analisar o grau de associação entre dois ou mais grupos de variáveis (SILVA, 2016) e testar formalmente hipóteses estatísticas sobre o significado dessas relações (BORCARD et. al., 2011).

Para essa análise foram elaboradas duas matrizes: uma matriz de vegetação contendo diâmetro a altura do peito e altura dos 318 indivíduos da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. amostrados em cada classe de solo e outra matriz ambiental com as seguintes variáveis do solo: Ca+Mg (Cálcio e Magnésio), K (Potássio), P (Fósforo), S (Enxofre), Fe (Ferro), Cu (Cobre), Zn (Zinco), Mn (Manganês), pH em água, Al (Alumínio), H+Al (Acidez potencial), m% (saturação por Alumínio), Silte, Argila, Areia e Matéria orgânica.

17 RESULTADOS E DISCUSSÃO

17.1 Caracterização físico-química do solo

A área de estudo apresentou seis classes de solos: Latossolo amarelo (LA), Plintossolo Pétrico Litoplúntico (FFlf), Plintossolo Argilúvico Distrófico espessarênico (FTd), Latossolo Vermelho-Amarelo, Distrófico Plintossólico (LVAd), Cambissolo Háptico (CX) e Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc) de acordo com o SiBCS (Embrapa, 2013).

Na tabela 4 são apresentadas as características morfológicas dos solos analisados. O Latossolo Amarelo (LA) apresentou relevo plano, com boa drenagem, sem erosão aparente e sem presença de pedregosidade e rochosidade.

O Plintossolo Pétrico Litoplúntico (FFlf) apresentou relevo suave ondulado com declividade varando de 3 a 8%, com presença ligeira de rochosidade, sem erosão aparente e drenagem variando de moderada a bem drenado.

O Plintossolo Argilúvico Distrófico espessarênico (FTd) apresentou relevo suave ondulado com 10% de declividade. Apresentou plintita (>15%) predominante no horizonte F.

O Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Plintossólico (LVAd) apresentou relevo plano (<1%), sem presença de rochosidade, pedregosidade e erosão aparente, sendo imperfeitamente drenado. O solo também apresentou mosqueado comum, médio, proeminente, Bruno Forte (7,5YR 5/8, úmida).

O Cambissolo Háptico (CX) apresentou relevo forte ondulado (20-45%) com erosão ligeira em sulcos e com imperfeita drenagem. Não apresentou rochosidade e pedregosidade.

O Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc) apresentou relevo suave ondulado (3 a 8%), com pedregosidade e ligeiramente rochosa, sem erosão aparente e imperfeitamente drenado.

Tabela 4: Características morfológicas dos perfis estudados, Cariri do Tocantins - TO (2017)

Hor.	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura	Consistência		
					Seca	Umi.	Molh.
Latossolo Amarelo (LA)							
A	0-13	Br. Am. Esc.(10Yr 3/4)	Fr. Arg. Ar.	Granular	M. Fri.	L. Palst.	N. Pega.
AB	13-44	Br. For. (7,5YR 5/8)	Arg. Are.	Granular	Friável	N. Plast.	N. Pega.
B	44+	Am. Aver. (7,5YR 6/8)	Arg. Are.	Granular	M. fri.	N. Plast.	N. Pega
Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf)							
A	0-20	Pre. Aver. (10R 2,5/1)	Ar. Fr.	Granular	Solta	N. Plast.	N. Pega.
AB	20-50	Pre. Aver. (10R 2,5/1)	Ar.	Granular.	Solta	N. Plast.	N. Pega.
Bf	50+	Br. For (7,5YR 5/6)	Ar.	Granular	Solta	N. Plast.	N. Pega.
Plintossolo Argilúvico Distrófico espessarênico (Ftd)							
H	0-14	Cin. Aver. Esc.(2,5Y 3/1)	Ar. Fr.	Granular	Macia	M. Fri.	N. Plast.
A	14-39	Aver. Esc. (2,5Y 4/1)	Ar. Fr.	Granular	Macia	M. Fri.	N. Plast.
Bt	39-95	Aver. Esc. (2,5Y 6/1)	Ar. Fr.	Granular	Macia	M. Fri.	N. Plast.
F	95-129	Claro (2,5Y7/1)	Ar. Fr.	Granular	Macia	M. Fri.	N. Plast.
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Plintossólico (LVAd)							
A	0-25	Cin. Aver. Esc. (10R 3/1)	Fran. Arg. Ar.	Bl. Subang.	Friavel	N. Plast.	N. Pega.
B	25-87	Br. Aver. (5YR 4/ 4)	Fran. Arg. Ar.	Bl. Subang.	Friavel	L. Plast.	N. Pega.
BC	87-105	Br. Am. Esc. (10YR 4/6)	Fran. Arg. Ar.	Bl. Subang.	Friavel	L. Plast.	L. Pega.
Cg	105-135	Cin. (5Y 5/1)	Fran. Arg. Ar.	Bl. Subang.	Firme	L. Plast.	L. Pega.
Cf	135+	Cin. Cla. (10YR 6/1)	Arg. Are.	Maçica	Firme	L. Plast.	L. Pega.
Cambissolo Háplico (CX)							
A	0-15	Cin-Ave. Esc. (10R 3/1)	Arg.	Bl. Subang.	M. fri.	Plast.	Pega.
AB	15-62	Ver. Aci. (10R 4/4)	Arg.	Bl. Subang.	Friavel	Plast.	Pega.
Bi	62+	Ver. (2,5 YR 5/6)	M. Arg.	Bl. Subang.	Friavel	Plast.	L. pega.

Continuação

Tabela 4: continuação

Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc)							
A	0-12	Ver. Esc. Aci. (10R 3/2)	Ar. Fr.	Granular	solta	N. Plast.	N. Pega.
AB	12-31	Ver. (2,5 YR 4/6)	Fr. Ar.	Granular	Solta	N. Plast.	N. Pega.
BA	31-60	Ver. (2,5YR 5/8)	Arg. Ar.	Granular	Solta	N. Plast.	N. Pega.
Bf	60+	Ver. Cla. (2,5YR 6/8)	M. Arg.	Granular	M. fri.	L. Plast.	L. Pega.

Hor.: horizonte; Prof.: Profundidade; **Cor:** Br. For.: bruno forte; Pre. Aver.: preto avermelhado; Cin. Aver. Esc.: Cinzento-avermelhado escuro; Br. Aver.: Bruno avermelhado; Br. Am. Esc.: Bruno Amarelo Escuro; Cin.: Cinzento; Cin. Cla.: Cizento claro; Ver. Esc.: vermelho escuro; Ver. Esc. Aci.: Vermelho escuro acizentado; ver.: Vermelho; Ver. Cla.: Vermelho claro; Aver. Esc.: avermelhado escuro; Am. Aver.: amarelo avermelhado; **Textura:** Fr. Ar.; franco arenosa; Ar. Fr.: Areia franca; Ar.: arenosa; Fr. arg. ar.: Franco argilo arenosa; Arg. ar.: argilo arenosa; Arg.: argilosa; M. Arg.: muito argilosa; **Estrutura:** Bl. Subang.: Blocos subangulares; **Consistência:** Molh.: molhado; Umi.: úmido; Plast.: Plástico, N. Plast.: não plástico; M. fri.: muito friável; L. Plast.: Ligeiramente plástico; Pega.: Pegajoso; Lig. Duro: Ligeiramente duro; Ext. duro: extremamente duro; M. pega.: muito pegajoso; M. Plast.: muito pegajoso.

Na Figura 13 são apresentados os perfis estudados.

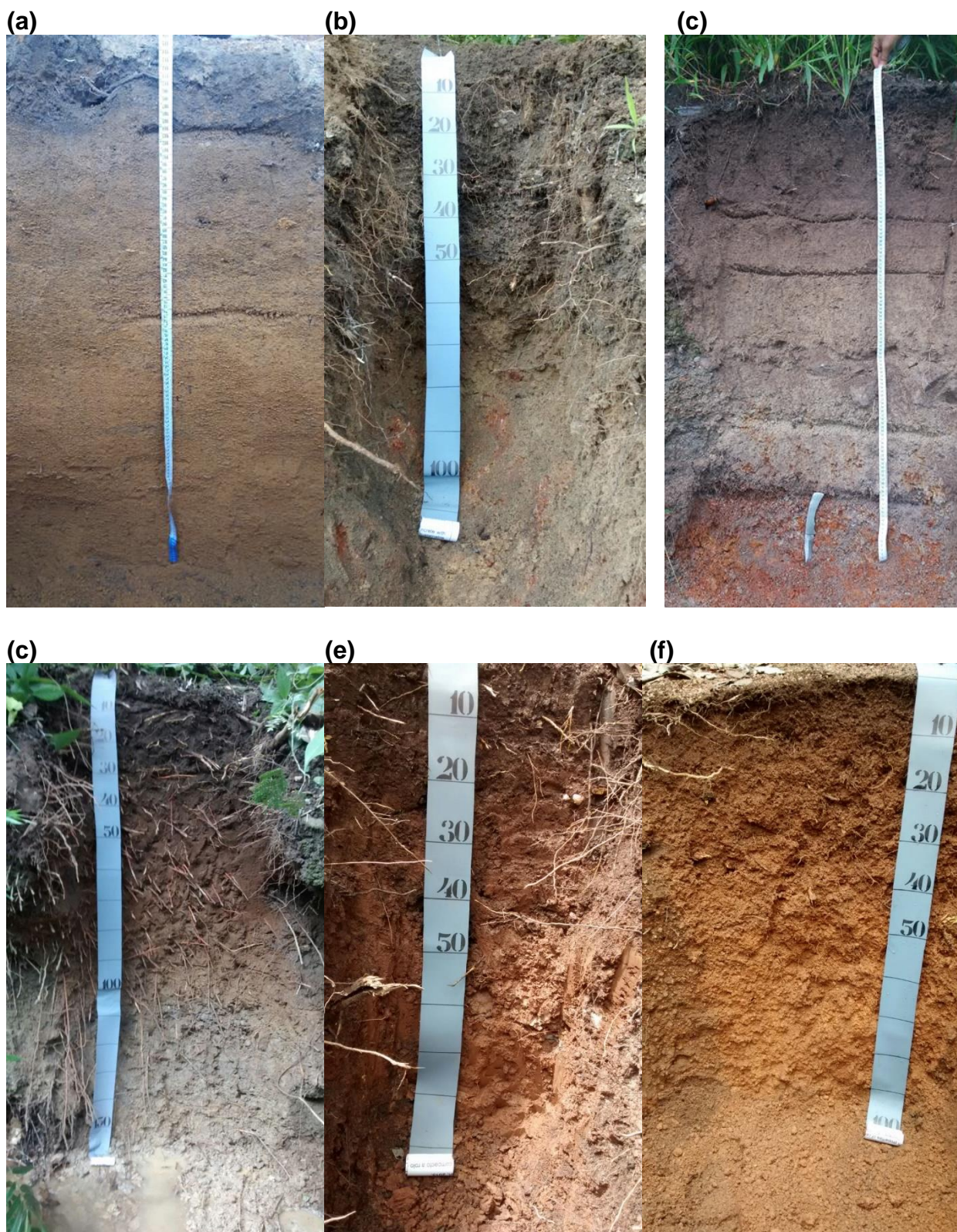


Figura 13: (a) Latossolo Amarelo (LA), (b) Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf), (c) Plintossolo Argilúvico Distróficos espararênico, (d) Latossolo Vermelho-Amarelo (e) Cambissolo Háplico (CX) e (f) Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc), Cariri do Tocantins – TO (2017).

Segundo Alvarez et. al., (1999) os valores de cálcio (Ca) demonstrou-se baixo ($0,40 - 1,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para a camada superficial do solo da área II correspondente ao Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf) e para a camada 20-40 cm do solo da área VI Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc) e muito baixo ($\leq 0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para a camada 20-40 cm da área II. O nível foi médio ($2,21 - 2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para a camada superficial do solo da área III correspondente ao Plintossolo Argilúvico distrófico (FTd) e para camada 20-40 cm do solo da área I Latossolo Amarelo e da área IV Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). O nível apresentou-se bom para cultivo na camada 0-20 cm da área I, área IV e área VI. O Ca foi muito alto ($> 4,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na camada 0-20 cm da área V Cambissolo Háptico (CX) (Tabela 5).

O magnésio (Mg) apresentou-se baixo ($0,16-0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para a camada 20-40 cm da área II, Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf), médio para a camada 0-20 cm da área II e 20-40 cm da área VI, Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc). O nível foi considerado bom ($0,91-1,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para as duas camadas da área I, Latossolo Amarelo (LA) e área III, Plintossolo Argilúvico distrófico (FTd) e nível alto para as duas camadas da área IV, Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e área V Cambissolo Háptico (CX) (ALVAREZ et. al., 1999).

