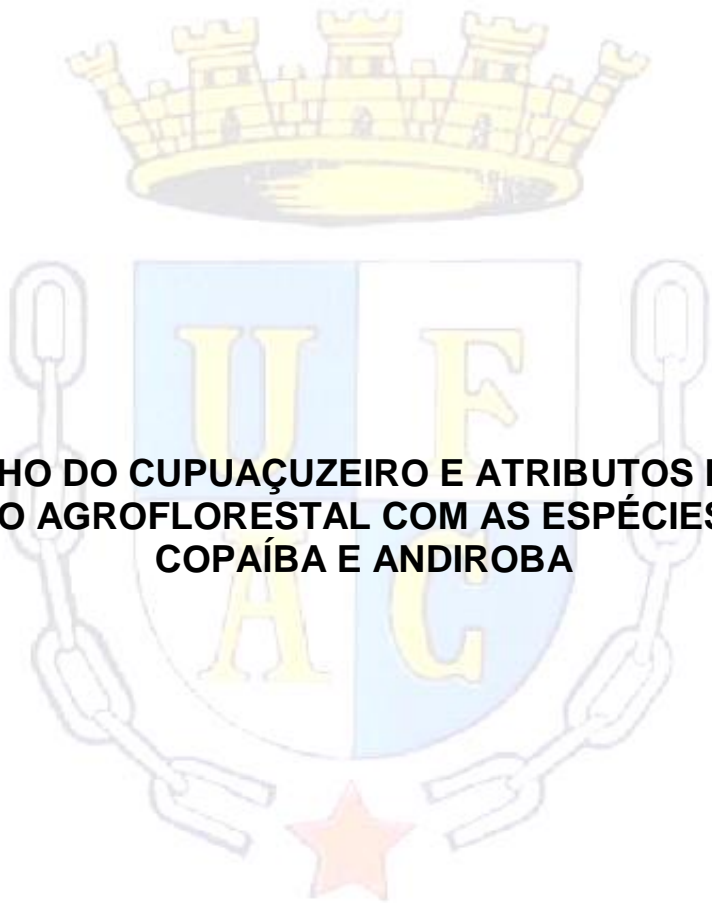


GEISY CAVALCANTE SILVA



**DESEMPENHO DO CUPUAÇUZEIRO E ATRIBUTOS DO SOLO EM
CONSÓRCIO AGROFLORESTAL COM AS ESPÉCIES PUPUNHA,
COPAÍBA E ANDIROBA**

RIO BRANCO - AC

2019

GEISY CAVALCANTE SILVA

**DESEMPENHO DO CUPUAÇUZEIRO E ATRIBUTOS DO SOLO EM
CONSÓRCIO AGROFLORESTAL COM AS ESPÉCIES PUPUNHA,
COPAÍBA E ANDIROBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira

RIO BRANCO - AC

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

S586d Silva, Geisy Cavalcante, 1992 -

Desempenho do cupuaçuzeiro e atributos do solo em consórcio agroflorestal com as espécies pupunha, copaíba e andiroba / Geisy Cavalcante Silva; orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira. – 2019.

66 f. : ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Rio Branco, 2019.

Inclui referências bibliográficas.

1. Sistemas agroflorestais. 2. Projeto RECA. 3. Geoestatística. I. Oliveira, Tadário Kamel de (orientador). II. Título.

CDD: 338.1

GEISY CAVALCANTE SILVA

**DESEMPENHO DO CUPUAÇUZEIRO E ATRIBUTOS DO SOLO EM
CONSÓRCIO AGROFLORESTAL COM AS ESPÉCIES PUPUNHA,
COPAÍBA E ANDIROBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADA em 29 de abril de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Dr. Tadário Kamel de Oliveira (Orientador)
Embrapa Acre



Dr. Elias Melo de Miranda (Membro)
Embrapa Acre



Dr. Romeu de Carvalho Andrade Neto (Membro)
Embrapa Acre

*À Giovanna Silva Sales, a pessoa que me
faz acordar todos os dias sorridente e
agradecida. A luz da minha vida.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelo dom da vida.

À Universidade Federal do Acre pela oportunidade de realização do Curso de Pós-graduação em Agronomia, e aos professores do quadro, pelos conhecimentos compartilhados.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudos.

À minha mãe pela força e garra que sempre teve. E por ser, hoje e sempre, um exemplo de superação que jamais deixarei de seguir.

Ao Dr. Tadário Kamel de Oliveira, não apenas pela orientação e sabedoria partilhada, mas também por sua amizade, companheirismo, carisma e amor ao que faz, contagiando todos que o rodeiam.

À Dr. Déborah Verçosa da Silva e ao Me. Giordano Bruno da Silva Oliveira, por serem meus parceiros nessa empreitada, e irmãos do SAF.

À Embrapa Acre, pelo apoio técnico e infraestrutura concedida durante elaboração, execução e conclusão da pesquisa.

Aos amigos que fiz durante o curso, pessoas maravilhosas e cheias de garra.

Ao Projeto RECA, por todo o suporte na execução desta pesquisa, em especial ao Diretor presidente Alexsandro Queiroz dos Santos, a Vice Eunice Sordi, à equipe técnica: Jersiane Berkembrock, Taysa Faltz Macedo, Gicarlos S. de Lima e o Fábio Failatti (coordenador técnico).

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o porte, o desempenho produtivo do cupuaçuzeiro e a variabilidade espacial dos atributos do solo e luminosidade em sistema agroflorestal com duas densidades de pupunheira e essências florestais. Para isto, um consórcio agroflorestal com as espécies de cupuaçuzeiro, andiroba, pupunheira e copaíba foi selecionado e posteriormente dividido em dois módulos, distintos pela densidade de pupunheiras (MD1: 35 plantas ha⁻¹ e MD2: 69 plantas ha⁻¹). As plantas foram georreferenciadas com o auxílio de GPS e avaliadas no período de fevereiro a agosto de 2018. As variáveis de porte e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro foram submetidas primeiramente ao teste t, a 5% de probabilidade, quanto às densidades. E posteriormente, realizado o teste F ($p < 0,05$), para comparar os cupuaçuzeiros na linha da pupunha (CLP) com os cupuaçuzeiros na entrelinha da pupunha (CELP). Em ambos os testes, foram selecionadas 12 plantas (cada indivíduo uma repetição). Uma análise descritiva dos dados, seguida de teste de componentes principais foi realizada, para caracterizar e diferenciar o desempenho do cupuaçuzeiro em cultivo na linha da pupunheira, da andiroba e da copaíba, com 8 repetições por tratamento. Os atributos de solo e luminosidade foram coletados usando a malha 3 x 8 x 9 m e realizadas análises de geoestatística. Todos os atributos do solo apresentaram dependência espacial moderada, com exceção de teor de matéria orgânica, que juntamente com a radiação fotossinteticamente ativa, apresentaram fraca dependência. As melhores características físicoquímicas de solo foram observadas no módulo com menor número de pupunheiras. O porte de plantas de cupuaçu não foi influenciado pelas densidades ($p > 0,05$). Porém, a altura foi maior ($p < 0,05$) na entrelinha em relação as linhas da pupunheira. O número total de frutos (NTF) e a massa total de frutos (MTF) por planta, foi maior ($p < 0,01$) no módulo D1 e nas entrelinhas das pupunheiras (CELP). Nas linhas com andirobeira foi observado melhor desempenho produtivo, no MD2 (69 pupunheiras por hectare).

Palavras-chave: Sistemas agroflorestais. Projeto RECA. Geoestatística. Componentes principais. Amazônia Ocidental.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the size and productivity of the cupuaçu tree (*Theobroma grandiflorum*), as well as a spatial variation of the attributes of the soil and the luminosity in an agroforestry system with peach palm trees (*Bactris gasipaes*) in two densities and forest essences, copaiba (*Copaifera sp.*) e andiroba (*Carapa guianensis*). For this, an agroforestry consortium with cupuaçu tree, andiroba, peach palm and copaiba species was selected and later divided in two modules, by density of peach palm trees (MD1: 35 plants ha⁻¹ and MD2: 69 plants ha⁻¹). The plants were georeferenced with the aid of GPS and evaluated in the period from February to August of 2018. The variables of size and productive performance of the cupuaçu tree were first submitted to the t test, at 5% probability, for the densities. Then, the F test ($p < 0.05$) was used to compare the cupuaçu tree in the row of the peach palm (CLP) cupuaçu tree between rows of the peach palm (CELP). In both tests, 12 plants were selected (each individual one replicate). A descriptive analysis of the data, followed by main components test was carried out to characterize and differentiate the performance of the cupuaçu tree in cultivation in the rows with on the peach palm on the peach palm, andiroba and copaiba line, with 8 replicates per treatment. Attributes of the soil and photosynthetic solar radiation were collected using the 3 x 8 x 9 m mesh and evaluated through geostatistic analysis. All soil attributes had a moderate spatial dependence, with the exception of soil organic matter, that joined with PAR showed weak dependence. The module with less peach palm trees the best characteristics of the soil. Cupuaçu plants size were not influenced by densities ($p > 0.05$). However, the height was higher ($p < 0.05$) in the between rows position compared to the peach palm tree rows. The total number of fruits (NTF) and the total fruit mass (MTF) per plant were higher ($p < 0.01$) in the D1 module and in the between rows the peach trees (CELP). In the rows with andirobeira it was observed a better productive performance in MD2 (69 peach palm trees per hectare).

Keywords: Agroforestry systems. Project RECA. Geostatistics. Western Amazonia.
Principal component

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Croqui representativo do arranjo nos dois módulos do consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheira, Projeto Reça, ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia, 2019.....23
- Figura 2 - Representação do esquema de amostragem dos pontos de solos e luz, em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019.....25
- Figura 3 - Representação esquemática dos tratamentos estudados, de acordo com a posição do cupuaçuzeiro em relação à pupunheira (3a) e de acordo com a espécie consorciada na linha do cupuaçuzeiro (3b).....28
- Figura 4 - Distribuição mensal da produção de cupuaçu em consórcio agroflorestal, com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019.....30
- Figura 5 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da pH no solo (0 - 20 cm) em SAF com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....35
- Figura 6 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de alumínio (Al^{3+}) no solo (0 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019..... 36
- Figura 7 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação de alumínio (m%) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019..... 37
- Figura 8 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de cálcio (Ca^{2+}) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....37
- Figura 9 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de magnésio (Mg^{2+}) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019..... 38
- Figura 10 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de potássio (k^+) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....39
- Figura 11 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial do teor de fósforo (P) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....40

LISTA DE FIGURAS

- Figura 12 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da acidez potencial no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019..41
- Figura 13 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da CTC_{ph7} no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....42
- Figura 14 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de soma de bases (SB) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....43
- Figura 15 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação de bases (V%) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....43
- Figura 16 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de matéria orgânica (MO) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....44
- Figura 17 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da argila no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....45
- Figura 18 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de luminosidade (PAR) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....46
- Figura 19 - Descrição do comportamento das variáveis de porte do cupuaçuzeiro cultivado em linhas com a copaíba, pupunheira e andiroba, em duas densidades de plantio de pupunheiras, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....49
- Figura 20 - Descrição do comportamento das variáveis produtivas do cupuaçuzeiro cultivado em linhas com copaíba, pupunheira e andiroba, em duas densidades de plantio de pupunheiras, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....51
- Figura 21 - Representação gráfica dos componentes principais (CP1 e CP2) referente à densidade de plantio MD1, em plantio de cupuaçuzeiros em diferentes sistemas de consórcios.....53
- Figura 22 - Representação gráfica dos componentes principais (CP1 e CP2) referente à densidade de plantio MD2, em plantio de cupuaçuzeiros em diferentes sistemas de consórcios.....53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Espaçamentos e espécies presentes no consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheira, Projeto Reca, ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia, 2019.....21
- Tabela 2 - Análise descritiva das variáveis de porte e produtividade do cupuaçuzeiro, atributos do solo e radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019 (Módulo D1).....31
- Tabela 3 - Análise descritiva das variáveis de porte e produtividade do cupuaçuzeiro, atributos do solo e radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019 (Módulo D2).....32
- Tabela 4 - Parâmetros da semivariância e grau de liberdade dos atributos do solo e PAR em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019.....34
- Tabela 5 - Valores médios das características de porte e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheira, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....47
- Tabela 6 - Valores médios das características de porte e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em dois níveis de posicionamento em relação a pupunheira, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....47
- Tabela 7 - Valores médios de altura total de plantas (AT), circunferência de tronco (CT), e área de copa (AC), das plantas de copaíba, pupunha e andiroba, presentes no consórcio agroflorestal com cupuaçuzeiro, Projeto Reca, Ramal Baixa verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019.....50
- Tabela 8 - Importância relativa de seis características de desempenho do cupuaçuzeiro em diferentes densidades e espécies consorciadas, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....52
- Tabela 9 - Componentes principais (CP), autovalor (variância), porcentagem de variância (%) e variância acumulada para caracteres de porte e produtivos de cupuaçuzeiros cupuaçuzeiro cultivado em linhas com copaíba, pupunheira e andiroba, em duas densidades de plantio de pupunheiras, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019.....54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 O PROJETO RECA	14
2.2 O CUPUAÇUZEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	14
2.2.1 Cupuaçuzeiro em consórcio agroflorestral com a pupunheira.....	16
2.3 ANÁLISES GEOESTATÍSTICAS NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS.....	18
2.3.1 Variabilidade espacial do solo em sistemas agroflorestrais.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	21
3.2 ÁREA EXPERIMENTAL.....	22
3.3 VARIÁVEIS DO CUPUAÇUZEIRO ANALISADAS.....	24
3.3.1 Características produtivas.....	24
3.3.2 Porte.....	24
3.3.3 Granulometria e atributos químicos do solo.....	25
3.3.4 Radiação fotossinteticamente ativa (PAR).....	26
3.4 DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES	26
3.4.1 Análises geoestatísticas	26
3.4.2 Análises utilizando estatística clássica.....	27
3.4.3 Análise de componentes principais.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 ATRIBUTOS DO SOLO E RADIAÇÃO FOTOSSINTÉTICAMENTE ATIVA	33
4.2 PORTE E PRODUTIVIDADE DO CUPUAÇUZEIRO.....	47
5 CONCLUSÕES.....	55
REFERENCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

As condições edafoclimáticas da região norte favorecem a cultura do cupuaçuzeiro, elevando seu potencial para uso em projetos de reflorestamento, sistemas de consórcio e/ou associação, onde é beneficiada pelo sombreamento de diversas culturas, sejam elas temporárias (bananeiras, mandioca, etc.) ou permanentes (essências florestais, palmáceas, etc.) (RIBEIRO, 2000). Na série histórica publicada por Brienza Júnior et al. (2009), sobre os avanços dos sistemas agroflorestais (SAFs), o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) é a espécie mais frequente, presente em 42% dos estudos, na sequência estão: a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.), com 33% e a castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) com 32%.

No Projeto RECA, associação de agricultores agroecológicos fundada em 1989 no distrito de Nova Califórnia, RO, o cupuaçuzeiro é a espécie mais frequente nos SAFs, principalmente em consórcio com a pupunheira e a castanheira, segundo estudo conduzido por Silva (2018), no ramal¹ Baixa Verde. Segundo Fraife Filho (2017), Rondônia é o terceiro maior produtor nacional de cupuaçu, perdendo somente para o Amazonas e Pará (maior produtor).

Apesar de atualmente, já existirem trabalhos que atestam a eficiência produtiva e econômica de alguns sistemas, do RECA e outras regiões (SÁ et al., 2000; ROCHA et al., 2014; ABRANTES, 2015; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA, 2018), ainda há muito a ser explorado e validado cientificamente.

De acordo com Lunz e Melo (1998), os sistemas de consórcio implantados desde a fundação do RECA, foram desenvolvidos pela própria comunidade, com orientação técnica somente nas etapas de elaboração, não havendo informação consolidada, referente a viabilidade, resultados das interações entre as espécies, o manejo adequado para cada sistema, etc.

Relatos de produtores associados ao Projeto RECA, indicam que a pupunheira cause efeitos negativos sobre a produção do cupuaçuzeiro, e que haja diferença visível no desempenho de plantas que crescem em linhas de plantio intercaladas com a palmeira (LUNZ; MELO, 1998).

Segundo Fonseca et al. (2017), a pupunheira possui sistema radicular fasciculado superficial concentrado (75% delas) nas primeiras camadas de solo, e distribuída num raio de até 6 m. Esta característica exige a aplicação de tratamentos culturais adequados, principalmente de adubação. Considerando que as raízes laterais do

¹ Ramal: designação dada em algumas regiões para uma estrada secundária, vicinal, que em geral, não possuem asfalto.

cupuaçuzeiros estão dispostos, em maior número, nos primeiros 30 cm do solo (GONDIM, et al., 2001) e dependendo do espaçamento, pode haver queda no seu desempenho vegetativo, por falta de espaço para o desenvolvimento das raízes secundárias (ANDRADE et al., 1999).

Diante disto, pretendeu-se investigar se a posição que o cupuaçuzeiro ocupa em relação a pupunheira, assim como a densidade de plantas desta palmeira no cultivo, e o cultivo com diferentes essências florestais influenciam seu comportamento produtivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o porte, o desempenho produtivo do cupuaçuzeiro e a variabilidade espacial de atributos do solo e luminosidade em sistema agroflorestal com duas densidades de pupunheira e essências florestais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Montagnini (1992), sistemas agroflorestais são o conjunto de técnicas de manejo e uso do solo que resultam na combinação de árvores com culturas anuais, pecuária ou ambos; de forma conjunta ou escalonada no tempo e no espaço.

Na Amazônia, os SAFs apresentam alto potencial de expansão na recuperação ou ocupação produtiva, de áreas desmatadas (BARROS et al., 2009).

Algumas principais vantagens destes sistemas são, além da melhoria na capacidade produtiva do solo, assim como de suas propriedades físico-químicas e biológicas; o aumento da ciclagem de nutrientes; o sequestro de carbono, a conservação da biodiversidade local (ABDO et al., 2008); ser o meio de produção mais sustentável para o produtor rural (RODRIGUES et al., 2018), principalmente pequenos agricultores, que têm a saúde e qualidade de vida melhoradas maior conforto no trabalho (MAYER et al., 2018); e riscos econômicos reduzidos, considerando a utilização de espécies de usos múltiplos e ciclos distintos (ALTIERI, 2002).

Um dos principais desafios, apesar da ampla base científica dos SAFs formada nas últimas décadas, é provar cientificamente os benefícios ambientais, ecológicos, sustentáveis e econômicos frente à agricultura convencional (ALTIERI, 2002; JOSÉ 2009).

Segundo Valeri et al. (2003), a comprovação dos benefícios dos sistemas agroflorestais, depende do interesse e incentivo de instituições públicas de ensino e pesquisa na realização de estudos nesta área, buscando modelos viáveis, priorizando às espécies nativas regionais.