Os valores de potássio (K) disponível apresentou-se como nível adequado ($71-120 \text{ mg dm}^{-3}$), exceto para a área VI, Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc), o qual apresentou nível médio ($41-70 \text{ mg dm}^{-3}$). O Fósforo (P) disponível apresentou-se muito baixo para todas as áreas e camadas (textura média – com $P \leq 6,6 \text{ mg dm}^{-3}$ e textura argilosa com $P \leq 4,00 \text{ mg dm}^{-3}$) (ALVAREZ et. al., 1999).

Os níveis de alumínio (Al) foi considerado muito baixo ($\leq 0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área I, Latossolo Amarelo (LA), área V Cambissolo Háptico (CX) e área VI, Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc) e baixo ($0,21-0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas demais áreas e camadas. Já a saturação por alumínio (H+Al) apresentou-se médio ($2,51-5,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na maioria das áreas e camadas analisadas, exceto para a área IV, Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e área VI na camada 0-20 cm que apresentaram o H+Al alto ($5,01-9,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O pH em H₂O do solo de todas as áreas variou de 4,56 a 5,58 sendo considerado baixo para o cultivo agrícola (ALVAREZ et. al., 1999).

Os teores de matéria orgânica (%) apresentou-se baixa ($0,71 - 2,00\%$) para a camada superficial do solo da área III, Plintossolo Argilúvico distrófico (FTd) e para

a camada 20-40 cm do solo da área II, Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf) e da área IV, Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). O teor foi médio (2,01-4,00%) para as duas camadas da área I, para a camada 0-20 cm da área II e para a camada 20-40 cm das áreas III, V e VI. O nível bom (4,01-7,00%) foi considerado para a área VI e VI na camada 0-20 cm (ALVAREZ et. al., 1999).

Os valores do micronutriente zinco (Zn) apresentou-se muito baixo ($\leq 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$) na área I, Latossolo Amarelo (LA) para a camada 0-20 cm e 20-40 cm e na área II, Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf) para a camada 20-40 cm. Para a área II na camada de 0-20 cm, área IV, V e VI na camada de 20-40 cm apresentou-se como baixo (0,5-0,9 mg dm^{-3}). O nível de Zn foi médio (1,0-1,5 mg dm^{-3}) para a área III, V e VI. Bom (1,6-2,2 mg dm^{-3}) para a área VI camada de 0-20 cm e alto ($> 2,2 \text{ mg dm}^{-3}$) para a área III na camada 20-40 cm (ALVAREZ et. al., 1999).

O Cobre (Cu) foi considerado médio (0,8-1,2 mg dm^{-3}) para a área I e II. Considerado bom (1,3-1,8 mg dm^{-3}) para a área III camada 0-20 cm e 20-40 cm e área VI na camada 20-40 cm. O nível de Cu foi alto ($> 1,8 \text{ mg dm}^{-3}$) na área IV e V e na camada 0-20 cm da área VI (ALVAREZ et. al., 1999).

O Ferro (Fe) apresentou-se alto ($> 45 \text{ mg dm}^{-3}$) em todas as áreas e camadas (ALVAREZ et. al., 1999).

O Boro (B) apresentou nível baixo ($\leq 0,15 \text{ mg dm}^{-3}$) na maioria das áreas e camadas exceto na área I, IV camada 0-20 cm o qual apresentou nível médio (0,16-0,35 mg dm^{-3}) (ALVAREZ et. al., 1999).

O Manganês (Mn) apresentou-se como alto ($> 12 \text{ mg dm}^{-3}$) na maioria das áreas e camadas, exceto área II camada 20-40 cm que apresentou nível bom ou adequado (9-12 mg dm^{-3}).

Tabela 5: Caracterização química e física dos solos para determinação da aptidão agrícola, Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins -TO (2017)

ÁREA I - LA- Latossolo Amarelo									
Camadas	Ca	Mg	Al ³⁺	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	2,47	1,48	0,12	4,43	0,25	8,62	4,19	4,31	3,56
(20-40) cm	1,54	1,39	0,10	3,82	0,25	6,99	3,17	3,27	3,30
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²	.....Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%...g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	48,61	2,78	2,71	27,11	5,58	6	742,4	107,2	150,4
(20-40) cm	45,38	3,05	2,28	22,76	5,56	7	782,9	40,5	176,5
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	0,4		1		89		0,2		17,3
(20-40) cm	0,4		1		83		0,1		13,8
ÁREA II – FFif - Plintossolo Pétrico Litoplíntico									
Camadas	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	1,10	0,65	0,35	3,94	0,22	5,90	1,96	2,31	5,03
(20-40) cm	0,39	0,40	0,31	2,90	0,15	3,83	0,93	1,24	2,44
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²	.....Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%...g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	33,28	15,13	2,38	23,75	5,37	5	909,1	40,5	50,4
(20-40) cm	24,38	24,93	1,14	11,44	5,45	7	782,9	73,9	143,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	0,6		0,9		83		0,1		18,5
(20-40) cm	0,4		0,8		57		0,1		9,6

continuação

Tabela 5: continuação

ÁREA III - FTd Plintossolo Argilúvico distrófico									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	2,76	1,17	0,42	4,88	0,24	8,26	4,08	4,42	3,26
(20-40) cm	2,22	0,93	0,34	3,97	0,16	8,05	3,38	3,80	3,07
	.....%.....		Mat. Org.	pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....			
	V	M	.....%... g dm ³	H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila	
(0-20) cm	50,72	11,04	2,35	23,50	5,38	5	875,7	73,9	50,4
(20-40) cm	40,97	7,69	1,69	16,91	5,34	6	916,3	40,5	43,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,5		1,5		115		0,1		30,9
(20-40) cm	2,6		1,4		84		0,1		18,9
ÁREA IV – LVA Latossolo Vermelho Amarelo									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	3,71	2,89	0,44	5,67	0,26	12,52	6,86	7,30	1,68
(20-40) cm	1,80	2,19	0,40	4,28	0,17	8,44	4,16	4,56	1,20
	.....%.....		Mat. Org.	pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....			
	V	M	.....%... g dm ³	H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila	
(0-20) cm	54,75	6,03	4,8	48,0	5,16	5	768,5	114,4	117,1
(20-40) cm	49,28	8,77	1,42	14,18	5,38	7	749,6	100	150,4
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,8		2,0		121		0,2		25,7
(20-40) cm	0,7		2,2		101		0,1		18,9

Tabela 5: continuação

ÁREA V – CX Cambissolo Háplico									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		
(0-20) cm	5,41	2,54	0,18	4,03	0,29	12,27	8,23	8,41	2,70
(20-40) cm	1,98	1,61	0,20	3,14	0,20	6,93	3,79	3,99	1,35
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%... g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	67,11	2,14	4,13	41,3	5,57	5	742,4	107,2	150,4
(20-40) cm	54,65	5,02	2,52	25,24	5,28	8	582,9	107,2	309,9
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,5		3,0		94		0,2		43,8
(20-40) cm	0,6		2,6		64		0,1		32
ÁREA VI – FFc Plintossolo Pétrico Concrecionário									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		
(0-20) cm	2,69	1,57	0,00	6,69	0,21	11,13	4,43	4,43	3,71
(20-40) cm	0,69	0,59	0,11	3,52	0,18	5,00	1,48	1,59	1,38
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%... g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	39,86	0	4,5	45,02	5,30	6	842,4	73,9	83,7
(20-40) cm	29,59	6,92	2,03	20,27	5,29	9	816,3	40,5	143,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,2		2,0		112		0,1		47,3
(20-40) cm	0,5		1,8		84		0,1		25,6

Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio (Acidez potencial); K: Potássio; CTC(T): Capacidade de Troca Catiônica Total; SB: Soma de Bases; CTC(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; P: Fósforo; V(%): Saturação por Bases; m(%): Saturação por Alumínio; C.O.: Carbono Orgânico; Mat. Org.: Matéria Orgânica; pH: Potencial Hidrogeniônico (Acidez Ativa); S-SO₄²⁻: Enxofre; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Fe: Ferro; B: Boro; Mn: Manganês.

Portanto alguns dos micronutrientes como o Zinco e Boro podem ser limitantes ao desenvolvimento vegetal na maioria das áreas e camadas devido a sua deficiência, enquanto outros como, Ferro e Manganês não apresentam restrição por deficiência estando acima do nível adequado, bem como o Cálcio e Magnésio na área IV (Latosolo Vermelho Amarelo), V (Cambissolo Háplico) e VI (Plintossolo Pétrico Concrecionário) obteve um índice acima do ideal.

Observa-se que o principal limitante, além de alguns micronutrientes (Zn e B) é o Fósforo, realidade comum em todo o bioma do Cerrado.

Em escala local e regional, Schaefer et. al., (2012) garantem que os gradientes edáficos são considerados os principais determinantes das espécies vegetais. Estudos de Neri et al. (2012), Rodrigues et al. (2013), Veloso et al. (2014) afirmam que os fatores edáficos principais são a química dos solos e a textura, os quais possuem influência indireta e/ou direta nos atributos das comunidades vegetais, como diversidade, composição, cobertura e estrutura da vegetação tropical.

Pode-se considerar que os fatores edáficos serão bons indicadores para explicar a distribuição das espécies em paisagens tropicais (SCHAEFER et. al., 2012). A variação do solo atua como um dos principais fatores determinantes da ecologia e da distribuição de espécies arbóreas de uma região (VELOSO, 2011).

Conforme a classificação dos solos em estudo teve diferentes ocorrências de indivíduo. Na área I (Latosolo Amarelo - LA) foram georreferenciadas 8 árvores, na área II (Plintossolo Pétrico Lipoplíntico - FFIf) apresentou a maior incidência, com 283 árvores, na área III (Plintossolos Argilúvicos Distrófico - FTd) 10 árvores, na área IV (Latosolo Vermelho-Amarelo - LVA) não foi encontrada *Copaifera langsdorffii* Desf., na área V (Argissolo Vermelho – Amarelo - PVA) foram catalogadas 3 árvores e área VI (Plintossolo Pétrico Concrecionário - FFc) 13 árvores (Figura 14).

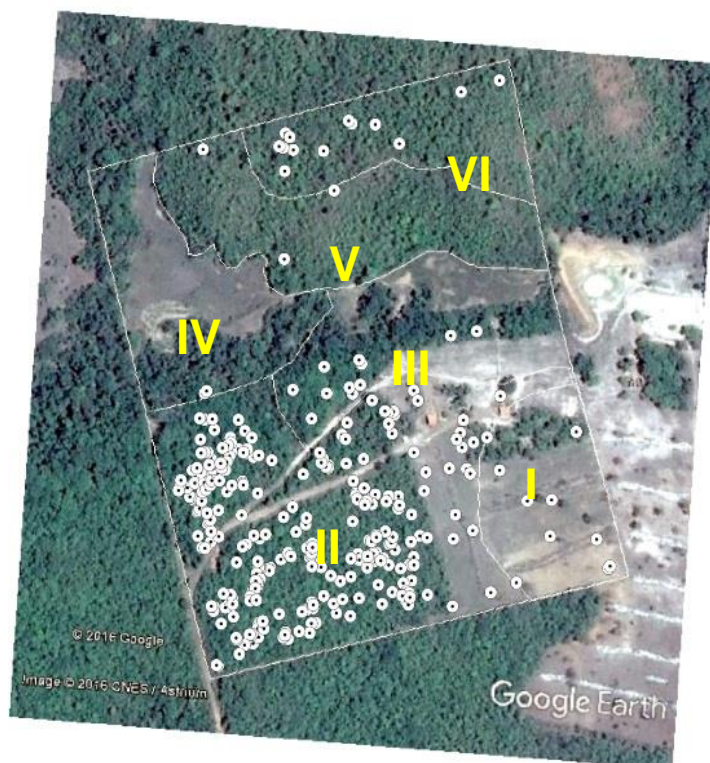


Figura 14: Ocorrência da *Copaifera langsdorffii* Desf. nas diferentes classes de solo.
Fonte: Google Earth

Através da análise da distribuição das árvores estudadas nas diferentes classes de solo, foi possível verificar que as *Copaifera langsdorffii* Desf. podem ocorrer em qualquer uma das classes, independente do tipo do solo teria a presença de árvores, dependendo principalmente da dispersão da semente e do sucesso reprodutivo.

O que interfere na ocorrência das *Copaifera langsdorffii* Desf. são as diferentes condições ambientais que elas se encontram. As classes de solos que possuem pouca ou nenhuma árvore são áreas que parte da vegetação foi suprimida, se fosse áreas intactas, sem interferência antrópica a propagação seria original em toda propriedade e conseqüentemente haveria um maior número de indivíduos distribuídos nas distintas classes de solo.

17.2 Análise de correspondência canônica (CCA)

Com base nos resultados da classificação morfológica dos solos, obteve-se a análise química e física de cada mancha de solo verificada. Tais dados foram utilizados junto com os dados das características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf., para a realização da análise de correspondência canônica (CCA),

visando investigar a relação entre as variáveis pedológicas e a distribuição dos indivíduos em cada área. A área VI foi desconsiderada por não haver ocorrência de *Copaifera langsdorffii* Desf..

O resultado obtido na análise de ordenação canônica mostra que todos os dados foram explicados pelas variáveis ambientais (constrained). Os autovalores para os três eixos foram de 0,300 para o primeiro eixo, 0,039 para o segundo e 0,017 para o terceiro eixo. No entanto a variação explicada pelo primeiro eixo foi de 84,1% o segundo eixo 11% e o terceiro eixo 4,8% da variação total. O teste concluiu que os dados da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. estão linearmente relacionados com os dados das variáveis ambientais com nível de significância de 1% de probabilidade.

O primeiro eixo de ordenação canônica mostrou que os menores diâmetros a altura do peito (DAP) e altura (h) obtiveram os escores positivos e os maiores índices de DAP em escores negativos (Tabela 6 e 7).

Tabela 6: Coeficiente de correlação do diâmetro à altura do peito (DAP) da *Copaifera langsdorffii* Desf. e os três eixos de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA), na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

Diâmetro a altura do peito (DAP)	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
3 a 10 cm	0.3138	-0.03872	-0.008331
11 a 20 cm	0.1572	0.05837	-0.002608
21 a 30 cm	-1.2609	-0.03846	-0.184065
31 a 40 cm	-0.9870	-0.50374	0.518688
41 a 60 cm	-0.9513	1.21022	0.390106

Tabela 7: Coeficiente de correlação da altura (h) da *Copaifera langsdorffii* Desf. e os três eixos de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA), na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

Altura (h)	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
5 a 10 m	0.2523	0.04509	-1.814
11 a 15 m	-0.9632	-0.50471	1.086
16 a 20 m	-2.3111	1.07741	-7.707
21 a 25 m	0.3437	0.12532	4.342

Na tabela 8 demonstra, também no primeiro eixo que apenas a área II (sit 2) das características dendrométricas obteve escore positivo, ficando isolado no lado direito do diagrama de ordenação na análise de correspondência canônica (CCA).

Tabela 8: Coeficiente de correlação das áreas amostradas nas diferentes classes de solos e os três eixos de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA), na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

Área	DAP			h		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
I	-3.3957	-2.32008	-3.375510	-1.7494	-4.6803	4.32421
II	0.3679	-0.06331	-0.007666	0.3437	0.1253	0.04342
III	-2.5820	-0.06849	-0.871925	-3.7399	2.1180	0.45974
IV	-3.7448	-6.90451	9.779497	-1.0095	-3.0941	-6.10987
V	-2.1148	3.75989	1.617778	-1.7024	-2.3097	-2.88947

As variáveis Fósforo (P), Alumínio (Al), Saturação por alumínio (m%) e areia apresentaram escores positivos no eixo 1 tanto para DAP quanto para h, evidenciando que foram as variáveis determinantes na área que apresentou as árvores com menores índices das características dendrométricas (Tabela 9).

Tabela 9: Coeficiente de correlação entre as variáveis ambientais amostrada em solos superficiais (0-10 cm) e as características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf. nos três eixos de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA), na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

Variáveis	DAP			h		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Ca+Mg	-0.9006	-0.00114	0.39812	-0.7046	-0.5453	-0.36714
K	-0.6773	-0.72357	0.05650	-0.5502	-0.1624	0.21332
P	0.9849	-0.03795	-0.07319	0.9474	0.2535	0.12329
S	-0.6640	0.42277	-0.03365	-0.4453	-0.8133	-0.09448
Zn	-0.7537	0.2483	0.28085	-0.8806	0.1783	-0.4366
Cu	-0.7911	0.2378	0.56094	-0.6992	-0.3082	-0.6336
Fe	-0.8475	0.3949	0.07297	-0.9415	-0.0181	-0.2864
Mn	-0.7239	0.5142	0.45700	-0.6873	-0.2727	-0.6486
Al	0.5250	-0.4387	-0.2484	0.2658	0.8496	0.3474
H+Al	-0.7056	0.6780	0.1862	-0.6752	-0.3687	-0.4527
m%	0.8520	-0.3065	-0.1899	0.6545	0.6922	0.2794
pH H ₂ O	-0.4183	-0.8029	-0.2232	-0.1692	-0.4745	0.5530
Areia	0.8702	0.18219	-0.02457	0.5976	0.7571	-0.07576
Silte	-0.9796	-0.09061	-0.01413	-0.8133	-0.5449	0.04337
Argila	-0.7224	-0.23893	0.05481	-0.3876	-0.8745	0.09390
Mat. Org.	-0.5552	0.52824	0.50921	-0.3755	-0.6151	-0.65025

A ordenação das parcelas no diagrama demonstrado na figura 15 dos solos superficiais (0-10 cm) evidenciam que as árvores com maiores valores de DAP e h estão correlacionadas com solos com maiores teores de Ca + Mg, K e S, enquanto no polo oposto o P obteve mais correspondência com a área II (sit 2) com árvores de diâmetro e altura menores.

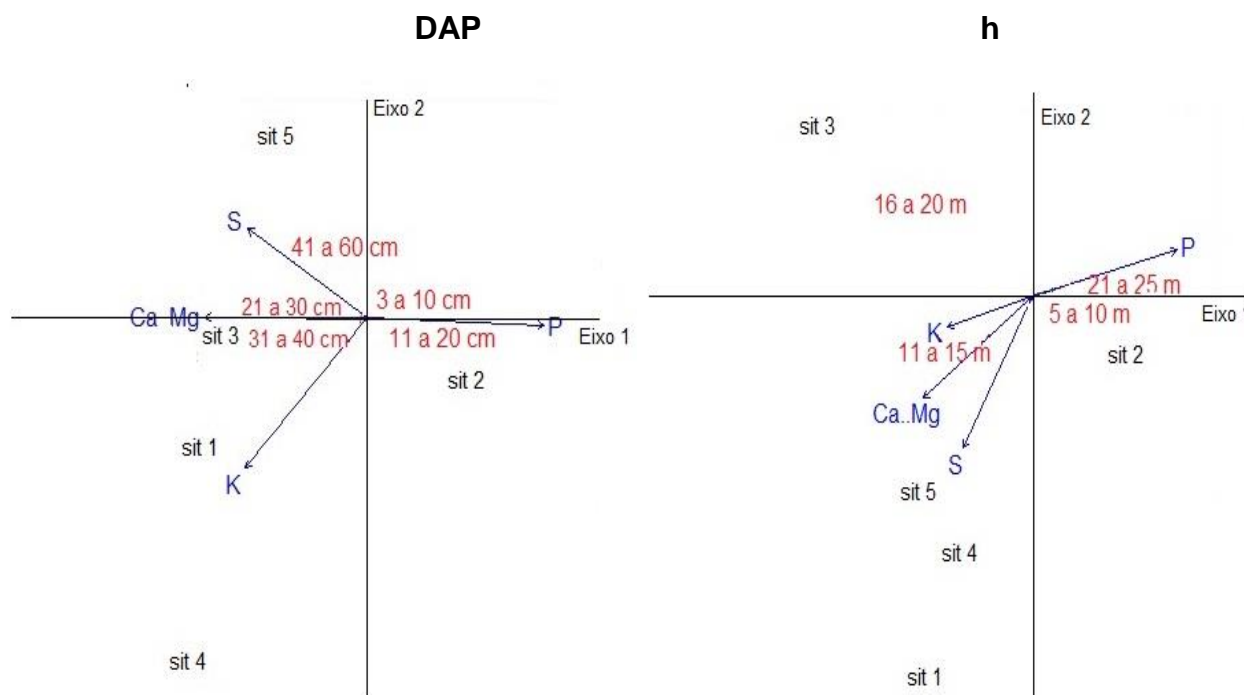


Figura 15: Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) a partir do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (h) da *Copaifera langsdorffii* Desf. e das características químicas do solo Ca+Mg= Cálcio, Magnésio, K=Potássio, P= Fósforo, S=Enxofre, na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

Corroborando com o resultado de Grego (2014) estudando os modelos para relacionar variáveis de solos e área basal de espécies florestais em uma área de vegetação natural, verificou que para a espécie *Copaifera langsdorffii* existem a presença de macronutrientes que são absorvidos em grande quantidade pelas plantas.

Neri et al. (2012) e Calgaro (2015) encontraram correlações positivas entre áreas de elevada área basal com teores de fósforo e Braga et.al., (2015), verificaram que ocorreu maior desenvolvimento na espécie em solos com concentração de potássio e de fósforo remanescente.

Na figura 16 evidencia que as *Copaifera langsdorffii* Desf. com maiores características dendrométricas exibe maior correlação com os micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn), para o índice de maior diâmetro à altura do peito o Mn é mais abundante na área V (sit 5), já para a maior altura o Zn mostra-se mais presente, na área III (sit 3).

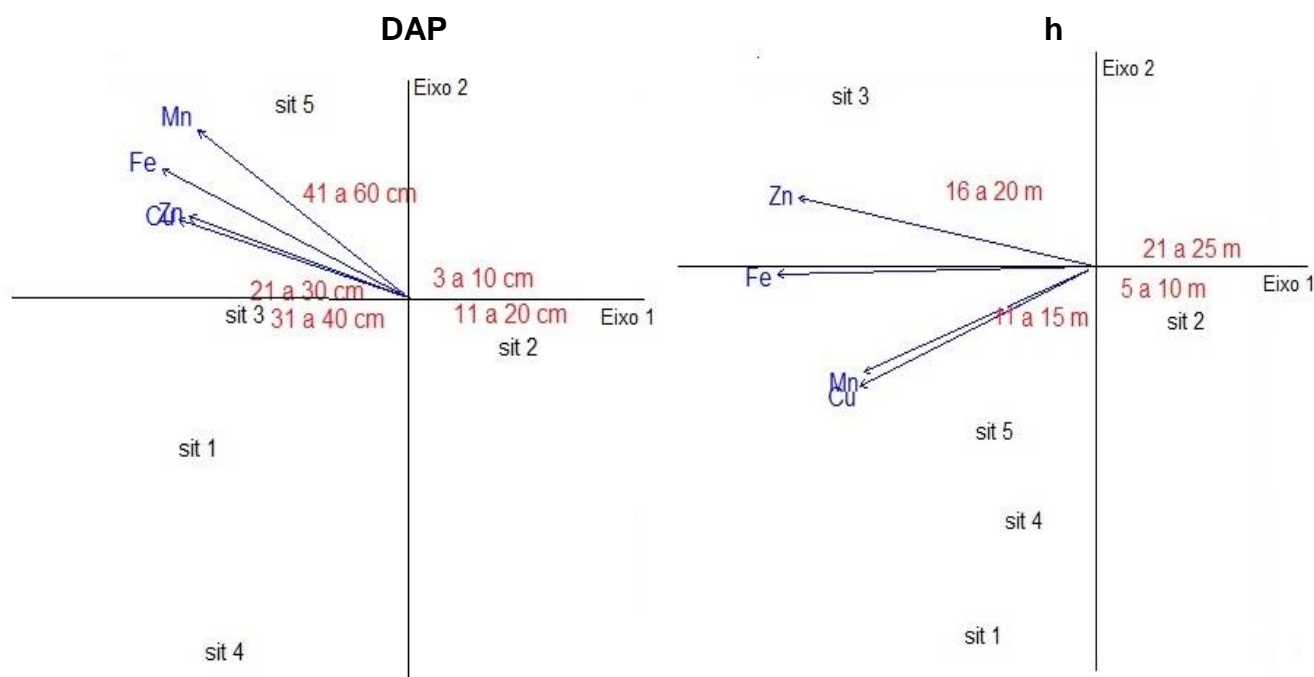


Figura 16: Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) a partir do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (h) da *Copaifera langsdorffii* Desf. e das características químicas do solo Mn= Manganês, Fe=Ferro, Cu= Cobre, Zn=Zinco, na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

Nos diagramas de ordenação (Figura 17 e 18), as árvores com maiores índices de DAP e h estão correlacionadas com solos que apresentaram mais matéria orgânica e conseqüentemente com textura argilosa, além de possuírem correlações positivas com acidez potencial (H+Al). As árvores com menores valores de DAP e h associaram-se a solos com maiores teores de alumínio (Al) e inseridos em solos mais arenosos. Todos os solos das áreas amostradas apresentaram acidez elevada (pH 5,16 a 5,58) com destaque para a área I (sit 1) e área V (sit 5).