De acordo com Barros et al. (2009), o fracasso de muitos sistemas está relacionado à preocupação apenas com a perspectiva ambiental, sem se preocupar com as necessidades econômica do produtor.

O planejamento de um SAF exige conhecimento técnico e agrônomo mais elevado, adequando as culturas à capacidade de investimento do agricultor. Devem ser consideradas as possíveis interações entre as espécies, as condições edafoclimáticas regionais, e o escoamento e comercialização da produção. Estas condições, somadas ao custo inicial alto de implantação, a dificuldade de mecanização, os possíveis danos mecânicos durante os tratos culturais, colheita e/ou animais e a falta de tradição dos agricultores, dificultam a adesão aos SAFs (ABDO et al., 2008; VALERI et al., 2003).

2.1 O PROJETO RECA

O projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) trata-se de uma associação de pequenos agrossilvicultores que visam a produção com base familiar cooperativista e sustentável. Considerado, segundo Santos et al. (2018), como exemplo de sucesso no que diz respeito à produção e conservação ambiental, com a proposta de utilizar a floresta como fonte geradora de renda, através de sistemas agroflorestais.

A associação é formada atualmente por dez grupos, com 250 famílias associadas, ao todo, denominados de acordo com a localização das propriedades, sendo eles, o grupo da Baixa Verde, BR, Cascalho, Eletrônica, Linha 5, Linha 6, Linha 12, e Pioneiros 1, 2 e 3. O modelo de gestão adotado por eles é o participativo, e reúnem mensalmente para discutir pautas pertinentes (SANTOS et al., 2018).

Dados da própria associação demonstram que mais de 90% de suas áreas, que superam os 2 mil ha, são ocupadas por SAFs (PROJETO RECA, 2017).

Em estudo realizado por Silva (2018), no Ramal Baixa Verde, observado a existência de 67 áreas de sistemas agroflorestais, 76% delas com idade superior a 18 anos, e com pelo menos 4 espécies permanentes. Dos arranjos encontrados, em 19% permanece o modelo original de consórcio utilizado desde a criação do projeto, com cupuaçuzeiro (que estava presente em 73% dos arranjos) cuja produção é destinada para a agroindústria da cooperativa, pupunheira (76%) e castanheira (41%).

Este modelo, comparado aos demais já implantados no local, desde sua fundação, apresenta viabilidade financeira e ambiental, possibilitando a geração de renda na Amazônia (OLIVEIRA et al. 2016; SILVA et al. 2016; SANTOS, 2018).

De acordo com Franke et al. (2008), é comprovado que o modelo de organização socioeconômico do RECA contribuiu para a melhoria do sistema de produção, e valorização dos produtos, favorecendo a elevação da renda e melhorando a qualidade de vida das famílias produtoras.

2. 2 O CUPUAÇUZEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

O Cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng.) Schum], planta perene, que pertence à família Malvaceae, é originária da floresta nativa ao sul do rio Amazonas, e oeste do rio Tapajós (CUATRECASAS, 1964).

Segundo Kerr e Clement (1980), acredita-se que a planta tenha origem pré-colombiana e que os índios, além de iniciarem sua domesticação, também foram responsáveis pela disseminação da cultura em todos os Estados do norte brasileiro (Clement, 1999).

Naturalmente tolerante à sombra, a espécie se desenvolve bem em áreas de sub-bosque na floresta Amazônica, e em áreas de cultivo.

Na fase de formação de mudas, até o quarto ano após o plantio é recomendado o sombreamento de 50% (SILVA et al., 2007). Na fase adulta, essa condição é reduzida para em torno de 25%, característica que permite o consórcio do cupuaçuzeiro com outras culturas, de diferentes estratos, sem prejudicar seu desempenho (ALVES, 2012; ABDO et al. 2008; SOUZA et al., 2017; MOURA et al., 2015).

O cupuaçuzeiro é a espécie do gênero *Theobroma*, mais cultivada comercialmente no Brasil (MULLER et al., 2000), sendo bastante utilizada e recomendada para projetos de consórcios agroflorestais na Amazônia (ALMEIDA et al., 2014; SILVA, 2018; OLIVEIRA et al., 2016). E fatores importantes, como a morfologia, anatomia, ecologia, ciclo produtivo, etc., são determinantes para a escolha das culturas que serão consorciadas. É necessário “conhecer para combinar”².

A Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl), por exemplo, proporciona maior formação de serrapilheira no sistema; a competição radicular é evitada, pois esta essência florestal explorara maior profundidade de solo; e a ciclagem de nutrientes é favorecida, resultando no aumento da produção de cupuaçu. Segundo Oliveira et al. (2010), a combinação cupuaçuzeiro x castanheira x pupunheira x cafeeiro é, economicamente viável.

Outro modelo agroflorestal com bons resultados produtivos e financeiros é o avaliado por Gama (2003), com a interação entre o cupuaçuzeiro, a castanheira, a pimenteira-do-reino e a bananeira.

Sistemas agroflorestais com o Mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) podem tanto beneficiar o cupuaçuzeiro através do microclima criado no consórcio, quanto causar a mortalidade das plantas na fase inicial, devido à alta competitividade por água e nutrientes (ALVES et al., 2014; 2017). Considerando a complexidade das interações dentro de um SAF, os autores recomendam novos estudos e a utilização de irrigação.

² Dr. Tadário Kamel de Oliveira (Comunicação pessoal)

O consórcio com o Mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* K.) pode afetar, independente do espaçamento adotado, o desempenho vegetativo e produtivo do cupuaçuzeiro (BASTOS et al., 2017).

Segundo Jardim et al. (2004), após estudos no projeto Água Verde, em Barcarena, PA, tanto o Cedro (*Cedrela odorata* L.), quanto o Ingá-cipó (*Inga edulis* Mart), juntamente com a bananeira (*Musa* sp.) como fonte de sombreamento provisório, possibilitam ao cupuaçuzeiro, crescimento inicial uniforme e produção inicial média de 5,18 frutos. planta⁻¹. Os autores recomendam a realização de mais estudos, inclusive de análise financeira; e destacam um possível inconveniente do ingazeiro, devido as características de copa e crescimento rápido, podendo ocasionar sombreamento excessivo.

Outro consórcio considerado eficiente, apesar da concorrência nos primeiros anos, é a com o Taperebazeiro (*Spondias mombin* L.). Segundo Almeida et al. (2014), o crescimento vegetativo do cupuaçuzeiro não é prejudicado pela concorrência com a espécie nos primeiros anos de cultivo, e mesmo havendo redução na produção de frutos, devido ao sistema radicular mais competitivo da *S. mombin*, o consórcio é considerado eficiente, devido aos benefícios gerados no sistema.

Segundo Almeida et al. (2014), o taperebazeiro pode ser indicado como espécie para compor sistemas agroflorestais com plantas de cupuaçu, e recomenda que seja evitado o uso de espaçamentos inferiores à 30 m x 10 m. A menor mortalidade de plantas foi obtida na distância de 9,2 m de distância entre as espécies, e nula na distância de 13,4 m (testemunha). Bastos et al. (2017) recomenda o consórcio, porém indica a realização de estudos mais detalhados.

2. 2. 1 Cupuaçuzeiro em consórcio agroflorestal com a pupunheira

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae), é uma planta de natureza perene, que foi domesticada, melhorada e amplamente distribuída no período pré-colombiano por ameríndios das planícies úmidas dos neotrópicos (PATAFIO, 1963; CLEMENT; URPI, 1987).

Atualmente está distribuída deste a região Sul de Honduras, até a Bolívia Central; na Costa do Atlântico, encontra-se da América Central e Sul até São Luís, MA. E ao longo da Costa do pacífico, na Costa Rica e extremo Norte do Peru (ALMEYDA; MARTIN, 1980).

A *B. gasipaes* é uma palmeira que apresenta múltiplas funções e produtos ricos em nutrientes, que garantem a segurança alimentar e rendimento financeiro aos agricultores. E embora a maior parte do cultivo seja realizada por pequenos agricultores em sistemas agroflorestais, também são encontrados em cultivos solteiros (GRAETE et al., 2013).

A pupunheira inicia a produção de frutos entre o terceiro e quinto ano após o plantio, e seu ciclo de vida produtiva pode durar de 50 até 75 anos (PATINÃO, 2000; ARES et al., 2003; CORDERO et al., 2003).

Esta característica, somados ao acúmulo de biomassa durante o enchimento dos frutos, fazendo com que a espécie seja um importante reservatório de carbono (GRAETE et al., 2013); seu rápido crescimento inicial e moderada interceptação de luz, quando em espaçamentos adequados (CORDERO et al. 2003; CLEMENT et al. 2004); tornam alto, o seu potencial para uso em sistemas agroflorestais na Amazônia (SCHROTH et a., 2002).

Outra característica importante, e que segundo Carmo et al. (2003), possibilita o manejo racional da planta nos sistemas de cultivo, é sua distribuição radicular. Segundo os autores, suas raízes são pouco profundas e fasciculadas, com volume variando de acordo com o solo, manejo e idade das plantas.

De acordo com Ferreira et al. (1995), avaliando a distribuição radicular da planta em Latossolo Amarelo, com textura argilosa, verificou-se que 58% das raízes concentravam-se nos primeiros 20 cm do solo, e estendiam-se até 9 m de distância do caule.

Considerando o consórcio agroflorestal da palmeira com o cupuaçuzeiro como espécie principal, há estudos que apontam arranjos favoráveis e desfavoráveis para a produção de cupuaçu.

De acordo com Gasparotto et al. (1997), SAFs formados com cupuaçuzeiro x seringueira x pupunheira x mamoeiro, favorecem o crescimento em altura da cultura principal, fornecendo satisfatória cobertura de solo, retendo umidade por mais tempo, e reduzindo os efeitos de veranicos sobre as plantas.

De acordo com Lieberei et al. (2000), o cultivo de *B. gasipaes* com plantas de cupuaçu, urucum (*Bixa orellana* L.), castanha e a *Pueraria phaseoloides* é uma ótima opção para favorecer a ciclagem de nutrientes na Amazônia brasileira. Além disso, segundo Arco Verde et al. (2009), o consórcio com espécies adubadoras é importante em solos de baixa fertilidade e permite maior resposta na produção de cupuaçu.

Segundo Gondim et al. (2001), a maior parte das raízes secundárias do cupuaçuzeiro estão concentradas a 30 cm do solo. Esta característica, e considerando a profundidade e o raio de distribuição das raízes da pupunheira, que segundo relatos de produtores do Projeto Reça, formam uma estopa no solo (ANDRADE et al., 1999); fazem com que, dependendo do espaçamento utilizado, a combinação entre as espécies resulte em efeitos negativos sobre as plantas de cupuaçu.

Assim como foi relatado por Gama (2003), que segundo avaliação produtiva de 13 safras do cupuaçuzeiro, disposto em três tratamentos distintos, foi observado que a pupunheira foi a espécie que mais afetou negativamente, não apenas o cupuaçu, mas todas as culturas a ela associadas.

Segundo o mesmo autor, as variações produtivas, característica presente em todos os tratamentos avaliados, não apresentaram linha de tendência definida no tratamento em que a palmeira estava presente, indicando forte efeito da pupunheira sobre o rendimento do cupuaçuzeiro. O espaçamento utilizado foi de 6 m x 6 m, em arranjo com linhas alternadas de pupunha x banana e cupuaçu x pimenta-do-reino.

2. 3 ANÁLISES GEOESTATÍSTICAS NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Os primeiros estudos usando a geoestatística, datam de 1911, em avaliações sobre a variação produtiva em área de pequenos lotes, realizadas por W. B. Mercer e A. D. Hall. O método ganhou força em 1951, com os estudos em minas de ouro, realizadas por Daniel G. Krige, ao observar os ganhos de precisão das estimativas com dados de concentração do mineral ao considerar as amostras adjacentes, quando comparada com a análise a partir da variância (KRIGE, 1951; GREGO; OLIVEIRA, 2015).

Segundo Yamamoto e Landim (2013), a geoestatística é o estudo que, partindo da análise de uma variável de interesse, caracteriza sua distribuição e variação espacial.

De acordo com Bolfe (2006), a obtenção de dados por meio de geotecnologias, viabiliza estudos interdisciplinares sobre diagnósticos ambientais, subsidia a recuperação de áreas degradadas e o planejamento do uso do solo e dos recursos naturais.

Na contramão da estatística clássica, que necessita de normalidade e independência espacial entre os dados, pré-requisito que nem sempre é atendido, nos

estudos que envolvem as ciências agrárias. As ferramentas geoestatísticas consideram a correlação e a dependência espacial dos pontos amostrados (SRIVASTAVA, 1996).

Segundo Trangmar et al. (1985), amostras próximas tendem a ser mais semelhantes entre si, do que as mais distantes. A distância limite de dependência amostral, é determinada pelo alcance, um dos coeficientes do semivariograma teórico, que determina o comportamento espacial da variável estudada (YAMAMOTO; LANDIM, 2013; VIEIRA, 2000).

O semivariograma, importante ferramenta cuja função é identificar a variabilidade espacial entre os dados amostrados, baseada na hipótese intrínseca de similaridade entre amostras vizinhas, medindo o grau de semelhança entre elas (GREGO; OLIVEIRA; VIEIRA, 2014).

Na literatura, há uma vasta quantidade de trabalhos envolvendo análises geoestatísticas nas ciências agrárias, como: atributos do solo e desempenho produtivo de soja (DALCHIAVON et al., 2017; DALCHIAVON; CARVALHO, 2012); manejo de áreas degradadas (CARVALHO et al., 2017); cultivo de cacau em terra preta indígena (SILVA et al., 2016); Integração lavoura-pecuária (BERNARDI et al., 2017); atributos e produtividade do cafeeiro e qualidade do café (FERRAZ et al., 2017; SILVA; LIMA, 2012; SILVA et al., 2010); manejo, produtividade e atributos do solo em cultivo de cana-de-açúcar (GREGO et. al., 2019; DALCHIAVON et al., 2014; SOUZA et al., 2010); distribuição de carbono em silvipasto (CORREIA et al., 2014); efeito da luminosidade em SAF com cacauzeiro (FERREIRA et al., 2017); caracterização de SAFs (AMARAL, et al., 2018); distribuição de matéria orgânica em lavouras de algodão (atributos do solo em cultivo de sorgo (BERNARDI et al., 2014), citricultura (FARIAS et al., 2003), entre outros.

2.3.1 Variabilidade espacial do solo em sistemas agroflorestais

Métodos geoestatísticos como o semivariograma oferecem informações detalhadas e medidas quantitativas confiáveis para a caracterização e comparação de sistemas agroflorestais (CORREIA et al., 2014; AMARAL et al., 2018). Sendo capazes de verificar e modelar a dependência espacial de variáveis como carbono, fertilidade do solo e biomassa de herbáceas.

De acordo com Correia et al. (2014), em áreas de influência de copas de árvores (algaroba, juazeiro e umbuzeiro) sob o pasto de capim buffel, formam-se "ilhas de fertilidade", com maiores níveis de matéria orgânica e nutrientes na superfície do solo.

De acordo com Leite et al. (2015) através da krigagem, a avaliação da distribuição espacial possibilita o mapeamento da variação das frações lábeis e estáveis de matéria orgânica, assim como o seu comportamento e de outros nutrientes, podendo ser utilizados como referência para aplicações de fertilizantes em quantidades variadas de acordo com a necessidade da área (CARVALHO et al., 2018).

Outros trabalhos envolvendo análises geoestatísticas e sistemas agroflorestais evidenciam tanto a eficiência dos sistemas na recuperação de características físicas, químicas e biológicas do solo, em comparação à agricultura convencional, quanto a importância da prática na recuperação de áreas degradadas, aumento do estoque de carbono tanto no solo quanto na biomassa de plantas, demonstrando que, a partir da quantificação da relação solo-planta, a fertilidade pode ser revertida e ou prevenida, com a introdução e manejo de espécies arbóreas (BRACHTVOGEL et al., 2018; FERREIRA et al., 2017; MARINHEIRO, 2013; NOGUEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2009; SILVA, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no Ramal Baixa Verde em área de produtores associados ao Projeto Reflorestamento Econômico, Consorciado e Adensado - RECA, situado entre as coordenadas 9° 52' 26.1" S e 66° 36' 41.0" W, no Distrito de Nova Califórnia, RO, região próxima das divisas entre Acre, Amazonas e Rondônia.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é o equatorial quente e úmido (Aw). A média anual de precipitação é de 2.250 mm (Porto Velho), com estação seca acentuada de junho até agosto. A temperatura média é de 25,5 °C, podendo atingir temperatura máximas de 32 °C nas Chapadas e 35 °C nas planícies (SEDAM, 2016).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O consórcio agroflorestal avaliado possui 1 ha de área e foi instalado em 2006, em local com relevo plano e um Argissolo Vermelho-Amarelo plíntico.

A formação atual do sistema era composta pelas espécies cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), de origem genética variada e desconhecida; pupunheira (*Bactris gasipaes*); copaiba (*Copaifera sp.*) e andiroba (*Carapa guianensis*). As plantas estão dispostas de maneira intercalada e distribuídas regularmente, por unidade de área (Figura 1), de acordo com os espaçamentos descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Espaçamentos e espécies presentes no consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheira, Projeto Reça, ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia, 2019

ESPÉCIES	Densidade 1	Densidade 2
Pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i>)	24 x 12 m: 35 plantas ha ⁻¹	12 x 12 m: 69 plantas ha ⁻¹
Cupuaçuzeiro (<i>T. grandiflorum</i>)	6 m x 4 m: 312 plantas ha ⁻¹	6 m x 4 m: 277 plantas ha ⁻¹
Andiroba (<i>Carapa guianensis</i>)	12 x 24 m: 35 plantas ha ⁻¹	12 x 24 m: 35 plantas ha ⁻¹
Copaiba (<i>Copaifera sp</i>)	12 x 24 m: 35 plantas ha ⁻¹	12 x 24 m: 35 plantas ha ⁻¹

As culturas implantadas de forma temporária, para proporcionar geração de receitas, nos anos iniciais do sistema, foram, a pupunha para produção de palmito

(cultivada por nove anos) e banana (*Musa sp.*) (até o quarto ano). O sistema foi instalado em área anteriormente ocupada por pastagem.

As etapas de preparo iniciaram com a coleta de amostras de solo, seguida da limpeza do terreno, por meio de destoca com trator, gradagem, catação de raízes e posterior nivelamento com grade.

Nos dois primeiros anos, foram realizadas capinas mecânicas e químicas com roçadeira e aplicação de herbicidas, três vezes ao ano. A partir do terceiro ano, até o décimo, a roçagem foi anual. E atualmente é feita somente quando necessário.

Cada espécie foi submetida a tratos culturais específicos, especialmente o cupuaçuzeiro, que recebeu calagem localizada (1 kg planta⁻¹ na cova antes do plantio); podas de formação, manutenção e fitossanitárias; adubação mineral (superfosfato triplo: 70 g planta⁻¹; e cloreto de potássio: 70 g planta⁻¹, no quarto e quinto anos, e o dobro desta quantidade do oitavo ao décimo). Também foi realizada adubação orgânica em cobertura no quinto, oitavo, nono ano e em 2017, com 7 kg planta⁻¹ de torta de cupuaçu (resíduo da prensagem das sementes para extração da gordura vegetal).

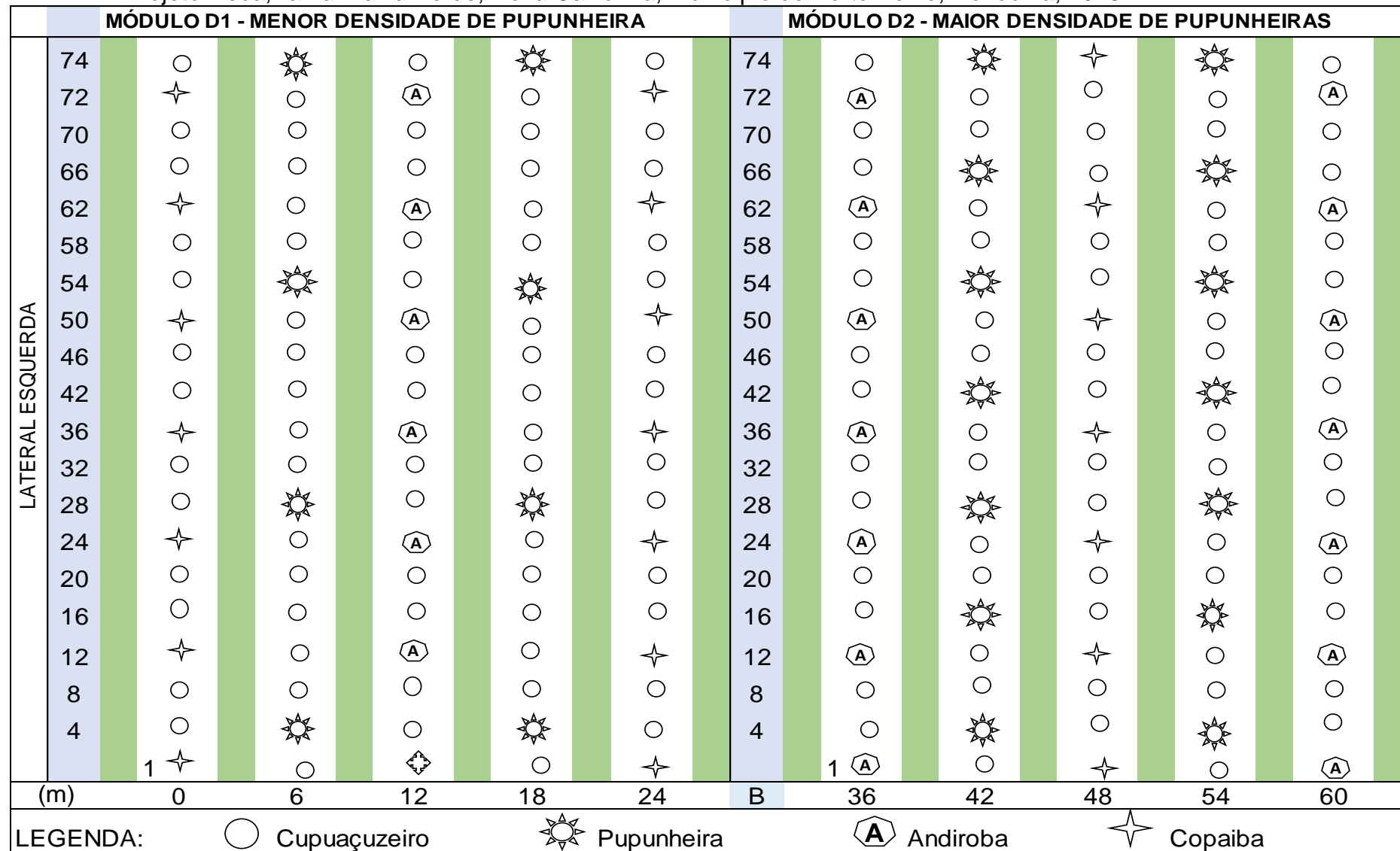
Nas pupunheiras também foram aplicados insumos, nas mesmas épocas de aplicação do cupuaçuzeiro, sendo a calagem na mesma quantidade, 140 g planta⁻¹ de superfosfato triplo e 280 g planta⁻¹ de cloreto de potássio. Nas pupunheiras visando a produção de palmito e bananeiras não foi realizada adubação, sendo conduzidas com desbastes e colheita até o quarto ano do sistema, no caso da bananeira e até o nono ano a finalização do corte de todas as plantas de pupunha para produção de palmito.

3. 2 ÁREA EXPERIMENTAL

Para a realização do estudo, foi demarcada área experimental de 0,444 ha, que foi dividida em dois módulos (MD1 e MD2) distintos pela densidade de pupunheiras, conforme a Figura 1, sendo o módulo MD1 a área com menor adensamento, devido ao raleio de algumas das plantas.

Cada planta foi georreferenciada, com auxílio de aparelho portátil de GPS - Sistema de Posicionamento Global, modelo GPSMAP 76CSx.

Figura 1 - Croqui representativo do arranjo nos dois módulos do consórcio agroflorestral com diferentes densidades de pupunheira, Projeto Reça, ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia, 2019



3.3 VARIÁVEIS DO CUPUAÇUZEIRO ANALISADAS

As variáveis foram mensuradas no período de fevereiro até agosto de 2018. Foram coletados os dados de porte e produtividade do cupuaçuzeiro, luminosidade e amostras de solo.

3.3.1 Características produtivas

Na primeira semana de fevereiro, deu-se início à coleta e pesagem semanal da produção. Os frutos caídos de cada planta, foram pesados em sacos de fibra, com auxílio de mini balança portátil, modelo MS-DS03D, com capacidade de até 40 kg.

A atividade foi realizada até a última semana de maio do mesmo ano. No final de março até abril, época em que a maior parte dos frutos atingem a maturação, realizou-se a atividade duas vezes por semana. As variáveis analisadas foram:

- O número total de frutos por planta - NTF;
- A massa total de frutos sadios, por planta - MTF (em kg planta⁻¹);
- A massa média dos frutos sadios - MMF (kg fruto⁻¹) pela equação:

$$MMF = \frac{MTF}{NTF}$$

3.3.2 Porte

Altura de plantas - AT (m): com auxílio de régua graduada de 8 metros. Foi medido a altura total dos cupuaçuzeiros a partir do solo, até o ápice de suas copas.

Circunferência do tronco - CT (cm): mediu-se a circunferência abaixo da primeira tricotomia de cada cupuaçuzeiro, utilizando fita métrica.

Área da copa - AC (m²): através da medição do diâmetro da copa do cupuaçuzeiro na linha (DCL) e na entrelinha (DCE), com ajuda de trena métrica de 50 metros. Obteve-se os valores da variável, por meio da equação:

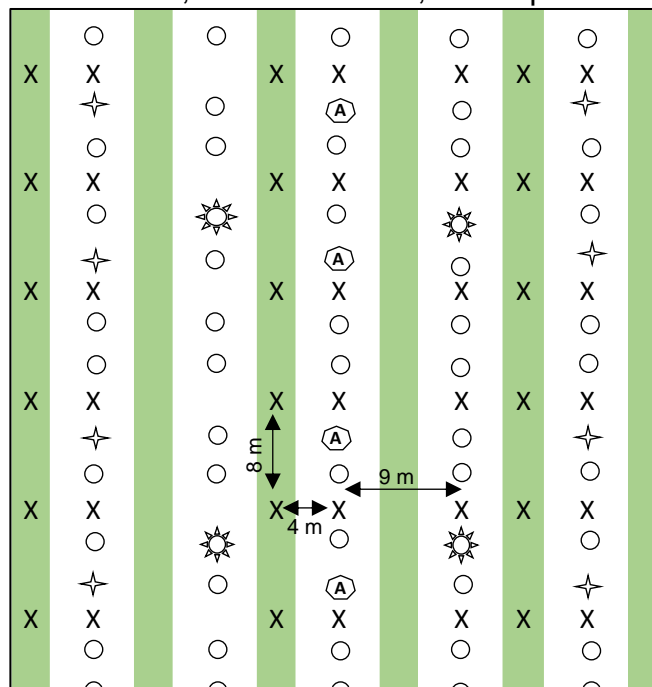
$$AC = \frac{\pi \times DCL \times DCE}{4}$$

Considerando a variação da densidade de indivíduos de pupunha entre os módulos e também de desenvolvimento das arbóreas, realizou-se a mensuração do porte das espécies florestais e da palmeira consorciadas, quanto à sua altura (utilizando Blume leis ALTIMeters), circunferência do tronco e área de copa.

3.3.3 Granulometria e atributos químicos do solo

Para avaliação física e química do solo, foram coletadas 150 amostras, na profundidade de 0 a 20 cm, considerando a área como um todo. A malha utilizada foi de 8 x 9 m, com fileira dupla de 3 m de distância, conforme descrição na Figura 2. As duas primeiras linhas de plantas foram consideradas bordadura.

Figura 2 - Representação do esquema de amostragem dos pontos de solos e luz, em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019



Depois de coletadas, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Embrapa Acre, em Rio Branco, AC, onde foram obtidos os teores de fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), acidez ativa (pH em água), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e total (CTC a pH 7,0), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). Além da granulometria (teores de areia, silte e argila), segundo metodologia proposta por Donagema et al. (2011), com algumas adaptações.

3.3.4 Radiação fotossinteticamente ativa (PAR)

A luminosidade foi avaliada em agosto de 2018, na amostragem, foi usada a mesma malha do solo. Utilizou-se um medidor de luz, modelo LI-250, acoplado a um sensor quantômetro, modelo LI-190SA, ambos da LI-COR®. Os dados foram coletados a 50 cm de altura do solo, com permanência de 15 segundos em cada ponto, tempo necessário para apuração da média de fluxo de fótons. Foram amostrados 165 pontos.

3.4 DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Inicialmente, foi realizada análise exploratória dos dados de todas as variáveis, com finalidade de observar o comportamento destas, em relação às suas respectivas médias. Foram mensuradas, as medidas de posição (média, mediana), de dispersão (desvio padrão) e de forma da distribuição (coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose). Além do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade.

3.4.1 Análises geoestatísticas

Os atributos de solo e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foram avaliadas por meio de geoestatística, pressupondo-se a confirmação da hipótese intrínseca de similaridade.

Com o auxílio do programa ARC GIS 9.2, desenvolvido pela Environmental Systems Research Institute (ESRI®) de Redlans, Califórnia (ESRI, 2006); a semivariância foi estimada, conforme equação descrita por Vieira (2000), assim como o semivariograma:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde:

N(h) = número de pares experimentais de dados separados por uma distância h;
 Z(x_i) = valor determinado em cada ponto amostrado;
 Z(x_i + h) = valor medido em um ponto mais a distância h.

Para descrever a estrutura de dependência espacial, o semivariograma foi ajustado ao modelo matemático esférico. Uma vez realizado o ajuste, foram definidos os coeficientes teóricos do semivariograma, ou seja, o efeito pepita (C_0), que representa a descontinuidade na origem do variograma, e indica possíveis erros de amostragem ou de medidas; o patamar, nível de variabilidade onde o variograma estabiliza; soleira (C), variância de dispersão espacial; o alcance de dependência espacial (a), que consiste na amplitude do variograma, ou seja, a distância máxima em que a variabilidade é atingida, e há dependência espacial (COUTO et al., 2000; GREGO; OLIVEIRA, 2015).

O grau de dependência espacial (GDE), que é a proporção, em percentagem da variância estrutural (C) em relação ao patamar (C_0+C) (JOURNEL, 1979), foi calculado, conforme a equação:

$$GDE = \frac{C}{C + C_0}$$

Onde:

GDE = grau de dependência espacial;

C = valor da variância estrutural; e

$C + C_0$ = patamar.

Os valores calculados para o GDE foram agrupados segundo a classificação utilizada por Zimback (2001), que estabelece: $GD < 25\%$ – fraca dependência espacial; GDE entre 25% e 75% – moderada dependência espacial; e $GD > 75\%$ – forte dependência espacial.

Na etapa seguinte, com o objetivo de estimar valores em pontos não amostrados, sem tendência, e com variância mínima, realizou-se a interpolação por meio de krigagem (GREGO; VIEIRA, 2005; VIEIRA et al.; 2012).

Observada a existência de dependência espacial definida pelo variograma, os valores estimados foram utilizados para construção dos mapas de isolinhas, de acordo com os valores estabelecidos para cada variável.

3. 4. 2 Análises utilizando estatística clássica

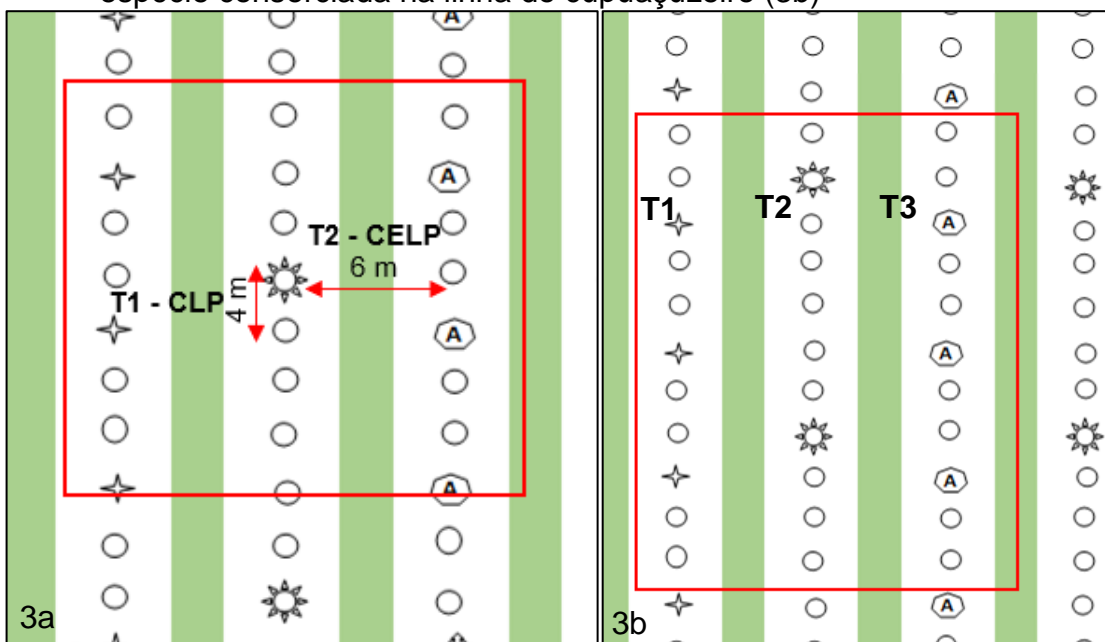
As características de porte e desempenho do cupuaçuzeiro foram, primeiramente, avaliadas quanto ao efeito das densidades de pupunheira sobre a cultura. Para isso,

foram selecionadas 12 plantas de cada módulo estudado (com menor densidade de pupunheiras - MD1: 35 plantas ha^{-1} ; e com maior densidade - MD2: 69 plantas. ha^{-1}). Cada planta foi considerada uma repetição, e as médias dos tratamentos foram submetidas à comparação pelo Teste t de Student, a 5% de probabilidade.

Na variável área de copa (AC), foi realizada transformação de dados em raiz (x), para que o pressuposto de normalidade dos dados, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de probabilidade, fosse atendido. Outra transformação necessária foi nos dados de massa média dos frutos (MMF) para $\text{cosec}(x)+1$.

Para avaliar a influência das plantas de pupunha em duas distâncias do cupuaçuzeiro, as variáveis foram submetidas a análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade. O delineamento utilizado na avaliação foi o inteiramente casualizado, com 2 tratamentos e 12 repetições. Em que T1 representou o cupuaçuzeiro na linha da pupunheira - CLP: 4 metros de distância; e T2 o cupuaçuzeiro na entrelinha da pupunheira - CELP: a 6 metros de distância (Figura 3a).

Figura 3 - Representação esquemática dos tratamentos estudados, de acordo com a posição do cupuaçuzeiro em relação à pupunheira (3a) e de acordo com a espécie consorciada na linha do cupuaçuzeiro (3b)



CLP, cupuaçuzeiro na linha da pupunheira; CELP, cupuaçuzeiro na entrelinha da pupunheira; T1, Tratamento com cupuaçuzeiros na linha da copaíba; T2, Tratamento com cupuaçuzeiros na linha da pupunheira; T3, Tratamento com cupuaçuzeiros na linha da andiroba.

3. 4. 3 Análise de componentes principais

Com o intuito de verificar os efeitos das espécies consorciadas (Andiroba, Copaíba e Pupunheira), na linha do cupuaçuzeiro (Figura 3b) sobre as variáveis desta cultura, nos dois módulos. Além de identificar quantas e quais características mais influenciaram na diferenciação de cada tratamento. Realizaram-se estudos de análise de componentes principais (CP), utilizando as médias das características, altura total de plantas (AT), área da copa (AC), circunferência do tronco (CT), número total de frutos por planta (NTF), massa total de frutos por planta (MTF), massa média de frutos por planta (MMF), individualmente, conforme metodologia utilizada por Cruz (2006a).

Posteriormente, estimaram-se as distâncias generalizadas de Mahalanobis, entre os grupos de cupuaçuzeiros cultivados nas linhas de cada uma das três espécies arbóreas do consórcio, considerando as seis características do cupuaçuzeiro que foram mensuradas.