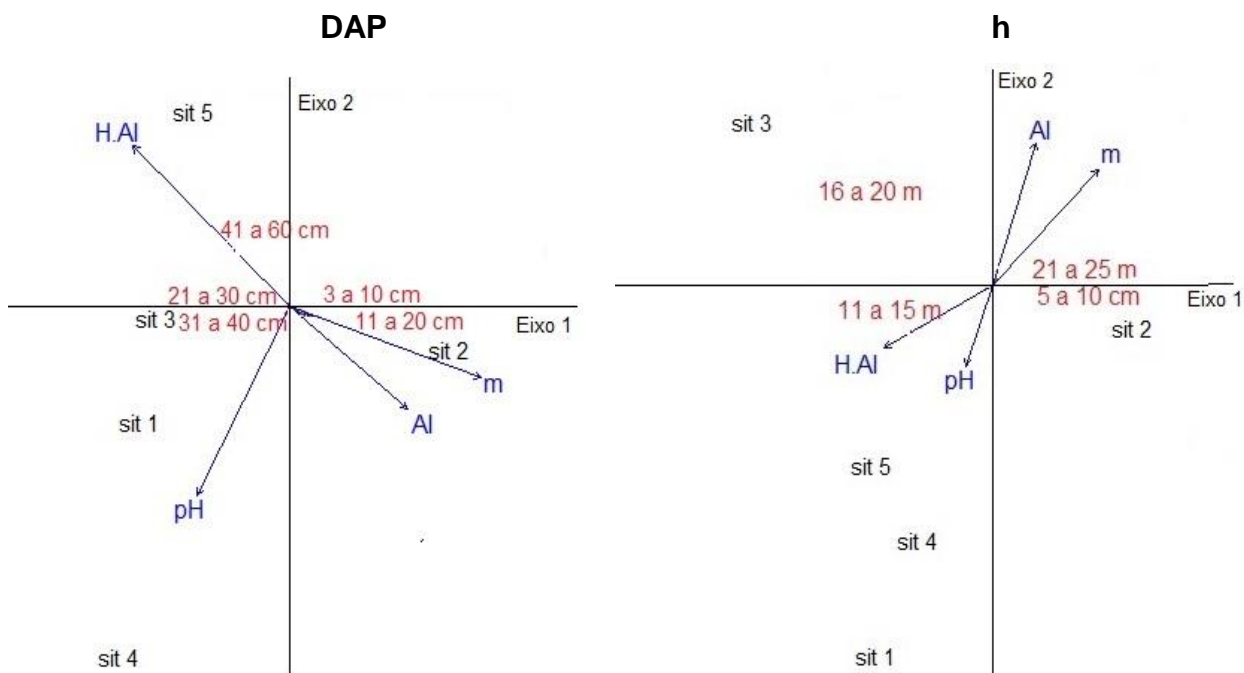


Figura 17: Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) a partir do diâmetro à altura do peito (DAP) e da altura (h) da *Copaifera langsdorffii* Desf. e das características químicas do solo Al=Alumínio; H+Al= acidez potencial; m=saturação por Alumínio; pH: potencial hidrogeniônico, na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

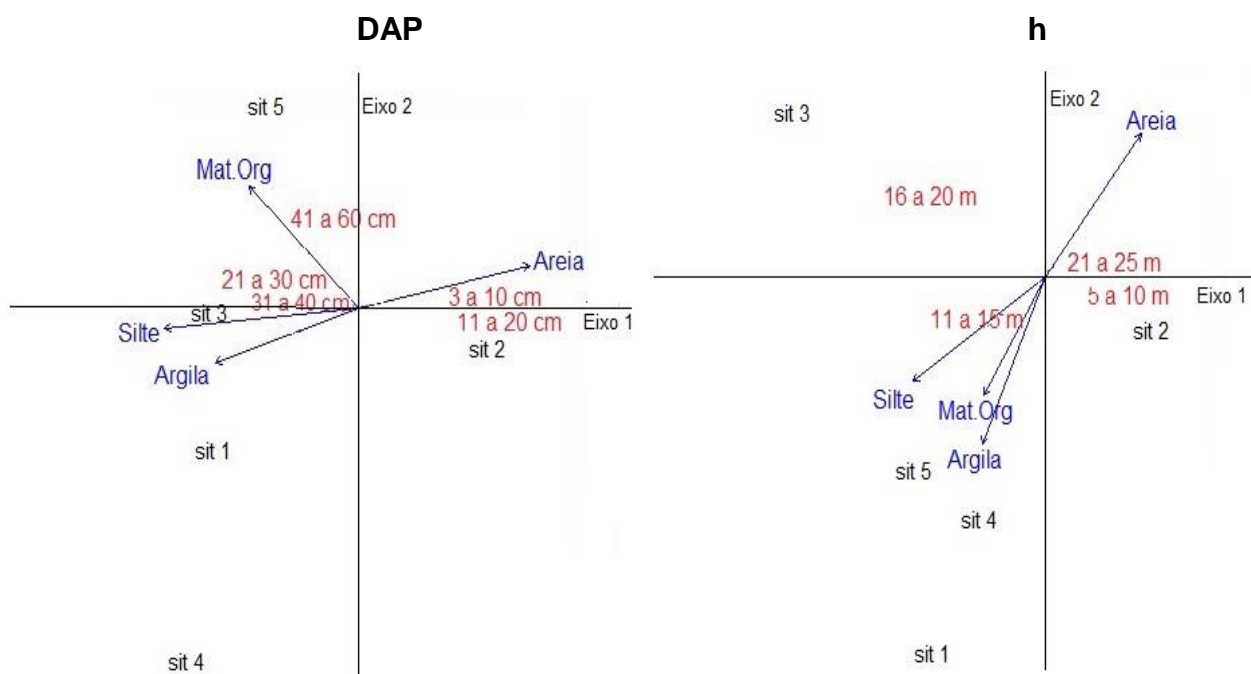


Figura 18: Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) a partir do diâmetro à altura do peito (DAP) e da altura (h) da *Copaifera langsdorffii* Desf. e das características física do solo na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO.

Corroborando com resultados de Braga, et.al., (2015) e Calgaro, (2015) os quais destacaram - se o pH e H+Al, apresentando correlação positiva com a área basal de diversas espécies, dentre elas a *Copaifera langsdorffii* Desf. Em contrapartida Torres, et. al., (2017), verificaram em seu estudo realizado no Cerrado stricto sensu em Mato Grosso com a presença da espécie de *Copaifera langsdorffii* apresentou correlações altas e positivas com solos arenosos e pouca relação com teor de matéria orgânica e argila, resultados semelhantes com as pesquisas de Siqueira (2017).

Estudando uma vegetação nativa do Cerrado, Grego (2014) verificou que as *Copaifera langsdorffii* Desf. com menor DAP foram as que mais se aproximaram ao elemento Alumínio e saturação por alumínio (m%), afirma também que a m% diminui a partir do momento em que se aumentam os níveis de Ca, Mg e K no solo, pois o aumento de teores de outros cátions faz com que diminua % do cátion Al, confirmando os resultados dos macronutrientes verificados na Figura 15.

Conforme Peña-Claros et. al., (2012), a área basal e altura das árvores são exemplos de medidas comprometidas pelos teores de nutrientes do solo, influenciando na estrutura das comunidades vegetais tropicais. Assim, as propriedades nutricionais do solo condicionam, na grande maioria, o sucesso de uma espécie vegetal (DUBUIS et. al., 2013).

A relação solo-vegetação em paisagens e solos tão diversos além de ser importante no ponto de vista da biologia da conservação, no qual o conhecimento adquirido poderá ajudar na execução de planos pró-ativos para manutenção da biodiversidade (ASSIS et. al., 2011; GUERRA et. al., 2013).

O resultado da análise de correspondência canônica para a área estudada entre a característica dendrométrica da espécie e o nutrientes dos solos evidenciaram a presença dos teores de S, Mn, Zn, H+Al e Matéria orgânica nas áreas que contém os indivíduos com maiores características dendrométricas. Foi possível detectar também a correlação com a variável Areia, P, Al e m% nas áreas que possuem a maior ocorrência de *Copaifera langsdorffii* Desf., porém com árvores com diâmetro e altura menores.

O estudo ilustra os maiores teores de nutrientes do solo correspondente as características dos indivíduos. Para dar continuidade nas pesquisas relacionadas ao solo-vegetação da *Copaifera langsdorffii* Desf. é necessário aprofundar nas buscas

dos dados, investigar, para mais detalhes dos nutrientes determinantes e indispensáveis que condicione o maior desenvolvimento da espécie.

18 CONCLUSÃO

O levantamento pedológico foram classificados em Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico Lipoplíntico, Pintossolo Argilúvico distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo, Cambissolo Háptico, Plintossolo Pétrico Concrecionário.

Observou-se na análise química que além de alguns micronutrientes como Zinco e Boro, o Fósforo mostrou-se o principal limitante ao desenvolvimento da copaíba na maioria das áreas e camadas, enquanto outros como Ferro e Manganês não apresentam restrição por deficiência estando acima do nível adequado, assim como o Cálcio e o Magnésio na área IV (Latossolo Vermelho Amarelo), V (Cambissolo Háptico) e VI (Plintossolo Pétrico Concrecionário) apresentaram índice acima do ideal.

Diferentes ocorrências de copaíba nas determinadas classes de solo, essa divergência está atribuída principalmente as diferentes condições ambientais em que elas se encontram. Independente do tipo de solo teria a presença de *Copaifera langsdorffii* Desf., dependendo da propagação das sementes e seu sucesso reprodutivo

Detectar os padrões de distribuição da vegetação e entender as suas relações com as condições ambientais é crucial para entender como as comunidades respondem às mudanças de ambiente.

19 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, p. 25-32, 1999.
- ASSIS, A. C. C.; COELHO, R. M.; PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. **Water availability determines physiognomic gradient in an area of low-fertility soils under Cerrado vegetation.** *Plant Ecology* **212**(7): 1135-1147. 2011.
- BRAGA, A. J. T.; BORGES, E. E. L; MARTINS, S. V. **Influência dos fatores edáficos na variação florística de floresta estacional semidecidual, em Viçosa, MG.** *Revista Árvore, Viçosa-MG*, v.39, n.4, p.623-633, 2015.
- BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numeral Ecology with R.** Springer, New York, 2011. 306 p.
- CALGARO, H. F.; BUZETTI, S.; SILVA, L. R.; STEFANINI, L.; MIRANDA, L. P. M.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T. **Distribuição natural de espécies arbóreas em áreas com diferentes níveis de antropização e relação com os atributos químicos do solo.** *Revista Árvore, Viçosa-MG*, v.39, n.2, p.233-243, 2015
- DUBUIS, A.; GIOVANETTINA, S.; PELLISSIER, L.; POTTIER, J.; VITTOZ, P.; GUIBAN, A. **Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables.** *Journal of Vegetation Science* **24**(4): 593-606. 2013.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 212 p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 353 - 354p. 2013.
- GREGO, S. **Modelos para relacionar variáveis de solos e área basal de espécies florestais em uma área de vegetação natural.** 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2014.
- GUERRA, T. N. F.; RODAL, M. J. N.; SILVA, A. C. B. L.; ALVES, M. ; SILVA, M. A. M.; MENDES, P. G. A. **Influence of edge and topography on the vegetation in an Atlantic Forest remnant in northeastern Brazil.** *Journal of Forest Research* **18**(2): 200-208. 2013.
- GUIMARÃES, E.S.; SANTOS, C.L.; AZEVEDO, L.J.; MELLO, A.H. **Caracterização morfológica dos solos de quintal agroflorestal, floresta secundária e cultivo de maracujá (*Passiflora edulis*) no assentamento alegria, sudeste do Pará.** *Agroecossistemas.* v. 5, n. 1, p. 45-49, 2013.

Haidar, R. F. **Mapeamento e reconstituição dos ambientes fitoecológicos para o sul do estado do Tocantins por meio de imagens Landsat MSS e TM e dados geoambientais.** In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba – PR. P. 20159-2066, 2011.

Hou, J.; Fu, B. **Research on the relationship between vegetation and soil resource patterns on lands abandoned at different times.** *Catena* 115: 1-10. 2014.

Ker, J. C.; Curi, N.; Schaefer, C. E. G. R.; Torrado, P. V. **Pedologia: fundamentos.** 1ed. Viçosa: SBCS, v.1, 343p. 2012.

Klink, C. A.; Machado, R. B. **Conservation of the Brazilian Cerrado.** *Conservation Biology*, v.19, p.707-713, 2005.