Utilizou-se ainda, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa desses caracteres para fins de divergência, utilizando-se o programa estatístico Genes (CRUZ, 2006b).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

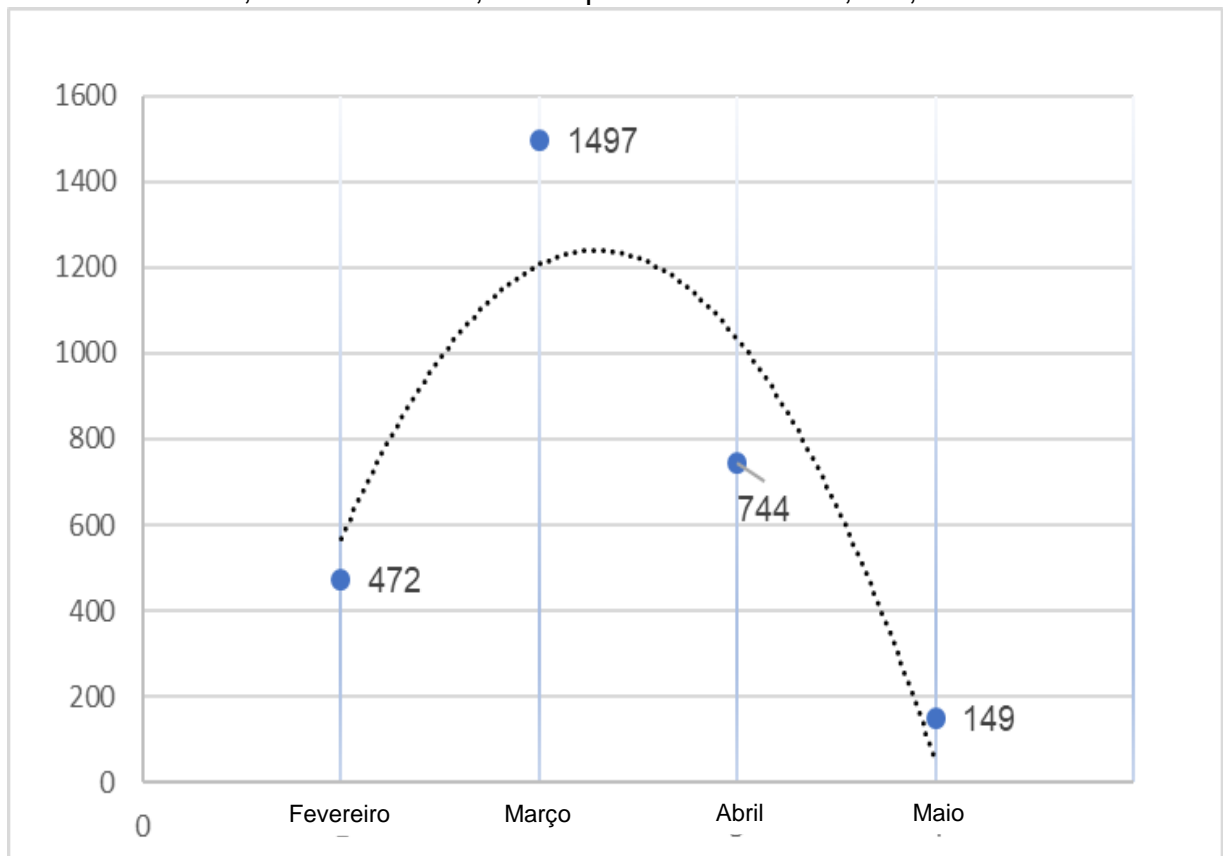
Conforme a Figura 3, pode-se observar que a maturação crescente dos frutos ocorreu até atingir um ponto máximo, que na região, ocorre geralmente em março (SOUZA et al., 2011; SILVA, 2018; BERKEMBROCK; SANTOS, 2018¹).

Nos meses seguintes, o número de frutos coletados reduziu, e em maio a safra foi finalizada.

Ao todo, foram coletados 2862 frutos, com média de 22 frutos planta⁻¹, valor superior à média estimada para solos com baixa fertilidade, de 12 cupuaçu por planta, segundo Muller et al. (1995).

O número de frutos brocados foi contabilizado, porém, a quantidade identificada, no período da safra, foi insignificante.

Figura 4 - Distribuição mensal da produção de cupuaçu em consórcio agroflorestal, com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019



Nas tabelas 2 e 3 seguem a análise descritiva das variáveis estudadas. Nestas, pode-se observar que, em todos os parâmetros, exceto radiação fotossinteticamente ativa, nos dois módulos, e saturação por alumínio (m%) somente no MD1 (Tabela 3), os valores da média e mediana estão ligeiramente próximos, indicando simetria na distribuição dos dados.

Quanto ao coeficiente de afastamento da assimetria (CA), obteve-se valores negativos (ou seja, assimetria à esquerda) para circunferência do tronco (CT), massa média dos frutos (MMF), acidez potencial (H+Al) e saturação de bases (V%) no módulo das duas densidades. Magnésio (Mg) apresentou distribuição negativa somente no MD1. As demais variáveis apresentam distribuição assimétrica à direita (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Análise descritiva das variáveis de porte e produtividade do cupuaçuzeiro, atributos do solo e radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019 (Módulo D1)

Variáveis	Média	Md.	Mín.	Máx.	DP	CV	CA	CR	KS
AC (m ²)	24,18	23,50	6,33	62,74	8,88	36,7	1,12	4,29	0,10*
AT (m)	4,67	4,65	2,40	6,80	0,93	20	0,06	-0,32	0,10*
CT (cm)	30,30	30,80	3,40	56,10	7,97	26,3	-0,42	2,39	0,01*
NTF (frutos planta ⁻¹)	22,29	17,50	0	54,00	15,27	69	0,41	-1,05	0,14 ^{ns}
MTF (kg planta ⁻¹)	23,12	17,36	0	77,38	16,41	71,01	0,70	0,23	0,14 ^{ns}
MMF (kg fruto ⁻¹)	1,00	1,00	0	1,70	0,312	31,1	-1,10	3,62	0,17 ^{ns}
PAR (μmol s ⁻¹ m ⁻²)	679,39	245,8	27,82	1527,5	633,43	93,24	0,26	-1,85	0,26 ^{ns}
Ph	5,21	5,17	4,48	6,25	0,32	6,27	1,09	1,94	0,11 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	5,08	1,34	0	65,11	12,51	246,37	4,00	15,81	0,38 ^{ns}
K (cmol _c dm ⁻³)	0,24	0,17	0,02	1,09	0,18	75,47	3,04	11,32	0,21 ^{ns}
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,51	3,41	0,96	7,38	1,44	40,9	0,71	0,35	0,09 ^{ns}
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9	1,92	0,57	3,25	0,6	31,88	-0,08	-0,52	0,08*
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,09	0	1,95	0,47	155,67	2,04	3,42	0,26 ^{ns}
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,01	3,05	0,97	4,65	0,89	29,55	-0,31	-0,44	0,07*
CTC _{pH7} (cmol _c dm ⁻³)	8,62	8,67	6,29	12,2	1,33	15,43	0,04	-0,4	0,07*
SB (cmol _c dm ⁻³)	5,6	5,79	1,89	9,50	1,79	31,99	0,01	-0,47	0,08*
V (%)	62,6	63,16	0,56	90,05	15,67	25,04	-1,00	2,35	0,11 ^{ns}
m (%)	7,08	1,66	0	65,91	13,69	174,02	2,42	5,67	0,28 ^{ns}
MO (g kg ⁻¹)	22,6	21,19	15,43	65,08	6,74	29,85	4,06	22,82	0,19 ^{ns}
Argila (g kg ⁻¹)	323,19	316	154	652	58,27	18,03	2,83	16,37	0,20 ^{ns}

AC, área da copa; AT, altura total de plantas; CT, circunferência do tronco; NTF, número total de frutos; MTF, massa total de frutos; MMF, massa média de frutos; DP, desvio padrão da média; CV (%), coeficiente de variação; CA, coeficiente de assimetria; CR., curtose; KS, teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns, não significativo ($p > 0,05$).

A amplitude de variação detectada, observada pela diferença entre os valores de máximo e mínimo, além de refletir na assimetria, segundo Isaaks e Srivastava (1989), é sensível às variações extremas da média, mediana e desvio padrão.

Esta amplitude, também resultou em altos valores de CV na maioria das variáveis, exceto pH, cujo coeficiente de variação foi, segundo Ferreira (1991), de excelente precisão ($CV < 10\%$) nos módulos D1 e D2 (Tabelas 2 e 3). Classificação semelhante foi observada nos trabalhos de Bernardi et al. (2014; 2017) e Silva et al. (2010).

Teor de argila e Ca obtiveram a mesma classificação no MD2 (Tabela 4). Valores considerados muito altos de dispersão (CV) para P, K, Al, Ca e m% também foram encontrados por Zucoloto et al. (2011).

Tabela 3 - Análise descritiva das variáveis de porte e produtividade do cupuaçuzeiro, atributos do solo e radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019 (Módulo D2)

Variáveis	Média	Md.	Mín.	Máx.	DP	CV	CA	CR	KS
AC (m ²)	26,57	25,32	8,89	52,99	8,48	31,9	0,72	1,40	0,09*
AT (m)	4,61	4,50	3,20	6,70	0,63	17,35	0,31	-0,35	0,08*
CT (cm)	33,15	33,00	10,40	54,00	6,61	19,93	-0,13	2,59	0,09*
NTF (frutos planta ⁻¹)	21,37	21	0	54	14,3	66,92	0,44	-0,64	0,12 ^{ns}
MTF (kg planta ⁻¹)	21,25	21,21	0	59,76	13,84	65,12	0,52	-0,23	0,08*
MMF (kg fruto ⁻¹)	1,01	0,97	0	1,91	0,35	34,76	-0,3	2,55	0,17 ^{ns}
PAR ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$)	551,03	207,55	38,18	1583,1	571,16	103,65	0,76	-1,17	0,24 ^{ns}
pH	4,9	4,92	4,32	5,57	0,20	4,09	0,19	1,61	0,10*
P (mg dm ⁻³)	1,42	1,12	0	14,05	1,81	127,15	4,77	29,89	0,25 ^{ns}
K (cmol _c dm ⁻³)	0,18	0,14	0,08	1,41	0,16	84,97	6,39	49,1	0,26 ^{ns}
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,35	1,99	0,61	27,4	2,91	8,47	8,11	69,99	0,32 ^{ns}
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,28	1,19	0,45	2,53	0,44	33,72	0,70	0,3	0,11 ^{ns}
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,91	0,75	0,03	2,68	0,65	71,74	0,84	-0,04	0,13 ^{ns}
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,06	4,11	2,02	5,79	0,75	18,58	-0,18	0,27	0,05*
CTC _{pH7} (cmol _c dm ⁻³)	7,88	7,54	5,68	32,28	2,86	36,33	7,87	67,3	0,10 ^{ns}
SB (cmol _c dm ⁻³)	3,83	3,42	1,41	28,68	3,014	78,59	7,13	58,37	0,27 ^{ns}
V (%)	42,63	43,89	0,81	88,04	15,17	35,58	-0,29	1,14	0,07*
m (%)	25,06	21,54	0,46	76,36	18,15	72,45	0,69	-0,33	0,12 ^{ns}
MO (g kg ⁻¹)	20,01	19,53	13,35	30,07	3,36	16,78	0,60	0,29	0,09*
Argila (g kg ⁻¹)	328,31	329	239	525	32,28	9,83	2,53	16,69	0,15 ^{ns}

AC, área da copa; AT, altura total de plantas; CT, circunferência do tronco; NTF, número total de frutos; MTF, massa total de frutos; MMF, massa média de frutos; DP, desvio padrão da média; CV (%), coeficiente de variação; CA, coeficiente de assimetria; CR., curtose; KS, teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns, não significativo ($p > 0,05$).

O maior valor de desvio padrão da média, foi verificado na PAR, nos dois módulos (Tabelas 3 e 4) o que pode ser justificada, segundo Silva (2018), pela influência de fatores como: período e época do ano, copa das árvores, o estrato que a planta ocupa, arranjo entre espécies etc.

A curtose foi classificada como de distribuição leptocúrtica, ou seja, o gráfico de distribuição possui curva mais fechada ($CR < 0,263$), nas variáveis, altura de plantas (AT), número total de frutos (NTF), massa total de frutos (MTF), luminosidade, Mg, H+Al (somente em MD1), CTC_{pH7} e SB, as demais classificaram-se como platicúrtica ($CR > 0,263$) ou seja, o arranjo é mais agudo que o normal (Tabelas 2 e 3).

Os dados referentes às variáveis de porte, obtiveram distribuição normal, nos dois módulos, assim como a acidez potencial (H+Al) (Tabelas 2 e 3). O pH, a MTF, V% e MO, foram significativos no MD2 (Tabela 3), enquanto Mg, CTC_{pH7} e SB foram no MD1 (Tabela 2), segundo Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade. Segundo Vieira (2000), mesmo que não haja distribuição normal dos dados, a geoestatística ainda pode ser aplicada.

4.1 ATRIBUTOS DO SOLO E RADIAÇÃO FOTOSSINTÉTICAMENTE ATIVA

Na tabela 4, estão dispostos os parâmetros da semivariância e respectivos graus de dependência espacial. O modelo teórico esférico foi ajustado a todos atributos avaliados, uma vez que, seja considerado o que melhor se ajusta às variáveis de solo (ARZENO et al., 2014; GREGO; VIEIRA, 2005; GREGO et al., 2012; SIQUEIRA et al., 2009).

Os resultados da análise geoestatística mostraram, que todas as variáveis estudadas apresentavam grau de dependência espacial classificado como moderado, com exceção de matéria orgânica e radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 4), que obtiveram fraca dependência (CAMBARDELLA et al., 1994; ZIMBACK, 2001).

Em seus estudos sobre variabilidade espacial dentro de consórcio agroflorestral com cupuaçuzeiro, bacaba e pupunheira, Silva (2018) obteve graus de dependência fraca para teor de potássio no solo e GDE moderado para as demais variáveis.

O efeito pepita, que representa variações do semivariogramas em distâncias menores do que a menor distância entre amostras, variou de 0,56 a 0,92 (Tabela 4). Segundo Vieira (2000), quanto mais próximo de zero, maior é a precisão da análise de dependência e do processo de amostragem.

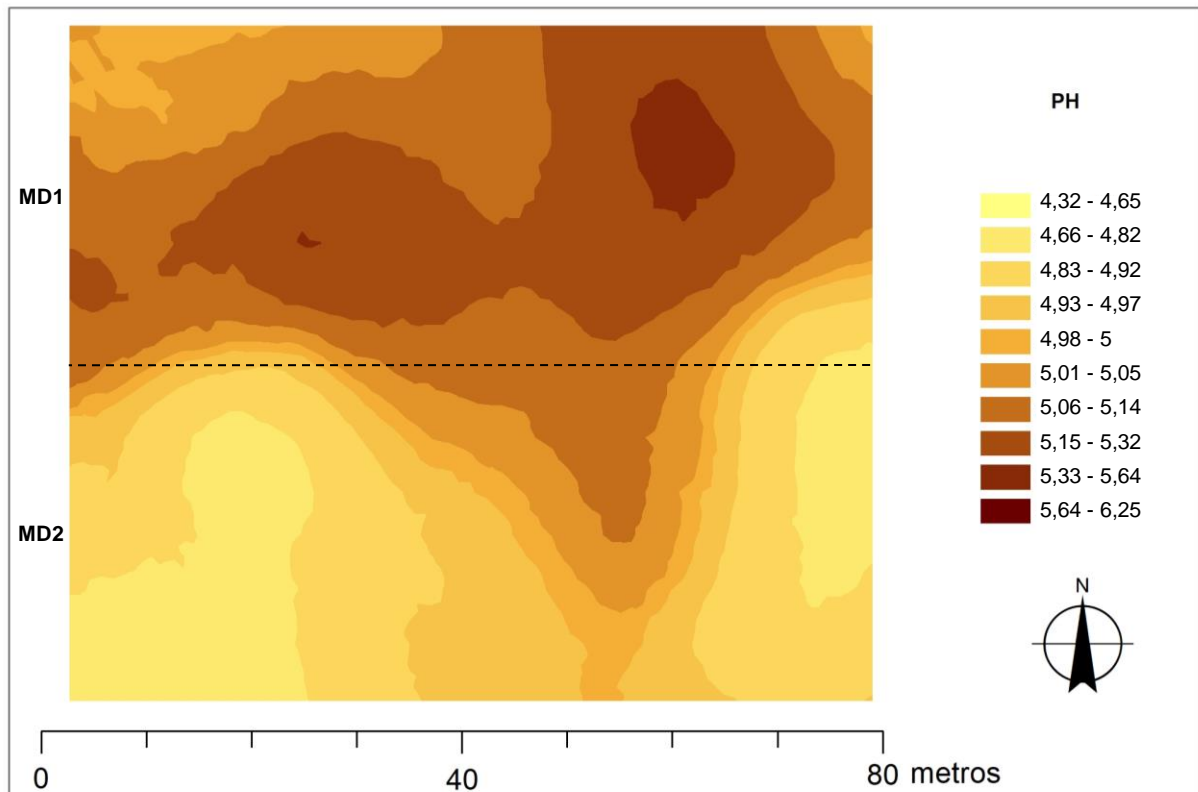
Tabela 4 - Parâmetros da semivariância e grau de liberdade dos atributos do solo e PAR em SAFs com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019

Variáveis	C ₀	C ₀ +C	a (m)	GDE	
				(%)	Classe
PAR	0,92	0,99	28,20	7,07	Fraca
Ph	0,58	0,99	33,76	41,41	Moderada
P	0,81	1,25	21,50	35,20	Moderada
K	0,73	0,99	19,75	26,26	Moderada
Ca	0,63	0,92	40,93	31,52	Moderada
Mg	0,69	1,03	35,87	33,01	Moderada
Al	0,62	1,01	39,33	38,61	Moderada
H+Al	0,56	1,00	39,30	44,00	Moderada
SB	0,73	1,04	39,79	29,81	Moderada
CTC_{ph7}	0,68	1,00	35,33	32,00	Moderada
V	0,57	1,00	38,65	43	Moderada
m	0,57	1,03	39,10	44,66	Moderada
MO	0,74	0,98	38,40	24,49	Fraca
Argila	0,72	1,05	33,76	31,43	Moderada

C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; a: alcance; GDE: grau de dependência espacial

O maior alcance obtido foi o de teor de cálcio. Segundo Botegga et al. (2013), isso significa que entre os atributos avaliados, este foi o que apresenta menor variabilidade espacial. O menor alcance observado foi o de K⁺, em que a distância superou a estabelecida na malha amostral, cujo valor máximo foi 9 m. Este resultado, demonstrou a eficiência da malha e a confiabilidade das estimativas obtidas pela krigagem, fornecendo mapas que representam melhor a dependência espacial da área (CORÁ et al., 2004; SOARES et al., 2018).

Figura 5 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da pH no solo (0 - 20 cm) em SAF com diferentes densidades de pupunheira, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



Os resultados observados para pH do solo (Figura 5), estão abaixo da faixa recomendada para a cultura. Segundo Venturiei et al. (1993), os valores ideais estão entre 6 e 6,5.

Segundo Amaral et al. (2000), os Argissolos Vermelho-Amarelos dos sistemas agroflorestais do RECA, são altamente ácidos, com variação entre 4,0 a 5,0. Neste estudo, os resultados variaram de 4,32 a 5,64, que segundo Sousa et al. (2007), classificam-se como, acidez muito elevada (<4,5) e moderada.

O módulo com maior adensamento (MD2) obteve maiores níveis de acidez ativa (Figura 5). Ao medir o pH do solo, pode-se obter indicações sobre a disponibilidade de micronutrientes, níveis de Al^{3+} , atividade biológica, etc.

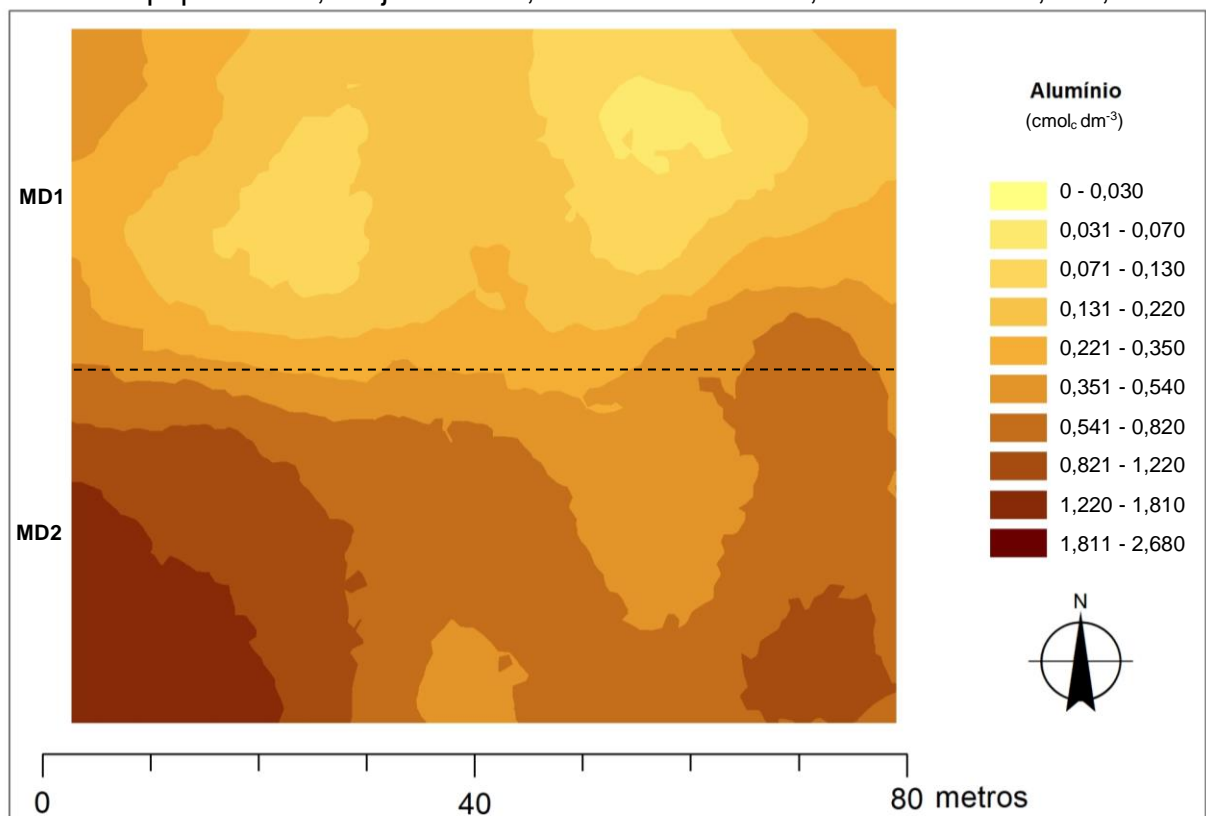
Na Figura 6 pode-se observar que o módulo D2 apresenta maiores teores de alumínio trocável (Al^{3+}) variando de baixa a alta acidez trocável (0,35 a 2,68 $cmol_c\ dm^{-3}$).

Em níveis altos, o alumínio intoxica as plantas, inibi o desenvolvimento radicular, e influencia na disponibilidade de outros nutrientes e, em processos como, a mineralização da matéria orgânica, por exemplo. No entanto, diferente de outros solos da Amazônia, os da Formação Solimões, são em grande parte férteis, e

conciliam a alta atividade de argila, elevados teores de Ca, Mg^{2+} à níveis de acidez ativa e trocável altas, porém com Al^{3+} com menor atividade na solução, o que anula sua fitotoxicidade (SOBRAL et al., 2015; SOUSA et al., 2007; WADT et al., 2010).

No MD1 as variações foram entre 0 a $0,82 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 6), corroborando com a análise de Costa (2006), de que onde os valores de pH aproximaram-se de 5,0 os valores de alumínio aproximam-se de zero, e a solubilidade do Al é mínima.

Figura 6 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de alumínio (Al^{3+}) no solo (0 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



A saturação por alumínio de maneira geral, conforme seu mapa de distribuição (Figura 7) apresentou valores que variaram de baixa ($m\% < 30$), média ($30 < m\% > 50$) até alta saturação ($m\% > 50$), este último foi observado no módulo D2, onde pode-se identificar zonas com até 76% de saturação.

Segundo Sousa et al. (2007), a $m\%$ é um bom indicador da presença de acidez no solo e justifica possíveis efeitos negativos sobre as plantas. Tanto, que considerando as tendências dos mapas das figuras 4 e 5, pode-se notar que nos locais onde o pH foi superior a 5, o teor de Al^{3+} foi menor, e a saturação por Al (Figura 6) foi inferior a 10%, concordando com os resultados do trabalho de Gonzales-Erico (1976),

Figura 7 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação de alumínio (m%) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

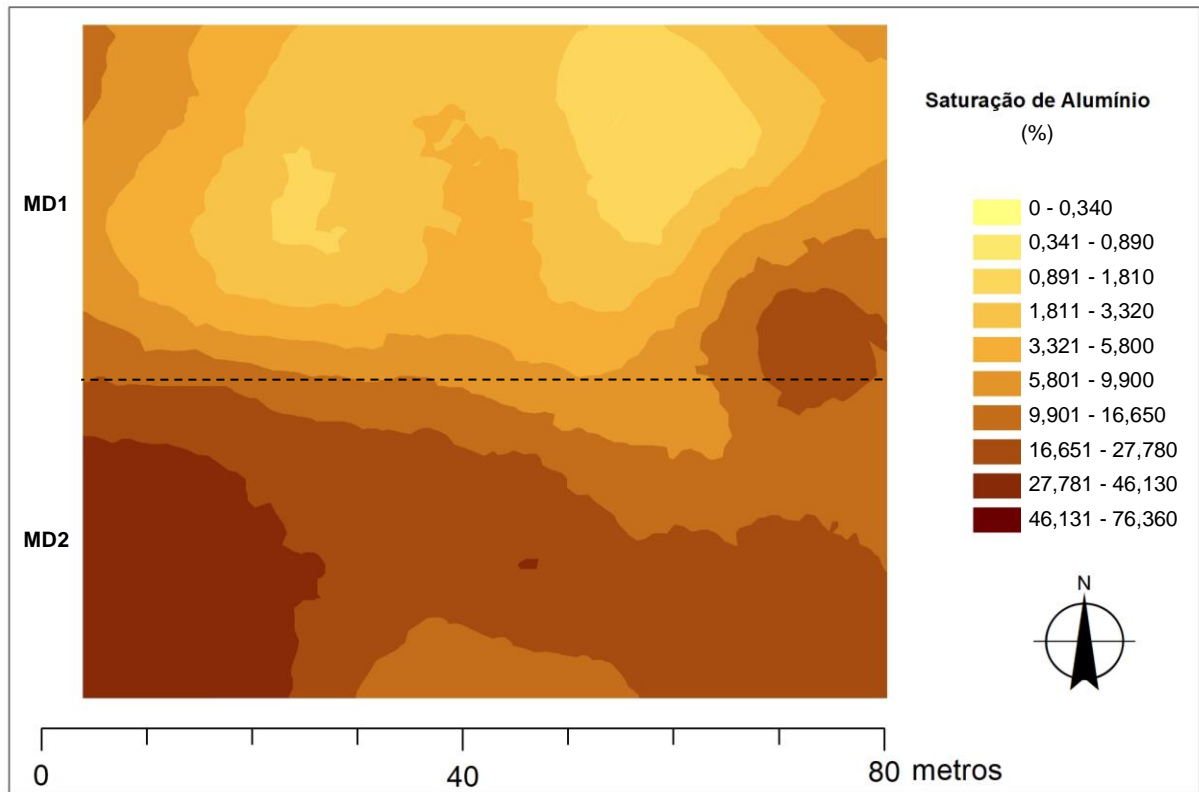
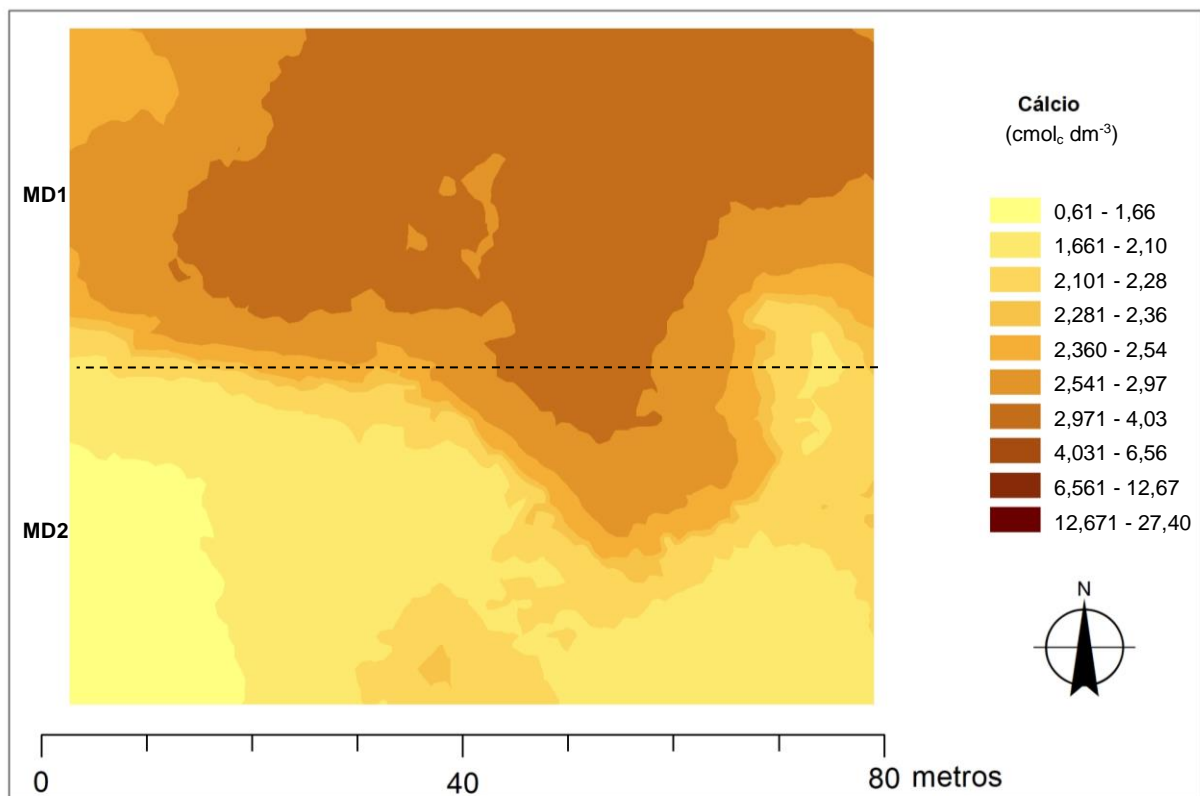


Figura 8 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de cálcio (Ca^{2+}) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



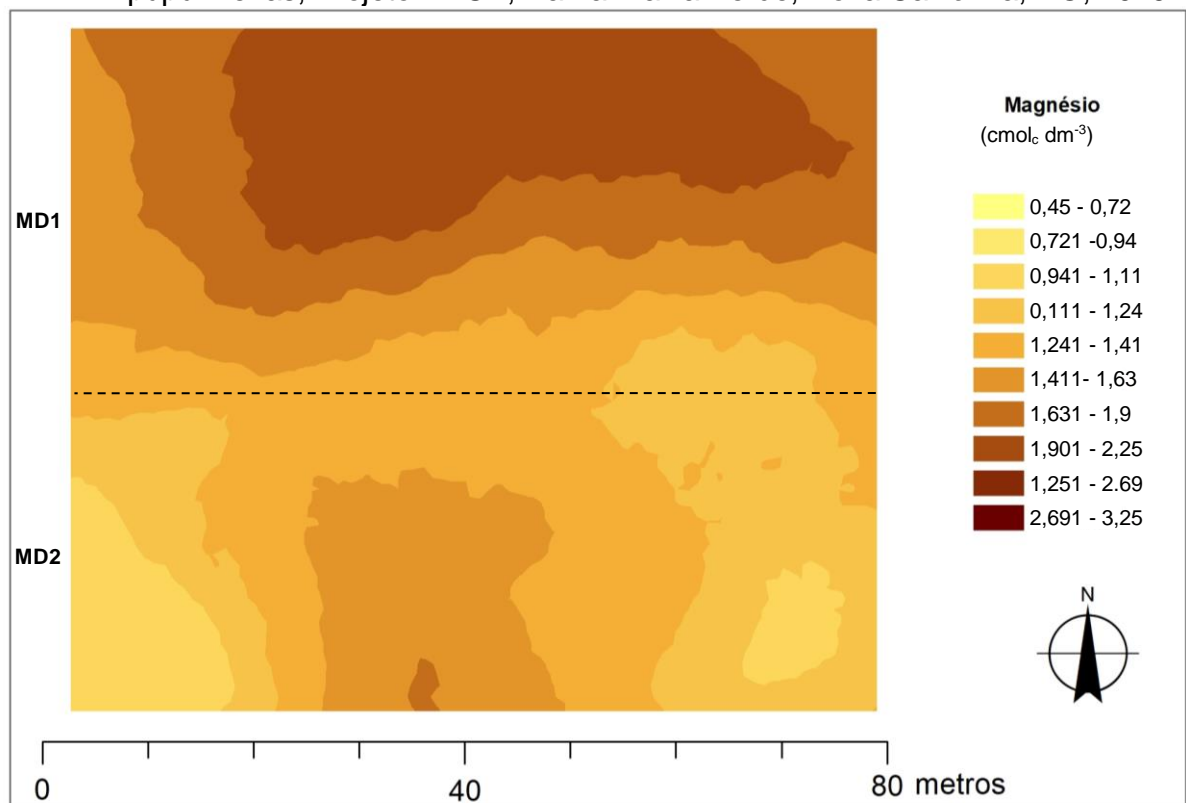
No que concerne ao Ca^{2+} (Figura 8) de maneira geral, as concentrações foram classificadas como médias ($0,4$ a $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (COCHRANE et al., 1984).

Há maior disponibilidade do nutriente na área com menor densidade de pupunheiras (MD1), o mesmo pode ser observado nos mapas de distribuição de Mg^{2+} (Figura 9), corroborando com os resultados obtidos por Silva (2018), em análise de consórcio de cupuaçuzeiro com pupunheira e bacabeira, em que foi observado maiores teores dos nutrientes e também do K, nas áreas com pH mais elevado.

Os teores de Mg^{2+} variaram de $0,45$ a $3,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 9), valores que são classificados como médios ($0,4 < \text{Mg} < 1,0$) e muito alto ($\text{Mg}^{3+} > 1,0$) (SOBRAL et al., 2018). Na maior parte da área, os teores superaram $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com exceção de algumas manchas detectadas no módulo D2.

Os padrões de ocorrência observados nos valores de pH, Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} demonstram a relação direta entre eles. Os trabalhos de Silva (2018) e Sousa et al. (2004), detectaram correlação positiva entre pH, Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Figura 9 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de magnésio (Mg^{2+}) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



O teor de potássio variou de $0,09$ a $0,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 10). Segundo classificação de Sobral et al. (2015), teores variando entre $0,08 - 0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, são

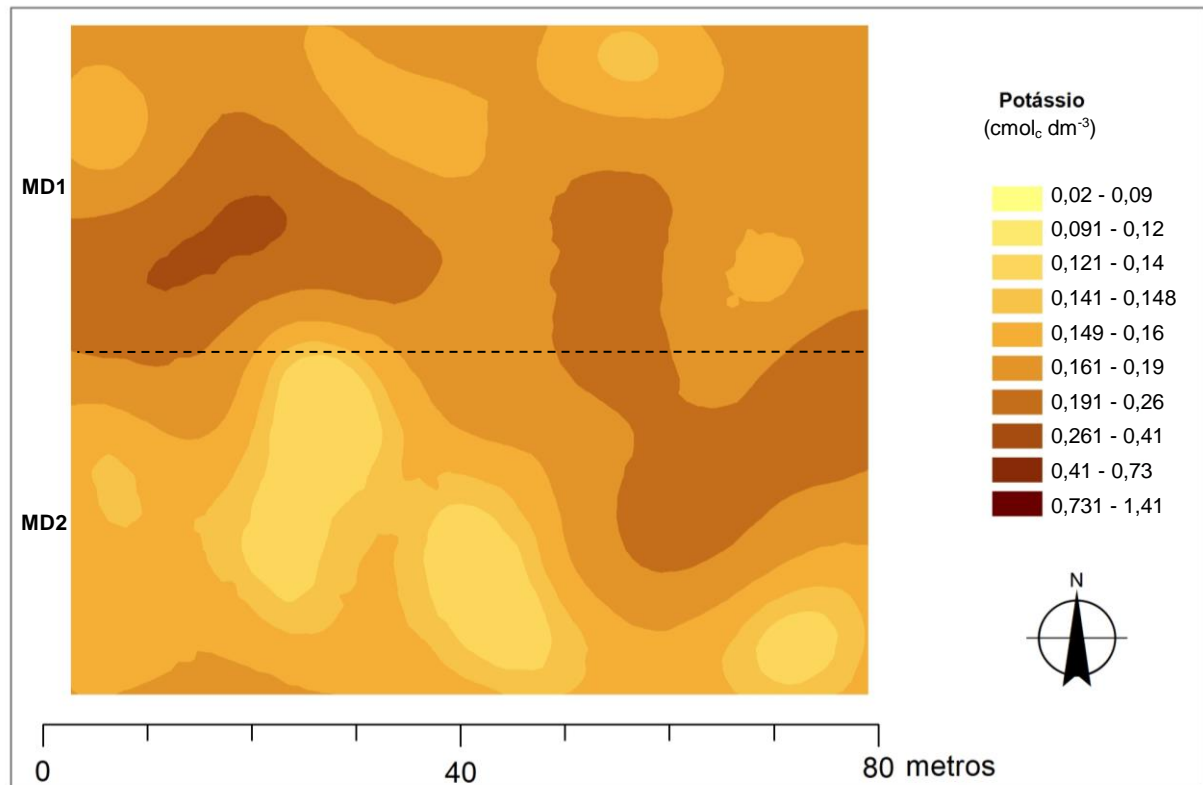
considerados medianos, e valores maiores que $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na solução do solo são classificados como altos.

Altas quantidades de K^+ podem ser ocorrer, tanto devido a taxa de deposição de resíduos do cupuaçuzeiro, cujas folhas e frutos, são ricas neste nutriente (ALFAIA; AYRES, 2004), quanto por possíveis superdosagens durante o manejo da adubação.