Köppen, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra.** Fondo de Cultura Económica. México, 1948, p. 479.

Machado, L. N. **Caracterização das classes de solos, aptidão agrícola das terras e análise da vulnerabilidade do solo na Microbacia Lajeado Pessegueiro, Guarujá do Sul, SC.** 135 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistema). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

Moreira, A. M.; Menino, G. C. O.; Santos, R. M.; Pifano, D. S.; Borém, R. A. T.; Almeida, C. A. M.; Domingos, D. Q. **Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Coqueiral, MG, Brasil.** *Revista Brasileira de Biociências*, v.11, n.1, p.43-51, 2013.

Neri, A. V.; Schaefer, C. E. G. R.; Silva, A. F.; Souza, A. L.; Ferreira Junior, W. F.; Meira Neto, J. A. A. **The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of Brazilian Cerrado vegetation.** *Edinburgh Journal of Botany* 69: 1-27. 2012.

Peña-Claros, M.; Poorter, L.; Alarcón, A.; Blande, G.; Choque, U.; Fredericksen, T. S. **Soil effects on forest structure and diversity in a moist and a dry tropical forest.** *Biotropica* 44(3): 276-283. 2012.

Resende, J. M. A.; Marques Júnior, J.; Martins Filho, M. V.; Dantas, J. S.; Siqueira, D. S.; Teixeira, D. B. **Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do Leste Maranhense.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n. 4, p. 1077-1090, 2014.

R Project for Statistical Computing. 2007. **R Project for Statistical Computing.** Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10.04.2017
Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado.** In: S. M. A. Sano (Ed.). *Cerrado: ambiente e flora.* Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 89-168. 1998.

RODRIGUES, P. M. S. R.; MARTINS, S. V.; NERI, A. V.; NUNES, Y. R. F.; MAGNAGO, L. F. S. **Riqueza e estrutura do componente arbóreo e características edáficas de um gradiente de floresta ciliar em Minas Gerais, Brasil.** Revista Árvore 37(6): 1011-1023. 2013.

ROVEDDER, Ana Paula Moreira; Almeida, Clarice Maboni de, Araujo; Maristela Machado; Tonetto, Thaíse da Silva; & Scotti, Marta Silvana Volpato, (). **Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul.** Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.12, p.2178-2185, dez, 2014

SANTOS, R. D; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo.** 6ª edição revisada e ampliada. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p.

SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; FERREIRA JÚNIOR, W. G.; VALENTE, E. L.; CORRÊA, G. R. **Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florística.** In: Martins, S. V. (ed.). Ecologia de florestas tropicais do Brasil. 2 ed. Editora UFV, Viçosa. pp. 252-293. 2012.

SEPLAN – **Secretária do Planejamento. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico – (DZE)** Base de dados geográfico do TO. Versão 2012, Palmas- TO Disponível em : <http://seplan.to.gov.br/> Acesso dia: 13.04.2017

SILVA, A. R. **Métodos de Análise Multivariada em R.** Piracicaba, SP, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ, 2016. 167p.

SILVA NETO, V. L. S; OLIVEIRA, A. L.; FERREIRA, R. Q. S; SOUZA, P. B.; VOLA, M. R. **Fitossociologia e distribuição diâmetrica de uma área de Cerrado sensu stricto, Dueré – TO.** Revista de Ciências Ambientais, Canoas, vol. 10, n. 1, p. 91-106, ISSN 1981-8858, 2016.

SIQUEIRA, M. N. **Influência do efeito de borda, da perda de habitat e de fatores abióticos na estrutura da comunidade lenhosa em fragmentos de Cerrado denso na alta bacia do rio Araguaia.** 106 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

TOCANTINS, **Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. Atlas do Tocantins: subsídio ao planejamento e gestão territorial.** Palmas: SEPLAN, 2014. 54p.

TORRES, D. M.; FONTES, M. A. L.; SAMSONA, H. P. **Relações solo-vegetação na estruturação de comunidades de Cerrado sensu stricto no sul de Minas Gerais, Brasil.** Revista Rodriguésia, Lavras – MG v.68, n.14, p- 115-128, 2017.

VELOSO, M. D. M. **Estrutura, diversidade florística e variações espaciais do componente arbóreo-arbustivo da vegetação ciliar do rio Pandeiros, Norte de Minas Gerais.** 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, MG, 2011.

VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F.; AZEVEDO, I. F. P.; RODRIGUES, P. M. S.;
FERNANDES, L. A.; SANTOS, R. M.; FERNANDES, G. W.; PEREIRA, J. A. A.
**Floristic and structural variations of the arboreal community in relation to soil
properties in the Pandeiros river riparian forest, Minas Gerais, Brazil.**
Interciencia 39(9): 628-636. 2014.

20 CAPÍTULO 4: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS POPULAÇÕES DE *Copaifera lansgdorffii* desf. COM A APTIDÃO AGRÍCOLA NOS SOLOS DO CERRADO, TO.

RESUMO

Copaifera langsdorffii Desf. pode ser explorada comercialmente, para isso é necessário conhecer a aptidão agrícola dos solos que melhor condicione o desenvolvimento das árvores. Objetivou-se avaliar dependência espacial das características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf. com a aptidão agrícola em seis classes de solos tocantinenses. Os solos Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico Lipoplíntico, Pintossolo Argilúvico distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo, apresentaram as aptidões 1aBC, 4p, 4(p), 1aBC, respectivamente. Já os solos Cambissolo Háptico e Plintossolo Pétrico Concrecionário apresentaram aptidão para preservação da fauna e flora. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que as árvores de *Copaifera langsdorffii* Desf. apresentaram maior crescimento, com maiores valores de diâmetro na altura do peito e altura das árvores sobre os solos com maior aptidão agrícola, em que os teores dos atributos químicos do solo foram maiores, indicando a viabilidade em fertilizar o solo a fim de obter *Copaifera langsdorffii* Desf. para comercializar suas múltiplas possibilidades de uso.

Palavras-chave: potencial do uso da terra, manejo do solo, conservação da *Copaifera langsdorffii* Desf.

ABSTRACT

Copaifera langsdorffii Desf. can be exploited commercially, so it is necessary to know the agricultural suitability of the lands that best conditions the development of the trees. In this sense, the objective of this work was to evaluate the spatial dependence of the dendrometric characteristics of copaiba with the agricultural aptitude in six Tocantins' soils. Soil Latosols, Lipoplinthic Pterytic Plinth, Dystrophic Argilubic Pintossol, Yellow Red Latosol, presented the aptitudes 1aBC, 4p, 4 (p), 1aBC, respectively. On the other hand, the soils Cambisol Haplic and Peconic Concrete Plinthisol presented aptitude for the preservation of the fauna and flora. According to the results, it was concluded that the *Copaifera langsdorffii* Desf. trees showed higher growth, with higher diameter values at the height of the chest and height of the trees on the soils with greater agricultural aptitude, in which the soil chemical attributes contents were indicating the feasibility of fertilizing the soil in order to obtain *Copaifera langsdorffii* Desf.s to commercialize its multiple possibilities of use.

Keywords: Potential of land use, soil management, copaiba conservation

21 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro contribui com uma parcela importante para a economia brasileira, gerando produtos, empregos e impostos e, ainda, atuando na preservação e conservação dos recursos naturais (RUIZ, 2016). Porém, a ausência de práticas conservacionistas e o manejo inadequado do solo podem acarretar a degradação do ambiente, provocando principalmente a erosão (LIMA, 2013).

A população da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. é um recurso fundamental, assim como sua exploração comercial pode propiciar desenvolvimento socioeconômico, através do plantio desta espécie ou extrativismo ordenado (FERREIRA et. al., 2016).

Pelo fato de ser uma fonte rica em compostos ativos (PASA et al., 2012; YAMAGUCHI e GARCIA, 2012; LEANDRO, 2012; CARVALHO e MILKE, 2014) é importante estimular a extração e a produção sustentável, já que a maior parte do óleo é obtida por meio do processo de extração que danifica a planta, podendo levá-la à morte ou ainda, a derrubada da própria árvore (HECK et. al., 2012). Além dos óleos extraídos do tronco, podem ser utilizados também os óleos retirados das sementes, o extrato das folhas (NOGUEIRA, 2017) e a madeira que tem proveitos para construção civil, implementos agrícolas e marcenaria em geral (IPEF, 2017).

Os métodos existentes para se realizar a classificação da aptidão das terras podem ser utilizadas tanto para avaliação quanto para planejamento do uso apropriado do solo buscando a preservação dos recursos ambientais como para fins produtivos (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995; LEPSCH et. al., 2015).

Por meio da aptidão dos solos pode ser indicada forma de utilização mais favorável ao desenvolvimento sustentável, dependendo da classe de aptidão encontrada na área pesquisada. Mas, uma das atividades com fins conservacionistas mais importantes a se realizar é o levantamento do uso do solo e a partir do cruzamento das informações da aptidão agrícola com o uso atual do solo pode - se realizar uma verificação dos conflitos entre o potencial dos solos de uma área e o uso atual, e indicar técnicas de manejo conservacionista para a área avaliada (BARBOSA NETO, 2011).

As informações detalhada da propriedade agrícola é requisito fundamental para implantação de um sistema de manejo que permita associar a produtividade

com a conservação das espécies florestais como a espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. Objetivou-se avaliar a dependência espacial das características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf. com a aptidão agrícola em seis classes de solos tocaninense.

22 MATERIAL E MÉTODOS

22.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Chácara Santa Rita, no município de Cariri do Tocantins (Figura 01), Sul do Estado do Tocantins, sob as coordenadas geográficas 11°49'47,49" de latitude S e 49°13'50,42" de longitude W, cuja precipitação média anual de 1.500 mm, temperatura média anual de 27°C e 249 m de altitude, sendo os meses de novembro a abril os mais chuvosos e maio a outubro os meses mais secos (TOCANTINS, 2014). Segundo metodologia proposta por Köppen (1948), o clima regional é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica (SEPLAN, 2012).

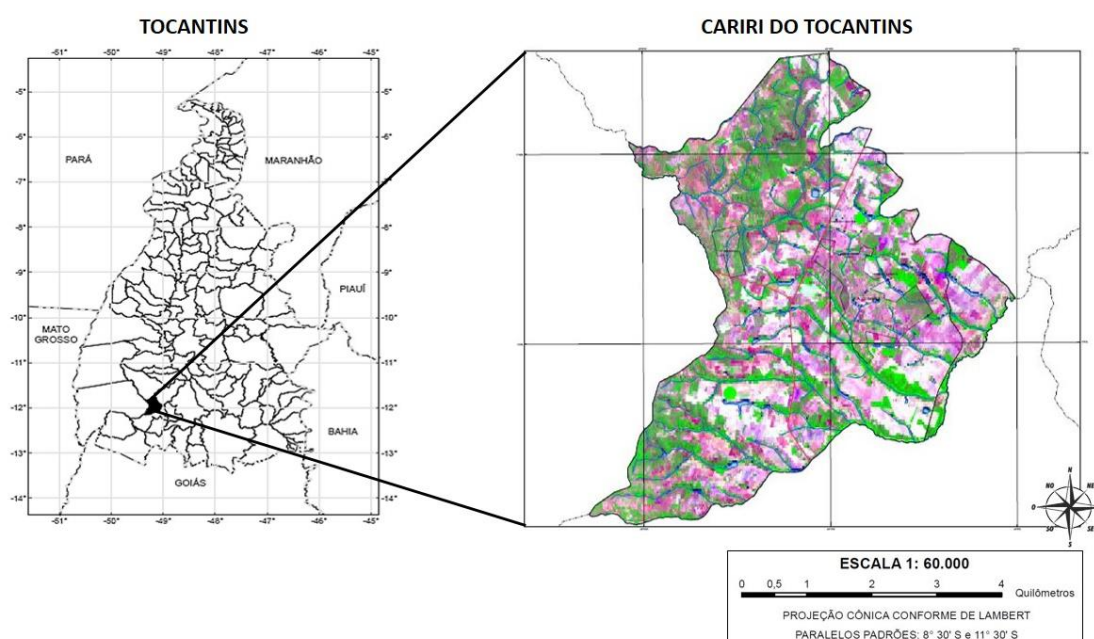


Figura 19: Localização geográfica do município de Cariri do Tocantins – TO.
Fonte: ArcGIS (10.1).

A área foi selecionada por existir fragmentos florestais de vegetação nativa, bem como pela presença abundante de indivíduos da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf., além das características de diferentes classes de solo.

A propriedade possui 23 hectares, destes, 14,46 hectares são áreas destinadas para Reserva Legal e Área de Preservação Permanente, 4,5 hectares para pastagem cultivada, 0,6 hectares com cultivo de maracujá e 3,44 hectares de

uso alternativo (Figura 20). A vegetação predominante no local é Cerrado *sensu stricto* (KLINK e MACHADO, 2005).