Segundo Costa (2006), o teor médio de K^+ nas folhas de cupuaçuzeiro avaliado em três tipos de solos na Amazônia Ocidental, foi de 4 g kg^{-1} ; na casca do fruto, 8 g kg^{-1} ; na polpa, 17 g kg^{-1} , e na semente 9 g kg^{-1} . Segundo Andrade (2004), as folhas da pupunheira podem conter até 15 g kg^{-1} de K^+ .

O consórcio estudado, recebe aplicação bianual de 7 kg planta^{-1} de torta de cupuaçu (resíduo da prensagem das amêndoas para extração da manteiga), o que pode explicar os níveis elevados do macronutriente observados no SAF.

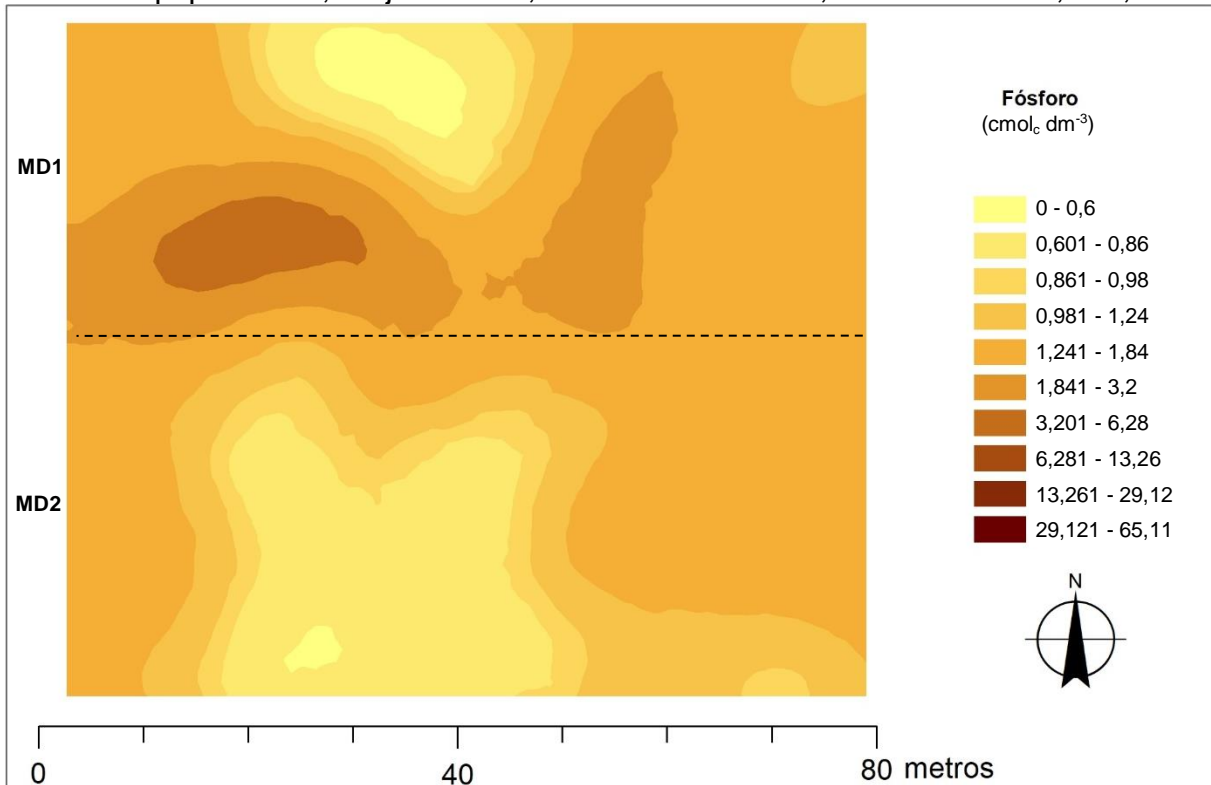
Figura 10 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de potássio (K^+) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



Os menores valores de K^+ (e também de Ca, Mg e P) no módulo D2, podem estar relacionados com as exportações exercidas, tanto pela colheita do cupuaçu; quanto pela maior quantidade de palmeiras, aumentando a demanda por nutrientes (SILVA, 2018).

Segundo Ayres e Alfaia (2007), a adubação potássica (até a dose de 80 kg ha^{-1} de K_2O), possibilitou o aumento da produtividade do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais, em associação com a pupunheira e castanheira, em Cambissolo, apresentando resposta linear positiva no desempenho, mesmo na ausência de calagem. Já Alfaia e Ayres (2004), observaram o mesmo comportamento até a dosagem de 160 kg ha^{-1} de K_2O em plantas cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.

Figura 11 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial do teor de fósforo (P) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



De maneira geral, analisando a Figura 11, observa-se que, a variação do P no SAF ficou entre 0 e $6,28 \text{ mg dm}^{-3}$, valores considerados muito baixos ($\text{P} < 7 \text{ mg dm}^{-3}$) para solos com textura média ($150 < \text{argila} < 350$). (SOBRAL et al., 2015).

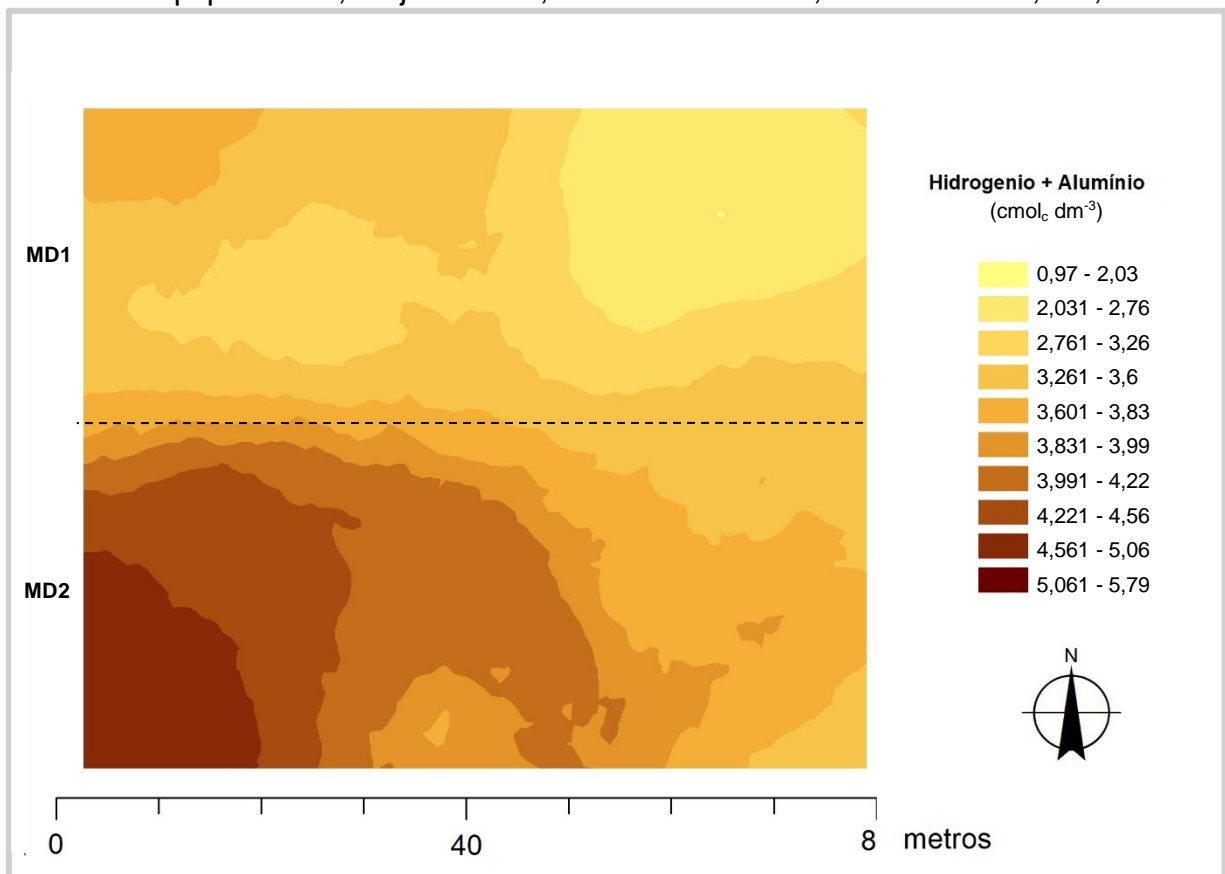
A mancha predominante no sistema apresentou valores entre 1,24 e $1,84 \text{ mg dm}^{-3}$, e nota-se que no módulo D1 há relativamente, maior heterogeneidade (Tabela 11).

Segundo Locatelli e Auzier Neto (2016) em avaliações realizadas em Rondônia, acerca da fertilidade de sistemas agroflorestais, foram constatados valores baixos de P na profundidade de 0 a 20 cm, variando de 2 a 4 mg dm^{-3} , que segundo os

autores, é uma consequência da própria da gênese do solo em regiões tropicais; do intemperismo, que dependendo do grau, pode fazer com que o solo passe de fonte para dreno de P, gradualmente (NOVAIS et al., 2007); e da retenção pelas plantas e ausência de reposição. E como no módulo D2, há maior número de plantas, essa retenção pode ter sido mais acentuada.

De acordo com Alfaia e Ayres (2004), aplicações de 100 kg ha^{-1} de superfosfato triplo, aumenta significativamente, tanto a produção média de frutos do cupuaçuzeiro, quanto o acúmulo desse macronutriente no solo.

Figura 12 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da acidez potencial no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

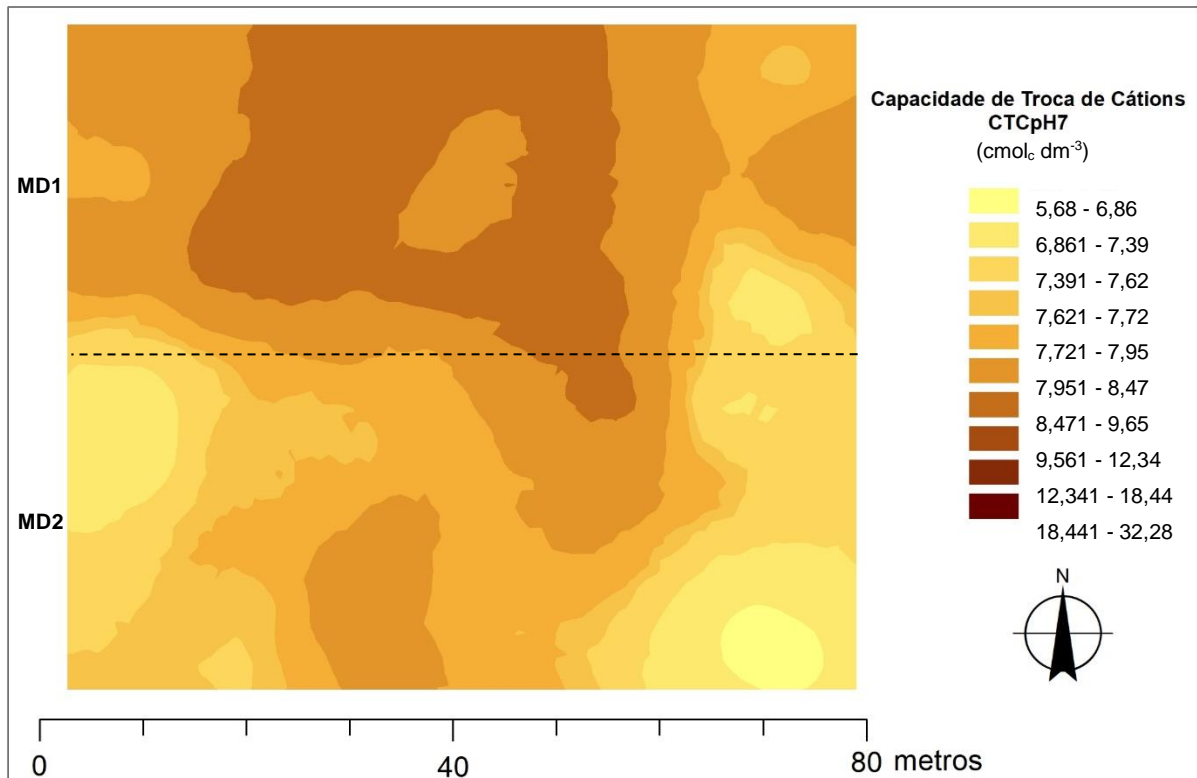


A acidez potencial (H+Al) variou entre 0,97 a 5,06 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 12). Segundo Dadalto e Fullin (2001) valores menores que 2,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são considerados baixos; de 2,6 até 5,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são teores medianos e superiores a 5, são altos.

De maneira geral, há predominância de concentrações tidas como fracas até moderadas, com apenas uma zona de alta acidez, localizada no MD2.

Tal comportamento, já era esperado tendo em vista a relação que o atributo apresenta com o pH, saturação por alumínio e Al^{3+} . Segundo Silva et al. (2006) e Silva (2018), há correlação significativa entre estes atributos, positiva para Al^{3+} e (m%) e negativa para pH.

Figura 13 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da CTC_{pH7} no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



Na Figura 13 pode-se observar que os níveis mais altos da CTC_{pH7} foram encontrados no MD1 (variando de 6,86 a 9,65 $cmol_c dm^{-3}$). Segundo Dadalto e Fullin (2001) valores entre 4,5 e 10 $cmol_c dm^{-3}$, são considerados medianos.

De acordo com Chepote et al. (2012), valores maiores que 8 $cmol_c dm^{-3}$ já são considerados adequados para o cultivo de cacauzeiros. Segundo as recomendações para o cupuaçuzeiro no Acre, a CTC do solo deve estar em torno de 10,4 $cmol_c dm^{-3}$ (GONDIM et al., 2001).

De acordo com as Figuras 14 e 15, tanto a SB quanto V(%) foram superiores no MD1, que obteve maiores níveis K^+ , Ca^{2+} Mg^{2+} , e conseqüentemente maior participação no complexo de troca, ou seja, V% maior que 50%, dispensando correção (CARVALHO et al., 2017; SOBRAL et al., 2015).

Figura 14 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de soma de bases (SB) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

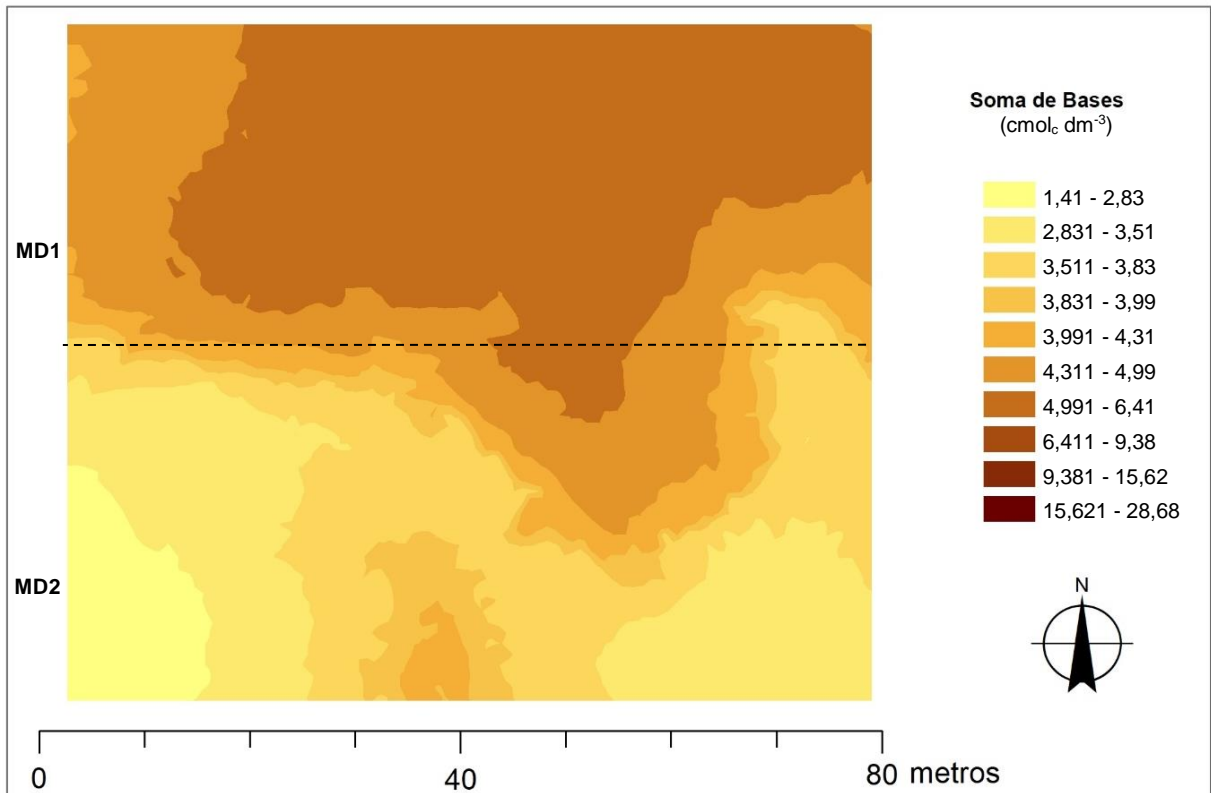
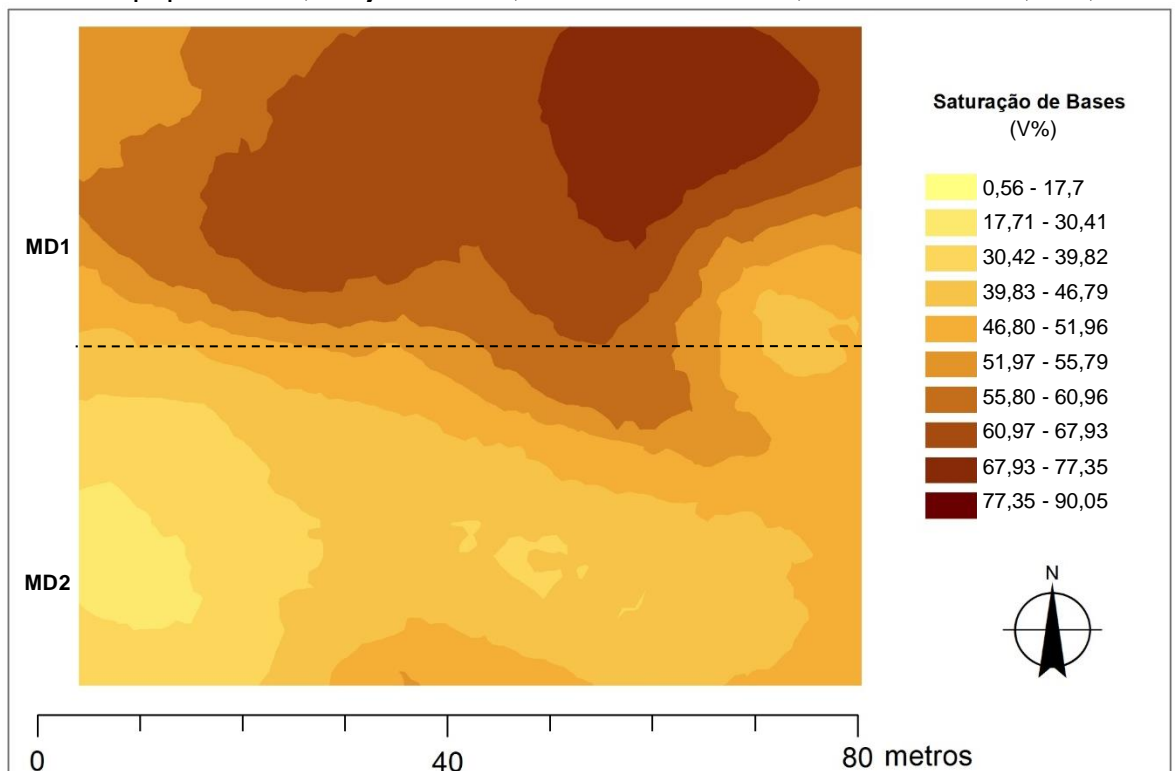


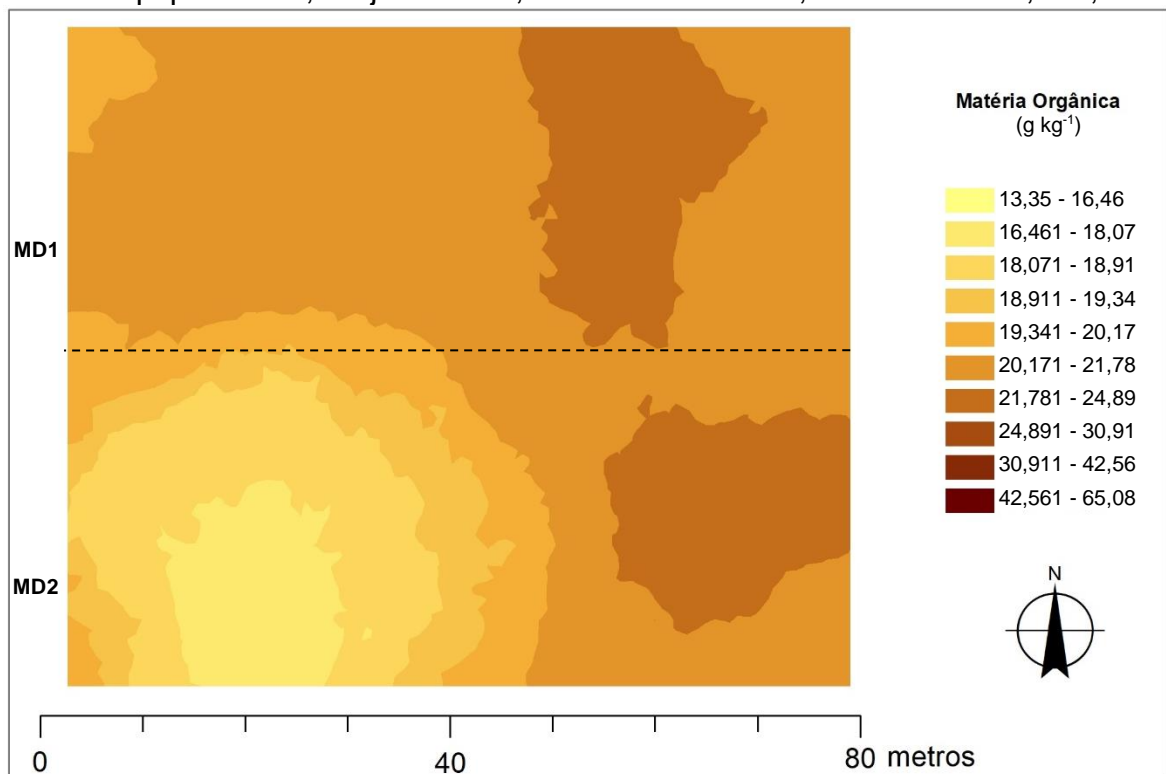
Figura 15 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação de bases (V%) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



A saturação de bases (Figura 15) atingiu níveis de até 90% na mesma área. Segundo Gondim et al. (2001), solos com valores superiores a 20% de saturação de bases são recomendados para cultivo de cupuaçuzeiro. O SAF estudado apresentou valores que se adequem à essa exigência, com exceção de uma zona no módulo D2 em que se identificou valores inferiores a 20%.

Estes resultados corroboram com os obtidos no trabalho de Silva (2018), que constatou a influência do tipo de consórcio e da área da copa sobre a saturação de bases, com valores menores no consórcio do cupuaçuzeiro com pupunheira e bacabeira, com maiores áreas de copa.

Figura 16 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de matéria orgânica (MO) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



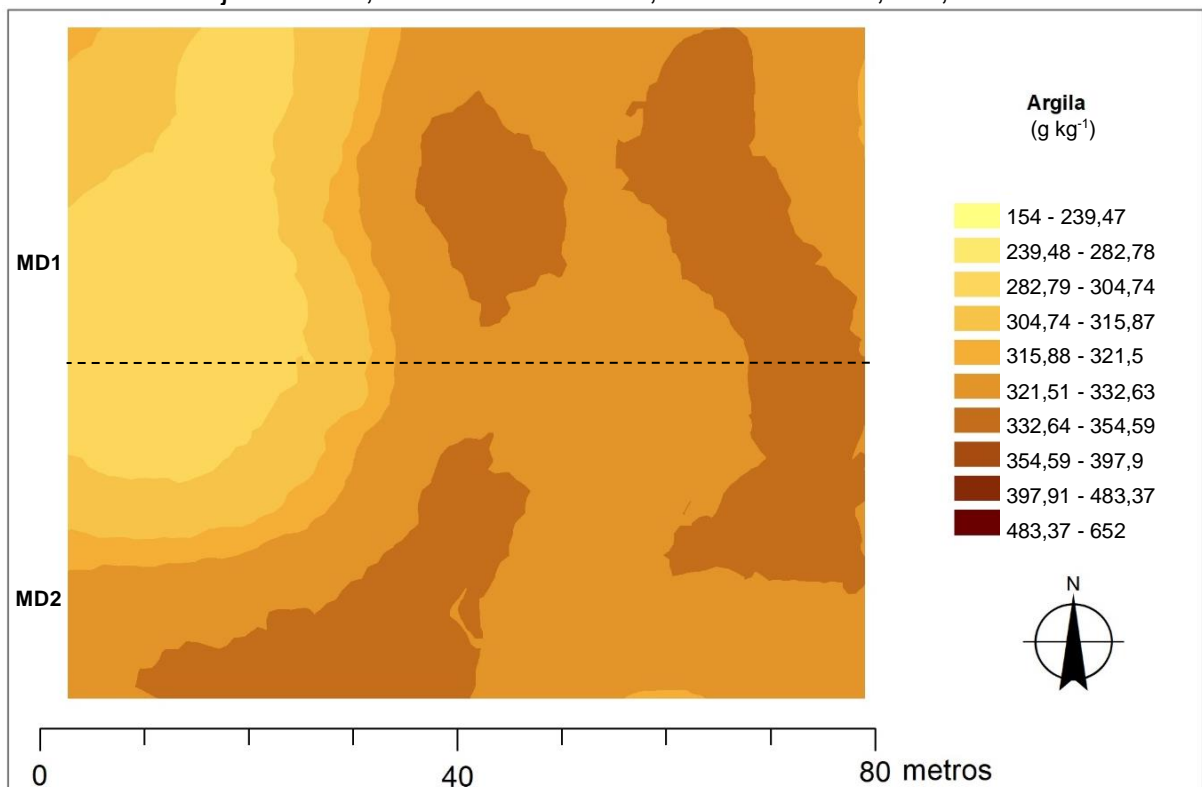
De acordo com a Figura 16, foi identificada maior variabilidade na distribuição da matéria orgânica, no módulo D2, em que, pode-se observar manchas de solos com teores de 13,35 a 20,17 g kg⁻¹; de 20,17 a 21,78 g kg⁻¹; e outra de 21,78 a 24,89 g kg⁻¹.

Teores de MO de 16 a 30 g kg⁻¹ são classificados como médios (DADALTO e FULLIN, 2001). De acordo com Gondim (2001), para cultivo de cupuaçuzeiro, o solo precisa de valores entre 8 a 14 g kg⁻¹ de MO, e o sistema, de maneira geral cumpriu esta exigência da cultura.

Silva (2018), observou que o efeito da MO sobre os teores de nutrientes e elementos tóxicos no solo foram responsáveis pelas diferenças observadas no SAF avaliado. Isso se deve ao fato da matéria orgânica do solo funcionar como ácido fraco, com ação tamponante numa ampla faixa de pH do solo, podendo ser eficiente na complexação do Al^{3+} e H^+ livres com compostos orgânicos aniônicos, e contribuir com até 90% da CTC nas camadas superficiais devido a estabilidade do complexo orgânico formado e aumento de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . (SILVA; SÁ, 2007).

Segundo Costa et al. (2011), menores quantidades de MO podem estar relacionadas tanto com situações de desgaste do solo, maior radiação ou mesmo utilização de espécies com baixa produção de serrapilheira. A zona de menor concentração de matéria orgânica no módulo D2 pode estar relacionada com possível desgaste, ou seja, maior utilização das reservas de nutrientes do solo pelas plantas, naquela região, ainda mais se consideramos a distribuição do pH, e Al no local.

Figura 17 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da argila no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

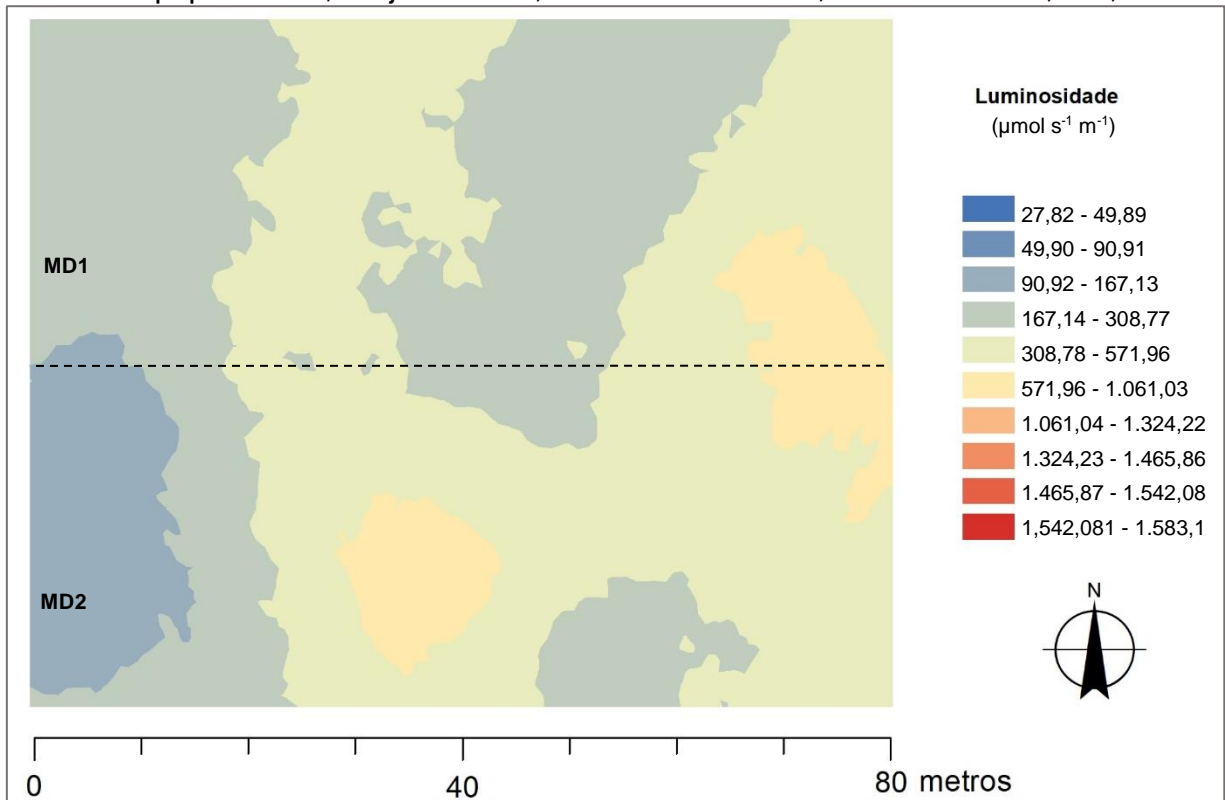


Conforme a figura 17, pode-se observar que a distribuição do teor de argila foi semelhante nos dois módulos, variando de 239,47 até 354,59, valores que classificados

como de textura média à argilosa (SOBRAL et al., 2015).

A fração argila é a principal característica que define o grau de intemperismo do solo e sua característica de fonte ou dreno de P, sendo maior o dreno em solos mais intemperizados (NOVAIS et al., 2007).

Figura 18 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de luminosidade (PAR) no solo (0 - 20 cm) em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheiras, Projeto RECA, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



A radiação fotossinteticamente ativa da área variou entre 49,89 e 1061,03 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$. A variação espacial foi relativamente homogênea, a mancha principal nas duas áreas, foi no intervalo de 308,77 a 571,96 (Figura 18).

4.2 PORTE E PRODUTIVIDADE DO CUPUAÇUZEIRO

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) pelo teste t, para as características de porte do cupuaçuzeiro. O NTF e a MTF apresentaram alta diferença significativa ($p<0,01$). A menor densidade de pupunheiras no consórcio permitiu ao cupuaçuzeiro maior produção, em número de frutos por planta, e maior massa total de frutos por planta, do que o consórcio de maior densidade (Tabela 5). As massas médias de frutos são estatisticamente iguais ($p>0,05$) nos dois módulos.

Tabela 5 - Valores médios das características de porte e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheira, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

Tratamentos	Variáveis avaliadas					
	AT (m)	CT (cm)	AC (m ²)	NTF	MTF (kg. planta ⁻¹)	MMF (kg fruto ⁻¹)
MD1	4,65 a	32,66 a	23,94 a	34,25 a	33,30 a	0,96 a
MD2	4,26 a	31,47 a	26,89 a	20,75 b	22,44 b	1,04 a
CV (%)	12,65	11,73	4,66	33,80	32,69	5,44

AT, altura total de plantas; CT, circunferência do tronco; AC, área da copa; NTF, número total de frutos; MTF, massa total de frutos; MMF, massa média de frutos MD1: módulo com menor densidade de pupunheiras; MD2: módulo com maior densidade de pupunheiras; CV(%), coeficiente de variação; Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p<0,01$) pelo teste de t

Nas variáveis de porte, considerando a análise das posições (Tabela 6), houve diferença ($p<0,05$) somente para altura de plantas, mesmo havendo uma tendência para a homogeneidade, devido as podas de manutenção executadas ao final de cada safra, desde o terceiro ano de cultivo.

O número médio de frutos por planta variou entre 21 a 32 (Tabela 6). Segundo Gazel Filho e Lima (2000), uma produção de 15 a 20 frutos planta⁻¹ ano⁻¹ é considerada satisfatória. Em Rondônia, plantas com dez anos de idade podem produzir de 20 a 30 frutos planta⁻¹ ano⁻¹ (RIBEIRO, 1992).

Pode-se notar que, cupuaçuzeiros cultivados a 6 m da pupunheira, produzem em torno de 12 frutos a mais, do que os cultivados a 4 m (Tabela 6). Estes resultados, confirmam os relatos de produtores expostos por Lunz e Melo (1998), de que plantas cultivadas em linhas com pupunheiras têm desempenho produtivo afetado negativamente.

Tabela 6 - Valores médios das características de porte e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em dois níveis de posicionamento em relação a pupunheira, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

Tratamentos	Variáveis avaliadas					
	<i>AT (m)</i>	<i>CT (cm)</i>	<i>AC (m²)</i>	<i>NTF</i>	<i>MTF (kg. planta⁻¹)</i>	<i>MMF (kg fruto⁻¹)</i>
CLP	4,07 b	31,37 a	24,90 a	21,00 b	21,07 b	1,04a
CELP	4,86 a	32,91 a	26,64 a	33,42 a	33,70 a	0,98a
CV (%)	11,09	11,23	7,43	35,90	32,94	3,05

AT, altura total de plantas; CT, circunferência do tronco; AC, área da copa; NTF, número total de frutos; MTF, massa total de frutos; MMF, massa média de frutos CLP: cupuaçuzeiro na linha da pupunheira (4 m); CELP: cupuaçuzeiro na entrelinha da pupunheira (6 m); CV(%), coeficiente de variação; Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de F

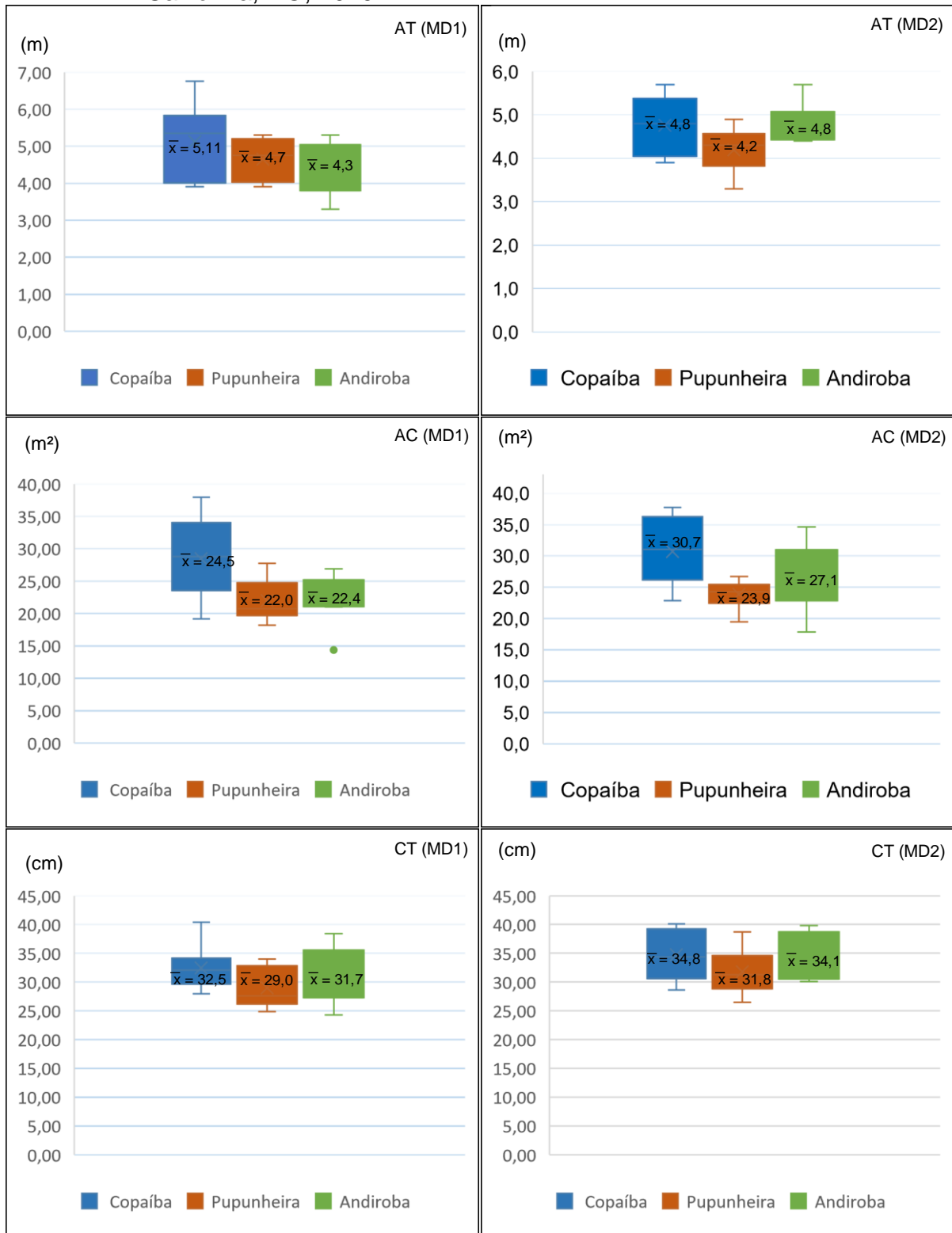
Número total de frutos, relativamente próximos ao observados neste trabalho, foram detectados por Silva 2018, ao analisar um consórcio de plantas de cupuaçu, com pupunheira e bacabeira em diferentes áreas de copa das palmeiras, a média foi de 21,64 frutos por planta, na maior área de copa e 33,6 na menor área de copa.