Figura 20: Localização e uso atual da área de estudo, Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins - TO.

Fonte: Google earth (2016).

P - Pastagem; **Ap** - Área de preservação; **Pm** – Plantio de maracujá.

22.2 Avaliação nas árvores

Foi realizado um inventário florestal numa área de Cerrado *sensu stricto*, onde foram amostrados todos os indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. com circunferência a altura do peito (CAP) a 1,30 metros do solo obtido com auxílio de fita métrica graduada em centímetro, posteriormente a circunferência foi transformada em diâmetro à altura do peito (DAP) - obtido pela fórmula: $(CAP \times \pi)$, além da altura das árvores com o auxílio de régua graduada em metros.

Foram registrados e catalogados os indivíduos arbustivos - arbóreo de *Copaifera langsdorffii* Desf. maiores que 3 cm de DAP, cada espécie foi marcada com tinta látex branca para registrar seu número e coletado a coordenada geográfica, com o auxílio do GPS Garmin (Figura 21).

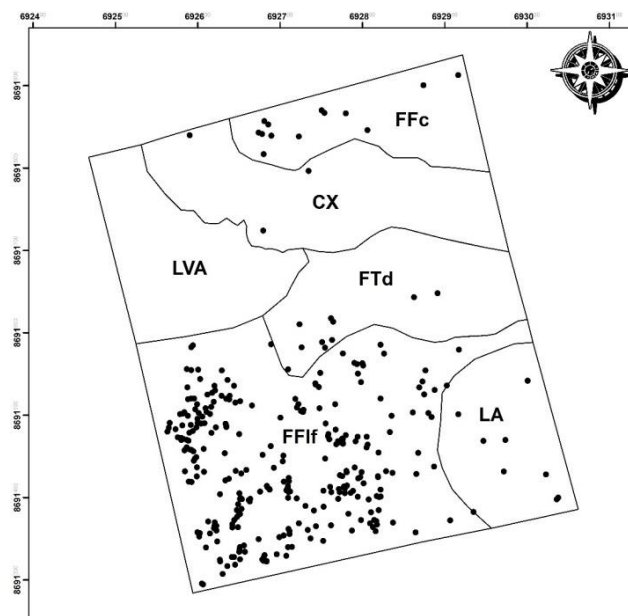


Figura 21: Distribuição dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. nas diferentes classes de solo.

Fonte: ArcGIS (10.1)

22.3 Classificação e Análises dos Solos

Foi realizado o levantamento e análise das classes de solos na Chácara Santa Rita segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013). Inicialmente consistiu no mapeamento da propriedade e delimitação das manchas de solo, com o GPS Garmin, percorrendo toda extensão da área de estudo. Com estas informações, foram alocados os pontos de abertura de perfis pedológicos e sua respectiva descrição morfológica, segundo o “manual de descrição e coleta de solo no campo” (SANTOS et. al., 2013).

Para a observação das relações dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. com as classes de solo, foram realizadas amostragens de solos em toda área da propriedade nas camadas de 0,00 - 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, em malha com intervalos irregulares espaçados, constituída de 20 amostras simples das profundidades em cada mancha de solo, totalizando 144 amostras. As coletas foram realizadas entre os meses de novembro a dezembro de 2016.

Para o estudo das características físicas e morfológicas do perfil pedológico foram escavadas trincheiras em cada mancha observada, a fim de realizar o estudo descritivo de cada horizonte dos perfis. Assim, foram analisados seis perfis de solos ao longo de um transecto que abriu transversalmente os diferentes aspectos da paisagem, com as trincheiras abertas e o perfil do solo exposto, foram identificados

os horizontes com o auxílio de trena milimétrica para determinar a profundidade do perfil do solo e as espessuras de cada horizonte.

Os solos foram identificados como: 1- Latossolo Amarelo – LA; 2 – Plintossolo Pétrico Lipoplântico – FFIf; 3 – Pintossolo Argilúvico distrófico – FTd; 4- Latossolo Vermelho Amarelo – LVA; 5 – Cambissolo Háptico – CX; 6 – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc (EMBRAPA, 2013) (Figura 22).

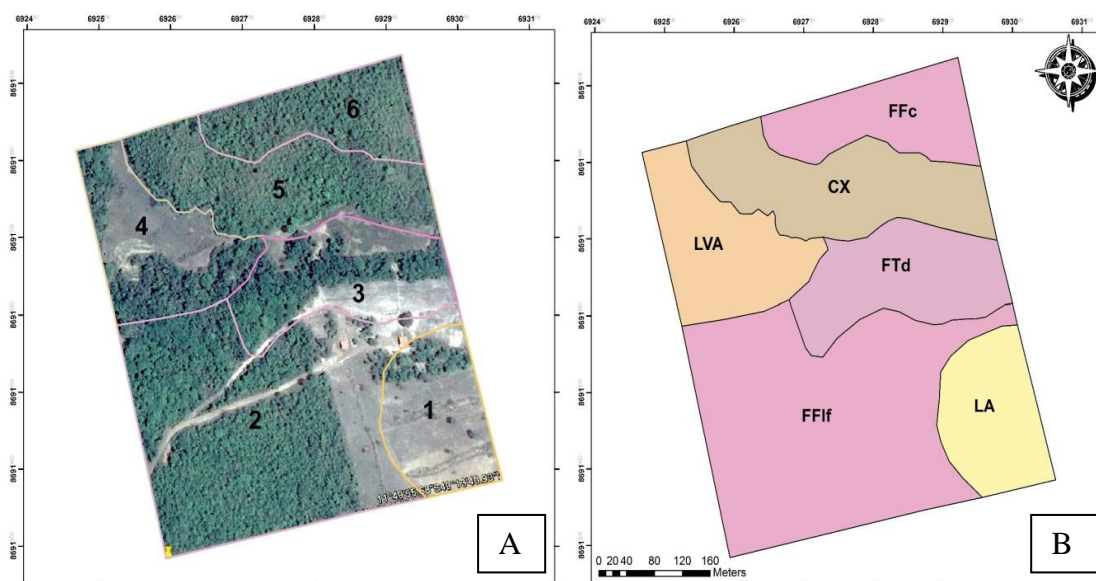


Figura 22: Classificação dos solos – Chácara Santa Rita. 1- Latossolo Amarelo – LA; 2 – Plintossolo Pétrico Lipoplântico – FFIf; 3 – Pintossolo Argilúvico distrófico – FTd; 4- Latossolo Vermelho Amarelo – LVA; 5 – Cambissolo Háptico – CX; 6 – Plintossolo Pétrico Concrecionário – FFc.

Fonte: A - Google earth (2016) e B - ArcGIS (10.1)

Foram realizadas análises físicas, como a análise textural, identificando a porcentagem de areia, silte e argila.

Quanto às análises químicas foram realizadas os teores de macronutriente (Mg, Ca, P, K, S), micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn), acidez potencial (H+Al) e pH. O magnésio, cálcio e alumínio trocável foram extraídos por KCl, o fósforo e potássio disponível foram extraídos por Mehlich-1, o enxofre extraído por meio de fosfato monofásico de cálcio e todos micronutrientes pelo DTPA, a acidez potencial foi extraída com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio e o pH utilizando-se a relação 1: 2,5 de solo em água (Tabela 1).

De acordo com os resultados das análises químicas, foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC), alumínio (m), somas de bases (SB) e a saturação de bases (V%).

Realizou - se as análises de solo físico-química no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi – LABSOLO utilizando-se a metodologia proposta pela EMBRAPA (2011).

Tabela 10: Caracterização química e física dos solos para determinação da aptidão agrícola, Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins -TO (2017)

ÁREA I - LA- Latossolo Amarelo									
Camadas	Ca	Mg	Al ³⁺	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	2,47	1,48	0,12	4,43	0,25	8,62	4,19	4,31	3,56
(20-40) cm	1,54	1,39	0,10	3,82	0,25	6,99	3,17	3,27	3,30
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%...g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	48,61	2,78	2,71	27,11	5,58	6	742,4	107,2	150,4
(20-40) cm	45,38	3,05	2,28	22,76	5,56	7	782,9	40,5	176,5
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	0,4		1		89		0,2		17,3
(20-40) cm	0,4		1		83		0,1		13,8
ÁREA II – FFif - Plintossolo Pétrico Litoplântico									
Camadas	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	1,10	0,65	0,35	3,94	0,22	5,90	1,96	2,31	5,03
(20-40) cm	0,39	0,40	0,31	2,90	0,15	3,83	0,93	1,24	2,44
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%...g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	33,28	15,13	2,38	23,75	5,37	5	909,1	40,5	50,4
(20-40) cm	24,38	24,93	1,14	11,44	5,45	7	782,9	73,9	143,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	0,6		0,9		83		0,1		18,5
(20-40) cm	0,4		0,8		57		0,1		9,6

continuação

Tabela 10: continuação

ÁREA III - FTd Plintossolo Argilúvico distrófico									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	2,76	1,17	0,42	4,88	0,24	8,26	4,08	4,42	3,26
(20-40) cm	2,22	0,93	0,34	3,97	0,16	8,05	3,38	3,80	3,07
	.....%.....		Mat. Org.	pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....			
	V	M	.....%... g dm ³	H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila	
(0-20) cm	50,72	11,04	2,35	23,50	5,38	5	875,7	73,9	50,4
(20-40) cm	40,97	7,69	1,69	16,91	5,34	6	916,3	40,5	43,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,5		1,5		115		0,1		30,9
(20-40) cm	2,6		1,4		84		0,1		18,9
ÁREA IV – LVA Latossolo Vermelho Amarelo									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³
(0-20) cm	3,71	2,89	0,44	5,67	0,26	12,52	6,86	7,30	1,68
(20-40) cm	1,80	2,19	0,40	4,28	0,17	8,44	4,16	4,56	1,20
	.....%.....		Mat. Org.	pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....			
	V	M	.....%... g dm ³	H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila	
(0-20) cm	54,75	6,03	4,8	48,0	5,16	5	768,5	114,4	117,1
(20-40) cm	49,28	8,77	1,42	14,18	5,38	7	749,6	100	150,4
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,8		2,0		121		0,2		25,7
(20-40) cm	0,7		2,2		101		0,1		18,9

Tabela 10: continuação

ÁREA V – CX Cambissolo Háplico									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		
(0-20) cm	5,41	2,54	0,18	4,03	0,29	12,27	8,23	8,41	2,70
(20-40) cm	1,98	1,61	0,20	3,14	0,20	6,93	3,79	3,99	1,35
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%... g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	67,11	2,14	4,13	41,3	5,57	5	742,4	107,2	150,4
(20-40) cm	54,65	5,02	2,52	25,24	5,28	8	582,9	107,2	309,9
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,5		3,0		94		0,2		43,8
(20-40) cm	0,6		2,6		64		0,1		32
ÁREA VI – FFc Plintossolo Pétrico Concrecionário									
	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC(T)	SB	CTC(t)	P
	.....cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		
(0-20) cm	2,69	1,57	0,00	6,69	0,21	11,13	4,43	4,43	3,71
(20-40) cm	0,69	0,59	0,11	3,52	0,18	5,00	1,48	1,59	1,38
	.....%.....		Mat. Org.		pH	S-SO ₄ ²⁻Textura (g kg ⁻¹).....		
	V	M	.....%... g dm ³		H ₂ O	mg.dm ³	Areia	Silte	Argila
(0-20) cm	39,86	0	4,5	45,02	5,30	6	842,4	73,9	83,7
(20-40) cm	29,59	6,92	2,03	20,27	5,29	9	816,3	40,5	143,2
	Zn		Cu		Fe		B		Mn
	mg.dm ⁻³								
(0-20) cm	1,2		2,0		112		0,1		47,3
(20-40) cm	0,5		1,8		84		0,1		25,6

Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio (Acidez potencial); K: Potássio; CTC(T): Capacidade de Troca Catiônica Total; SB: Soma de Bases; CTC(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; P: Fósforo; V(%): Saturação por Bases; m(%): Saturação por Alumínio; C.O.: Carbono Orgânico; Mat. Org.: Matéria Orgânica; pH: Potencial Hidrogeniônico (Acidez Ativa); S-SO₄²⁻: Enxofre; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Fe: Ferro; B: Boro; Mn: Manganês.

Além da classificação do solo, foram analisados os atributos: drenagem, declividade, estrutura, pedregosidade, rochiosidade, relevo, presença de erosão, cobertura vegetal e prática de manejo realizada.

Para a avaliação da aptidão agrícola da propriedade usou-se a seguinte metodologia:

22.4 Avaliação da Aptidão Agrícola

A avaliação da aptidão dos solos foi realizada segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras – SAAT, proposto por Ramalho Filho & Beek (1995), que consiste de uma forma geral, em interpretar as qualidades do ecossistema mediante a estimativa das restrições das terras para uso agrícola e das possíveis correções ou redução dessas restrições, com base nos diferentes níveis de manejo (NASCIMENTO, 2016). O nível de manejo visa diagnosticar o comportamento das terras conforme os níveis tecnológicos empregados na propriedade (Tabela 11).

Tabela 11: Níveis de manejo adotado no SAAT – Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das terras, nível mais simples (nível A), nível médio (nível B) e nível mais elevado (nível C).

Níveis de manejo	Característica
A	O produtor não emprega nenhum tipo de recurso que seja adquirido fora da propriedade, dependem basicamente da tração animal ou esforço braçal para o cultivo, sem a utilização de correção do solo ou de adubação. Baseando-se em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural;
B	Há um modesto investimento para a produção, empregando adubações com macronutrientes, algumas técnicas simples de conservação do solo, preparo do solo com aração e gradagem e sementes melhoradas. Fundamentando-se em práticas agrícolas que demonstram um nível tecnológico médio;
C	Caracteriza - se pelo grande investimento de capital na produção, empregando-se técnicas mais sofisticadas de conservação do solo, adubações com macro e micronutrientes e mecanização em várias etapas do processo de produção e utilização de sementes de muito boa qualidade. Baseando-se em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico.

Fonte: Ramalho Filho & Beek (1995)

O mapa da aptidão agrícola foi estruturado em grupos, subgrupos e classes. O grupo identificou a aptidão agrícola mais adequada para a terra, ou seja, a sua

utilização mais intensiva. Foram seis grupos representados pelos Algarismos de 1 a 6. O grupo 1, 2 e 3 identificou terras com intensidade de uso maior para lavouras, sendo que o Algarismo 1 identifica aptidão boa, 2 aptidão regular e 3 aptidão restrita. O grupo 4 compreendeu terras com o uso para pastagem plantada. Grupo 5 representou áreas destinadas a silvicultura e/ou pastagem natural e o grupo 6 abrangeu terras, cujo, tipo mais intensivo é destinado a preservação da flora e da fauna.

Os subgrupos foram à relação entre as classes de aptidão e o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras (Tabela 12).

Tabela 12: Classe de aptidão agrícola adotado no SAAT – Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola

Classe	Característica
Boa	São aquelas sem grandes impedimentos para a produção sustentada de algum tipo de utilização, levando-se em consideração as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz de grande forma, a produtividade ou os benefícios e não tem um acréscimo nos insumos acima de um nível aceitável.
Regular	Terras que exibem limitações relativamente moderadas com fins de produção sustentável de um determinado tipo de utilização, levando em conta as condições do manejo adotado. As limitações atenuam a produtividade ou os benefícios, gerando um acréscimo na necessidade de insumos de forma a elevar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Mesmo sendo consideradas atrativas essas vantagens são de alguma forma inferiores àquelas auferidas das terras de classe boa.
Restrita	São aquelas que mostram grandes limitações a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, levando em consideração as condições do manejo adotado. Tais limitações diminuem acentuadamente a produtividade ou os benefícios, ou mesmo aumentam os insumos necessários, de tal forma que os custos só seriam aprovados marginalmente.
Inapta	Consideradas não adequadas para a produção sustentável de algum tipo de utilização.

Fonte: Ramalho Filho & Beek (1995)

Na avaliação da aptidão agrícola das terras, as classes, os grupos e subgrupos foi realizado um comparativo entre os graus de limitação atribuídos às terras, sendo consideradas as seguintes limitações:

Deficiência de fertilidade (f); Deficiência de água (h); Excesso de água ou de deficiência de oxigênio (o); Suscetibilidade à erosão (e); Impedimentos à mecanização (m). Dessa forma, as classes de aptidão compreendida como boa,

regular, restrita e inapta, foi apontada para um determinado tipo de uso da terra mediante os graus de limitação especificados pelas seguintes letras: N-nulo; L-ligeiro; M-moderado; F-forte e MF - muito forte e para os níveis de manejo A, B e C.

23 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo realizado na propriedade refletiu um nível tecnológico médio caracterizado pelo modesto investimento para a produção, empregando técnicas simples de conservação do solo, preparo do solo com aração e gradagem e sementes melhoradas, classificado com o nível B (Tabela 13) (Ramalho Filho & Beek, 1995).

Tabela 13: Classificação da aptidão agrícola do solo e níveis de limitação, Cariri do Tocantins - TO (2017)

Solo ⁽¹⁾	Grupo	Sub-grupo ⁽²⁾	Nível de limitações agrícolas dos solos ⁽³⁾				
			F	W	O	E	m
LA	1	1aBC	M	M	N	N	N
FFif	4	4p	F	M	L	L	M
FTd	4	4(p)	L	L	L	L	M
LVAd	1	1aBC	L	L	N	N	L
CX	6	6*	M	M	N	MF	F
FFc	6	6	M	M	L	L	M

⁽¹⁾ **LA** – Latossolo Amarelo, **FFif** - Plintossolo Pétrico Litoplântico, **FTd** - Plintossolo Argilúvico Distrófico espessarênico, **LVAd** - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Plintossólico, **CX** – Cambissolo Háptico e **FFc** - Plintossolo Pétrico Concrecionário; ⁽²⁾ 1aBC – terras com aptidão para lavouras de ciclo curto ou longo – solo com aptidão regular no nível de manejo A e boa no nível B e C; 4p – terra com aptidão para pastagem plantada. Solo com aptidão regular; 4(p) - terra com aptidão para pastagem plantada, solo com aptidão restrita. *solo sem aptidão agrícola, recomendado para a preservação da flora e fauna; ⁽³⁾ **f** – deficiência em fertilidade; **w** – deficiência em água; **o**- deficiência em oxigênio; **e**-susceptibilidade a erosão; **m**- impedimento a mecanização; **N**- nulo; **L**- leve; **M**- moderado; **F**- forte; **MF** – muito forte.

Na área I, o Latossolo Amarelo (LA) sofreu a supressão da vegetação nativa e a conversão do uso para pastagem, preservando apenas 12 *Copaifera langsdorffii* Desf. apresentou aptidão boa para lavouras de ciclo curto ou longo. As limitações para o desenvolvimento de lavouras foram: Classificado com o grau moderado (M) foi a de fertilidade do solo (f), com alguns nutrientes com reservas limitadas e deficiência em água (w), com uma considerável deficiência de água disponível durante um período de 3 a 6 meses do ano. Para o grau nulo (N) foi a deficiência em oxigênio (o), apresentando uma boa permeabilidade, susceptibilidade a erosão (e), possuindo relevo plano ou quase plano, com declive < 3% e impedimentos à mecanização (m), terras que permitem em qualquer época do ano a mecanização. Assim foi enquadrado no sub-grupo 1aBC, (Ramalho Filho & Beek, 1995). Dessa forma, a área apresenta uso atual sustentável uma vez que, a exploração é inferior ao potencial de uso.

Delarmelinda et al. (2014) avaliando um Latossolo Amarelo no estado do Acre com o auxílio de diferentes avaliadores determinaram sua aptidão agrícola como enquadrando-se no sub-grupo 3(b), 2(a)BC, 2(a)bc, 1(a)bC, 1(a)Bc e 1bC.

Foram amostrados 280 indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf. na área II - Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf), obteve essa alta frequência e densidade da espécie por se encontrar num fragmento florestal de *Cerrado sensu stricto* intacto. A área apresentou aptidão para pastagens plantadas, silvicultura ou pastagem natural e preservação da flora e fauna, sendo assim terras de menor valor para cultivo agrícola. Para a limitação de fertilidade do solo (f), foi classificada como forte (F), apresentando baixa reserva de nutrientes, baixa soma de bases e presença de elementos tóxicos. Este solo demonstrou potencial regular para produção de pastagem, com exigência de melhoria na fertilidade para a manutenção do estado nutricional. Classificada com o grau moderado (M) foi a deficiência de água (w), com uma considerável deficiência de água disponível durante um período de 3 a 6 meses e impedimento a mecanização (m), possuindo relevo em geral suave ondulado e presença de pedregosidade ou rochiosidade. Enquadrado como leve (L) foi à limitação de oxigênio (o), podendo ser problemas para árvores mais sensíveis na estação chuvosa, já que é um solo moderadamente drenado e susceptibilidade a erosão (e) com relevo suave ondulado (declives entre 3 e 8%) e boas propriedades físicas no perfil do solo.

O solo da área II não possui limitações significativas para a produção de pastagens. Assim a área foi enquadrado no sub-grupo 4p (Ramalho Filho & Beek 1995). Dessa forma, a área apresenta uso atual, conforme indica sua aptidão, uma vez que a área pode ser desmatada, por apresentar potencial para cultivo de pastagens plantadas, assim a preservação da espécie estaria ameaçada, caso não estivesse em uma área de reserva legal.

Quanto aos Plintossolos Santana et al. (2010) estudando solos das unidades pedoambientais da região de Santa Tereza - TO, classificaram os Plintossolos no subgrupo 4p, os solos Plintossolos predominantes na região foram os pétricos, o que justifica a classificação

Na área III, o Plintossolo Argilúvico distrófico espessarênico (FTd) apresentou aptidão agrícola restrita para pastagem plantada. Nessa área o uso atual foi destinado para o cultivo de maracujá sendo localizadas apenas 12 árvores. Quanto as limitações foram leve (L) para o nível de deficiência em fertilidade (f), com

boa reserva de nutrientes, deficiência de água (w), apresentando considerável deficiência de água disponível durante um período de 3 a 6 meses, deficiência de oxigênio (o), sendo um solo de boa aeração durante parte do ano, apresentando-se como um solo bem a excessivamente drenado em uma parte, porém em outra parte do solo apresenta imperfeita drenagem e susceptibilidade a erosão (e) apresentou um relevo suave com boas propriedades físicas. Os impedimentos à mecanização (m) neste solo são moderados (M), pois o mesmo apresenta restrição em parte do ano na área o qual é imperfeitamente drenado. Assim o solo foi enquadrado no sub-grupo 4(p) Ramalho Filho & Beek (1995). Dessa forma, a área apresenta uso atual não sustentável uma vez que a exploração é superior o potencial de uso.

Delarmelinda (2011) avaliando diferentes solos no estado do Acre, classificou os Plintossolos Háplicos, Eutróficos e Argilúvicos nos sub-grupos 2(a)bc, 2(a)bc e 3(abc) respectivamente.

Na área IV, o Latossolo Vermelho-Amarelo Distróficos Plintossólico (LVAd) apresentou aptidão boa para lavouras de ciclo curto ou longo. Essa área sofreu supressão da vegetação nativa para conversão do uso para pastagem, não foi encontrada planta de *Copaifera langsdorffii* Desf. As limitações para o desenvolvimento de lavoura classificados com o grau leve (L) foi a fertilidade do solo (f), sendo um solo com boa reserva de nutrientes, a deficiência em água (w), com déficit hídrico de 3 a 6 meses por ano e impedimento a mecanização (m) possuindo relevo plano, permitindo assim a utilização de qualquer máquina e implemento agrícola. Para a deficiência em oxigênio (o) e susceptibilidade a erosão (e), este solo enquadrou-se como nulo (N), apesar de apresentar drenagem imperfeita possui declive da área de <1%, considerando relevo plano, sendo que a pouca erosão existente pode ser controlada por práticas conservacionista simples. Para Assim foi enquadrado como potencial de uso no sub-grupo 1aBC mas, com uso atual com cultivo de pastagem, quando poderia ser empregado para o cultivo de plantas anuais. (Ramalho Filho & Beek, 1995).

Nas áreas V e VI, o Cambissolo Háplico (CX) e o Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc) apresentaram pouca ocorrência de *Copaifera langsdorffii* Desf., apenas 14 árvores nas duas classes, foram consideradas áreas sem aptidão agrícola, sendo recomendadas para a preservação da fauna e flora. Justificadas pelas seguintes limitações: Para a fertilidade (f) e a deficiência em água (w) foram classificadas como moderado (M), sendo solos com reserva de nutrientes limitadas,

com déficit hídrico de 3 a 6 meses por ano. Para a deficiência em oxigênio (o), o Cambissolo enquadrou-se como nulo (N) e o Plintossolo como leve (L). O Cambissolo é um solo com susceptibilidade a erosão muito forte (MF) por estar localizado em uma encosta de morro. Já o Plintossolo apresentou leve (L) susceptibilidade a erosão (e). Foram classificados com forte (F) e moderado (M) impedimento a mecanização (m) possuindo relevo acidentado e ondulado respectivamente, não permite a utilização de qualquer máquina e implemento agrícola. O enquadramento da área para o potencial de uso foi no sub-grupo 6 (Ramalho Filho & Beek, 1995), indicado para uso sustentável.

Araújo et al. (2013) avaliaram os Cambissolos com aptidão agrícola da microrregião de Mossoró-RN no subgrupo 3(abc). Soares et al. (2011) analisaram que o potencial de uso agrícola voltados ao planejamento na bacia do rio Pequeno-PR, classificaram os Cambissolos presentes nos sub-grupos 2(ab)c, 3(abc), 4P e 6 segundo a declividade do terreno.

Na Figura 23 são apresentadas as seis classes de solos analisadas na área estudada de acordo com o SiBCS (Embrapa, 2013) o uso atual e a aptidão agrícola destinada para cada classe de solo.



Figura 23: Distribuição dos solos (I), uso atual (II) e aptidão agrícola (III) dos solos da área estudada na Chácara Santa Rita, Cariri do Tocantins – TO (2017). Fonte: Google Earth.

(I) **LA** – Latossolo Amarelo; **FFIF** – Plintossolo Pétrico Lipoplíntico; **FTd** - Plintossolo Argilúvico Distrófico; **LVA** – Latossolo Amarelo Vermelho; **PVA** – Argissolo Vermelho Amarelo; **FFc** - Plintossolo Pétrico Concrecionário. (II) **P** - Pastagem; **Ap** - Área de preservação; **Pm** – Plantio de maracujá. (III) **I** - Lavouras de ciclo curto ou longo; **II** - Pastagem plantada, floresta nativa; **III** – Pastagem cultivada; **IV**- Lavouras de ciclo curto ou longo; **V**- Floresta nativa; **VI** – Floresta nativa.

A Tabela 14 apresenta um resumo da aptidão agrícola dos solos e área (ha) correspondente a cada solo do espaço estudado.

Tabela 14: Distribuição da aptidão agrícola, conforme as diferentes classes de solo e ocorrência dos indivíduos de *Copaifera langsdorffii* Desf., Cariri do Tocantins - TO (2017).

Solo ⁽¹⁾	Sub-grupo ⁽²⁾	Aptidão agrícola	Ocorrência de copaíba	Área (ha)	% de área
LA	1aBC	Lavouras de ciclo curto ou longo	12	2,2	9,56
FFif	4p	Pastagens plantadas e natural, silvicultura	280	9,3	40,43
FTd	4(p)	Pastagens plantadas restritas	12	2,9	12,61
LVAd	1aBC	Lavoura de ciclo curto ou longo	-	2,8	12,17
CX	6	Preservação de fauna e flora	2	3,7	16,09
FFc	6	Preservação de fauna e flora	12	2,1	9,14
		Total	318	23	100,00

⁽¹⁾ **LA** – Latossolo Amarelo, **FFif** - Plintossolo Pétrico Litoplíntico, **FTd** - Plintossolo Argilúvico Distrófico espessarênico, **LVAd** - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Plintossólico, **CX** – Cambissolo Háptico e **FFc** - Plintossolo Pétrico Concrecionário; ⁽²⁾ 1aBC – terras com aptidão para lavouras de ciclo curto ou longo – solo com aptidão regular no nível de manejo A e boa no nível B e C; 4p – terra com aptidão para pastagem plantada. Solo com aptidão regular; 4(p) - terra com aptidão para pastagem plantada, solo com aptidão restrita; 6 - solo sem aptidão agrícola, recomendado para a preservação da flora e fauna.

A falta de planejamento para o uso do solo tem comprometido a capacidade de sustentação dos sistemas naturais, submetendo-os à degradação e à perda de produtividade. Nesse contexto, insere-se a aptidão agrícola das terras, cuja avaliação tem como finalidade a indicação do potencial agrícola das terras para diferentes tipos de uso, procurando atender a uma relação custo/benefício favorável sob os pontos de vista ambiental e econômico (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995; MENEZES et. al., 2009).

As avaliações referentes à aptidão das terras e os levantamentos pedológicos constituem subsídios para o planejamento do uso do solo, pois permitem melhor harmonização das atividades agrícolas com a garantia de sustentabilidade dos ecossistemas e manejo sustentável (KLAMT et. al., 2010).

A avaliação da aptidão agrícola pode ser indicada na utilização de floresta sustentável, na qual visa à preservação das espécies vegetais de importância econômica e ambiental, uma vez que o estudo prévio da área segundo sua aptidão agrícola evita a conversão de áreas inapropriadas ao cultivo agrícola. Assim, como indica as áreas ideais à silvicultura levando em conta as características do solo e as características da vegetação a ser implantada.

24 CONCLUSÃO

Os solos foram classificados em Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico Lipoplúntico, Plintossolo Argilúvico distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo, apresentaram as aptidões 1aBC, 4p, 4(p), 1aBC, respectivamente. E os solos Cambissolo Háptico, Plintossolo Pétrico Concrecionário, apresentaram aptidão para preservação da fauna e flora, principalmente por ser suscetível a erosão e apresentar impedimento à mecanização.

Foi observado que as áreas II, V e VI possuem uso atual conforme sua aptidão indica, para preservação de fauna e flora e pastagem natural. Na área I o uso atual é sustentável diferentemente da área III e na área IV a área está destinada a pastagem quando poderia está empregada para plantas anuais.

Verificou-se que as árvores de *Copaifera langsdorffii* Desf. apresentaram maior desenvolvimento, com maiores valores de diâmetro na altura do peito e altura das árvores sobre os solos com maior aptidão agrícola, pois os teores dos atributos químicos do solo foram maiores, o que indica viabilidade em fertilizar o solo a fim de obter um povoamento de *Copaifera langsdorffii* Desf. para um manejo florestal afim de comercializar sua matéria-prima.

25 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. M. S.; OLIVEIRA, H.A.; BEZERRA, H.N.; SILVA, P.C.M. **Determinação da aptidão agrícola da microrregião de Mossoró-RN**. Engenharia na agricultura, Viçosa - MG, v.21 n.2, 148-158p, 2013.

BARBOSA NETO, M. V. **Zoneamento da aptidão agrícola e uso dos solos da área do médio curso do rio Natuba – PE**. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2011.

BEEK, K. J.; BENNEMA, J.; CAMARGO, M. N. **Soil survey interpretation in Brazil. system of land capability classification for reconnaissance surveys**. Wageningen: DPES/FAO/STIBOKA, 1964, 36p.

CARVALHO, L. O.; MILKE, L. T. **Importância terapêutica do óleo-resina de copaíba: enfoque para ação anti-inflamatória e cicatrizante**. Revista Eletrônica de Farmácia, V. 11, n. 2, p. 25–36, 2014

DELARMELINDA, E.A. **Aplicação de sistemas de avaliação da aptidão agrícola em solos do Estado do Acre**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2011.

DELARMELINDA, E. A.; WADT, P. G. S.; ANJOS, L. H. C.; MASUTTI, C. S. M.; SILVA, E. F.; SILVA, M. M.; COELHO, R. M.; SILVA, L. M.; SHIMIZU, S. H.; COUTO, W. H. **Aplicação de sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras em solos do Estado do Acre, Amazônia**. Biota Amazônia, Macapá, v. 4, n. 2, p. 87-95, 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 353 - 354p. 2013.

FERREIRA, R. Q. S.; CAMARGO, M. O.; TEIXEIRA, P. R.; SOUZA, P. B.; VIANA, R. H. O. **Uso potencial e síndromes de dispersão das espécies de três áreas de Cerrado sensu stricto, Tocantins**. Global Science and Technology, Rio Verde – GO, v.09, n.03, p.73 - 86, ISSN – 1984-3801 set/dez. 2016.

HECK, M. C., VIANA, L. Á., VICENTINI, V. E. P., **Importância do óleo de *Copaifera sp.* (copaíba)**. SaBios: Revista Saúde e Biologia, v.7, n.1, p.82-90, jan./abr., 2012.

IPEF. ***Copaifera langsdorffii* (copaíba)**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, 2017. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/copaifera.langsdorffii.asp>>. Acesso em: 22 fev. de 2017.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; INDA JUNIOR, A. V.; ALMEIDA, J.; FLORES, C. A. Proposta de normas e critérios para execução de

levantamentos semi-detalhados de solos e para a avaliação da aptidão agrícola das terras. Pelotas:NRS-SBCS, 2010. 44p. (Boletim Técnico, 5).

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; FILHO, O. J. V.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. Manual para Levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 1ªedição.Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 170p, 2015.

LIMA, G. C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; DA SILVA, M.A.; OLIVEIRA, A.H.; AVANZI, J.C.; UMMUS, M.E. **Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de Vegetação por diferença normalizada (IVDN)**. Revista Ambiente & Água, v. 8, n. 2, 2013, p. 204.

MENEZES, M. D.; CURI, N.; MARQUES, J. J.; MELLO, C. R.; ARAÚJO, A. R. **Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de Minas Gerais**. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 33, n. 6, p. 1544-1553, 2009.

NASCIMENTO, R. S. M. P. **Qualidade do solo e aptidão agrícola das terras os Quilombos Mesquita, Estado de Goiás**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016. 203 p.

NOGUEIRA, M. V. C.; AMORIM, A. M.; MAIA, R. M.; PAULILLO, L. C. M. S. **Estudo de espécies oleaginosas com potencial para a produção de biocombustíveis, da região de Riacho das Vacas- Bahia**. Revista Diálogos & Ciências. v. 17 n. 39. p. 42-56. ISSN 1678-0493. 2017

PASA, M. C.; DAVID, M.; SÁNCHEZ, D. C. M. **Copaifera langsdorffii Desf: aspectos ecológicos e silviculturais na comunidade Santa Teresa**. Cuiabá, MT, Brasil. Biodiversidade, v. 11, n. 1, p. 13 – 22, 2012.

RUIZ, J. G. C. L.; **Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em variedades de Pinus**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jabotical, São Paulo, 2016, 69 p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1995. 65p.

SEPLAN – **Secretária do Planejamento. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Economico – (DZE)** Base de dados geográfico do TO. Versão 2012, Palmas- TO Disponível em : <http://seplan.to.gov.br/> Acesso dia: 13.04.2017

SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. L. M.; JERSZURKI, D. **Potencial de uso agrícola e legislação ambiental voltados ao planejamento na bacia do Rio Pequeno-PR**. RA´E GA 21, p. 186-203, 2011.

YAMAGUCHI, H. M.; **Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais.** Saúde e pesquisa, Vol. 5, No. 1, 137-146, 2012.

26 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou os maiores teores de nutrientes presentes no solo correlacionando com as características dendrométricas da *Copaifera langsdorffii* Desf..

Com o mapeamento da variabilidade espacial foi possível verificar o perfil de distribuição e desenvolvimento das árvores em cada classe de solo e correlacionar os resultados com as condições das áreas na propriedade.

Os solos analisados foram classificados como área I - Latossolo Amarelo (LA), área II – Plintossolo Pétrico Lipoplântico (FFIf), área III Plintossolo Argilúvico distrófico (FTd), área IV Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), área V – Cambissolo Háplico (CX), área VI – Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc). A característica química dos solos evidenciou que o Fósforo é o principal limitante ao desenvolvimento da *Copaifera langsdorffii* Desf.. na maioria das áreas e camadas, além dos micronutrientes Zinco e Boro. Enquanto outros como Ferro e Manganês não apresentam restrição por deficiência estando acima do nível adequado, assim como o Cálcio e o Magnésio apresentaram índice acima do ideal nas áreas IV (Latosolo Vermelho Amarelo), V (Cambissolo Háplico) e VI (Plintossolo Pétrico Concrecionário).

A análise de correspondência canônica demonstrou que a área amostrada tem correlação com os de teores de S, Mn, Zn, H+Al e Matéria orgânica nas áreas que contém as árvores com maiores características dendrométricas e a variável Areia, P, Al e m% nas áreas que possuem a maior ocorrência de *Copaifera langsdorffii* Desf., porém com árvores com diâmetro e altura menores.

Os resultados da avaliação de aptidão agrícola do solo na propriedade indicaram que as áreas II, V e VI indicaram aptidão para pastagem natural, silvicultura e preservação da flora e fauna estão conforme o que o Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola preconiza. A área VI possui área subutilizada, sendo utilizada para cultivo de pastagem, quando poderia ser empregado para o cultivo de plantas anuais. A área I apresenta uso atual sustentável diferentemente da área III que sua exploração é superior o potencial de uso. As árvores com maiores características dendrométricas estão inseridas nas áreas para preservação o que

indica que pode associar a produtividade com a conservação de espécies florestais, como a *Copaifera langsdorffii* Desf.