Ao relacionar esses resultados com os mapas de isolinhas, e considerando a ausência de aplicação de adubação química em 2017, pode-se dizer que o cupuaçuzeiro produziu satisfatoriamente, se comparado com resultados obtidos em sistemas que receberam adubação química. Como no estudo de Alfaia e Ayes (2004), com plantas com 10 anos, onde o NTF foi de 21,5 frutos planta⁻¹ e MTF de 21,14 kg planta⁻¹, com aplicação de NPK (60 kg ha⁻¹; 100 kg ha⁻¹; 160 kg ha⁻¹, respectivamente). Enquanto Costa (2006), constatou MTF de 27,33 kg planta⁻¹ em plantas com 15 anos.

No módulo D1, há maior densidade de plantas de cupuaçu, logo, maior quantidade de torta de cupuaçu incorporada no solo, através da adubação orgânica, e esta condição pode ter influenciado no desempenho do cupuaçuzeiro, culminando nos melhores resultados em NTF e MTF (Tabela 5).

Ao analisar as variáveis do cupuaçuzeiro cultivado nas linhas de cada espécie de consórcio, e nas duas densidades de pupunheira, pode-se notar que, de maneira geral, as médias de altura total de plantas, atingiram valores relativamente próximos, nas linhas das três espécies, com diferenças de 0,4 m até 0,81 (Figura 19).

Figura 19 - Descrição do comportamento das variáveis de porte do cupuaçuzeiro cultivado em linhas com a copaíba, pupunheira e andiroba, em duas densidades de plantio de pupunheiras, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



AT, altura total de plantas; AC, área da copa; CT, circunferência do tronco; MD1, módulo com menor densidade de pupunheiras; MD2, módulo com maior densidade de pupunheiras; Número destacados em vermelho representam as médias

As maiores diferenças foram identificadas na área de copa, principalmente no MD2. Em que, nas linhas da copaíba, o cupuaçuzeiro atingiu área superior em mais de 77% a AC média das plantas consorciadas com a pupunheira (Figura 19). A circunferência do tronco foi menor nas linhas da pupunheira.

Apesar de no MD2, as pupunheiras terem apresentado maior área de copa, em relação a MD1, possivelmente, as menores alturas do cupuaçuzeiro na linha desta cultura, tenham sido ocasionadas pela competição exercida pelo sistema radicular desta palmeira, e não necessariamente por influência das copas.

Tabela 7 - Valores médios de altura total de plantas (AT), circunferência de tronco (CT), e área de copa (AC), das plantas de copaíba, pupunha e andiroba, presentes no consórcio agroflorestal com cupuaçuzeiro, Projeto Reça, Ramal Baixa verde, Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO, 2019

<i>Espécies</i>	Módulo D1			Módulo D2		
	<i>AT (m)</i>	<i>CT (cm)</i>	<i>AC (m²)</i>	<i>AT (m)</i>	<i>CT (cm)</i>	<i>AC (m²)</i>
Copaíba	13,2	84,15	65,48	13,1	89,10	84,31
Pupunheira	12,50	51,3	14,71	12,8	52,03	42,62
Andiroba	14	63,4	44,11	12,8	58,40	24,45

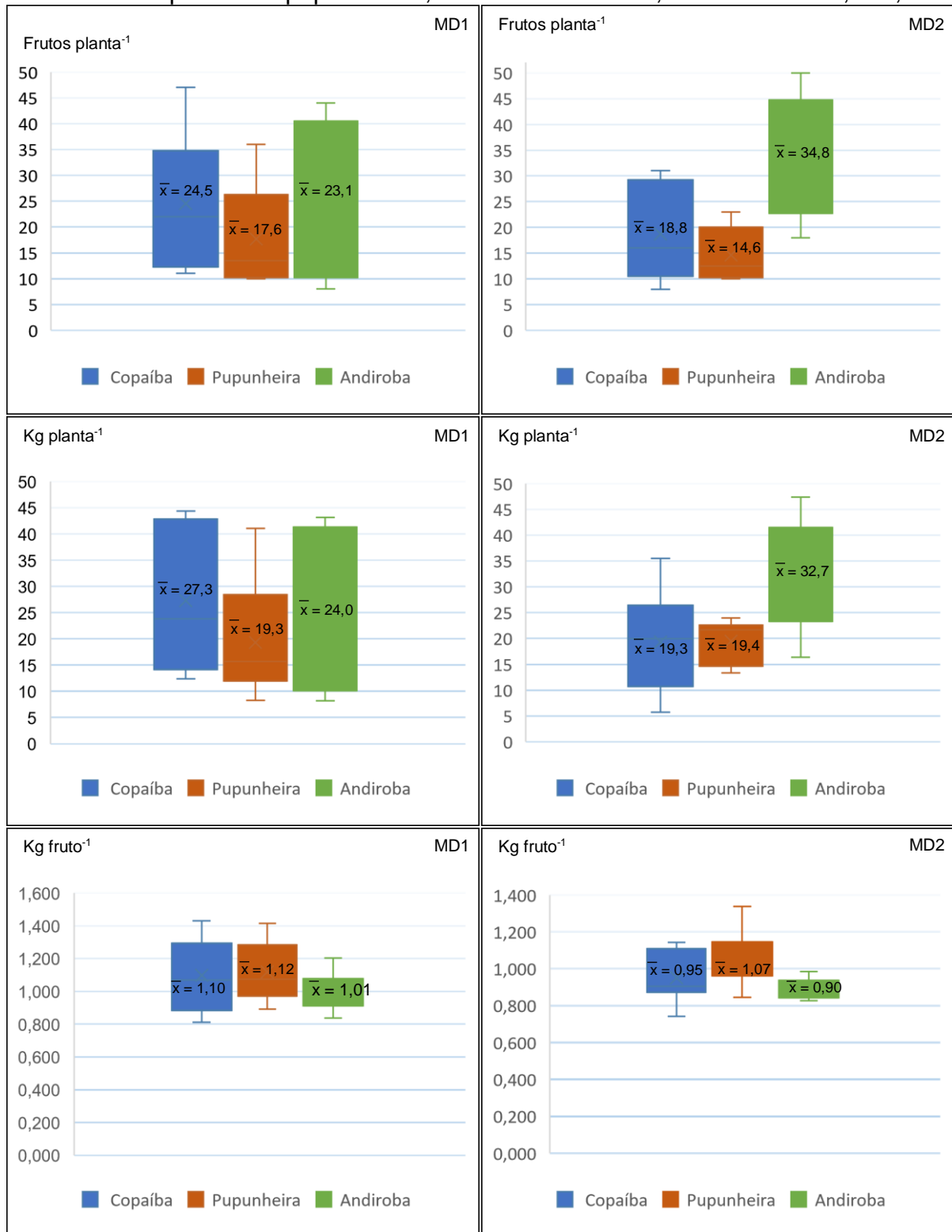
D1- menor densidade de pupunheiras; D2- maior densidade de pupunheiras

No que concerne a desempenho produtivo (Figura 20), no MD1, o número total de frutos foi semelhante nas linhas da copaíba (média de 24,5 frutos planta⁻¹) e da andiroba (23,1 frutos planta⁻¹). Já na linha das pupunhas o número de frutos foi menor, com média de 19 frutos planta⁻¹.

Comportamento diferente foi detectado no módulo D2, em que possivelmente o fator luminosidade, pode estar relacionado. O número de frutos foi maior na linha com andiroba, com média de 34,8 frutos planta⁻¹ e, massa total de frutos superior, em quase 60% os valores médios apresentados nas linhas da pupunha e copaíba.

No MD1, as massas de frutos nas linhas da copaíba e da andiroba, atingiram valores próximos. A massa média dos frutos foi relativamente igual, nas duas densidades (Figura 20).

Figura 20 - Descrição do comportamento das variáveis produtivas do cupuaçuzeiro cultivado em linhas com copaíba, pupunheira e andiroba, em duas densidades de plantio de pupunheiras, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019



AT, altura total de plantas; AC, área da copa; CT, circunferência do tronco; MD1, módulo com menor densidade de pupunheiras; MD2, módulo com maior densidade de pupunheiras; Números destacados em vermelho representam as médias

A área de copa média, das plantas de andiroba (Tabela 7) foi de 24,45 na D2, menor se comparada com a das copaibeiras (84,31 m²) e das pupunheiras (42,62 m²), o que pode ter ocasionado a maior infiltração de luz na linha de cultivo, e favorecido o acúmulo de fotoassimilados nas plantas de cupuaçu, uma vez que a maior penetração de luz no sistema.

Segundo Rocha Neto et al. (1997) e Figueirêdo et al. (2002), cupuaçuzeiros sombreados tendem, devido a maior interceptação de luz, a ter atividade fotossintética menor do que os em cultivos à pleno sol. Este fato, que pode explicar a menor variação no desempenho produtivo na densidade 1, uma vez que, além de apresentar menos pupunheiras, as médias das áreas de copa das três espécies, foi menor do que em D2, permitindo maior captação de luz pelos estômatos das folhas da cultura principal.

Tabela 8 - Importância relativa de seis características de desempenho do cupuaçuzeiro em diferentes densidades e espécies consorciadas, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

Densidades	Variável	S _j	S _j (%)
Módulo D1	AT (m)	22,19	8,13
	AC (m ²)	84,14	30,84
	CT (cm)	11,42	4,18
	NTF (frutos planta ⁻¹)	51,49	18,87
	MTF (kg planta ⁻¹)	75,86	27,81
	MMF (kg fruto ⁻¹)	27,65	10,13
Módulo D2	AT (m)	5,23	13,35
	AC (m ²)	23,91	61,03
	CT (cm)	3,28	8,39
	NTF (frutos planta ⁻¹)	1,17	3,00
	MTF (kg planta ⁻¹)	3,09	7,88
	MMF (kg fruto ⁻¹)	2,48	6,33

S_j, contribuição da variável x para o valor da distância de Mahalanobis entre os sistemas de consórcio. Módulo D1, área com menor densidade de pupunheiras; Módulo D2, área com maior densidade de pupunheiras; AT, altura total de plantas; AC, área de copa; CT, circunferência do tronco; NTF, número total de frutos; MTF, massa total dos frutos; MMF, massa média dos frutos

Segundo a Tabela 8, na área com maior densidade de pupunheiras, as variáveis área de copa e massa total dos frutos, apresentaram os maiores índices de importância relativa, ou seja, foram as características que mais contribuíram na distinção entre os três grupos de espécies consorciadas na linha do cupuaçuzeiro, conforme a Figura 18.

Já, no MD2 a área de copa, foi a característica que mais influenciou na diferenciação dos grupos. Pode ser observado na figura 22, que houve a formação de dois grupos, e que o grupo da palmeira diferiu do grupo das essências.

Figura 21 - Representação gráfica dos componentes principais (CP1 e CP2) referente à densidade MD1, em plantio de cupuaçuzeiro com diferentes sistemas de consórcios.

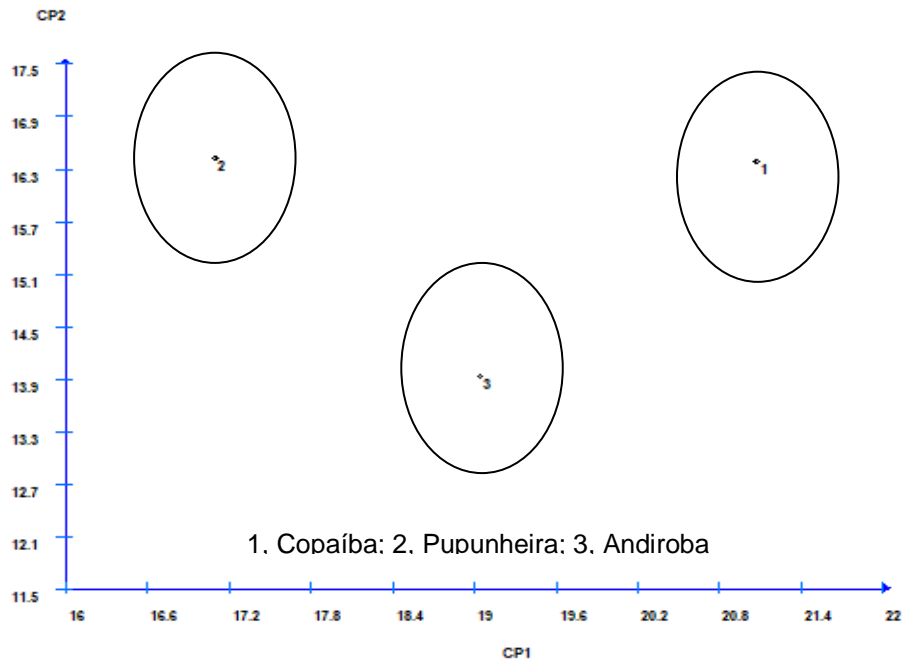
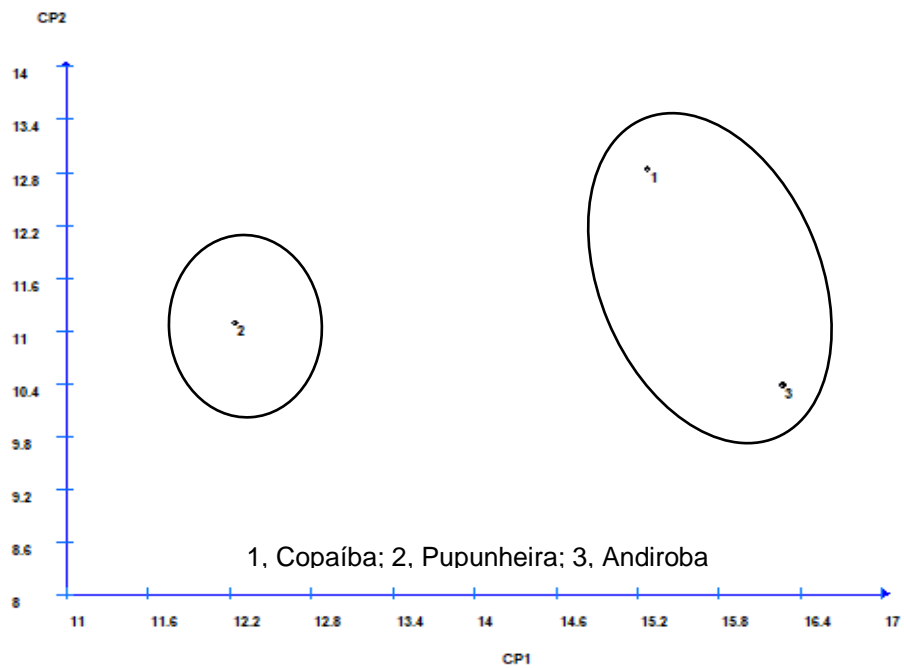


Figura 22 - Representação gráfica dos componentes principais (CP1 e CP2) referente à densidade MD2, em plantio de cupuaçuzeiro com diferentes sistemas de consórcios



Quase 100% da variação total dos dados é explicada no segundo componente principal (CP2), nas duas densidades (Tabela 9), ou seja, os dois primeiros componentes, são os mais importantes na distinção entre os efeitos das espécies.

Em estudos com melhoramento genético de plantas, valores próximos ao obtido nesta análise, podem ser encontrados a partir do sétimo componente principal. Como foi o caso de Teixeira et al. (2013), em estudos com 8 caracteres morfológicos de *Coffea arabica* (98,85% de variação acumulada).

De acordo com Regazzi (2000), o componente principal (CP) deve acumular, pelo menos 70% da proporção da sua variância. Variações totais acima de 80% constatadas até o terceiro componente são suficientes em análises de grupos genotípicos (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Tabela 9 - Componentes principais (CP), autovalor (variância), porcentagem de variância (%) e variância acumulada para caracteres de porte e produtivos de cupuaçuzeiro cultivado em linhas com copaíba, pupunheira e andiroba, em duas densidades de plantio de pupunheiras, Ramal Baixa Verde, Nova Califórnia, RO, 2019

Densidades	Componentes	Autovalor (Variância)	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
Módulo D1	CP1	3,9524	65,8931	65,89
	CP2	2,0458	34,0924	99,98
	CP3	0,0003	0,00610	99,99
	CP4	0,0000	0,00009	99,99
	CP5	0,0000	0,00000	99,99
	CP6	0,0004	0,00819	100,00
Módulo D2	CP1	4,4045	73,4076	73,40
	CP2	1,5954	26,5897	99,99
	CP3	0,0001	0,00209	99,99
	CP4	0,0000	0,00000	99,99
	CP5	0,0000	0,00001	99,99
	CP6	0,0000	0,00051	100,00

5 CONCLUSÕES

Sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro em consórcio com andiroba; copaíba, e pupunheira, com menor adensamento (35 plantas ha⁻¹), apresentam melhores qualidades físicas e químicas de solo, do que consórcios com 69 pupunheiras ha⁻¹.

O cultivo do cupuaçuzeiro nas entrelinhas da pupunheira, em espaçamento de 6 metros da palmeira, permite maior produção de frutos e maior massa total de frutos por plantas⁻¹, quando comparado à cupuaçuzeiros adjacentes às palmeiras (a 4 m de distância), na mesma linha de cultivo.

O porte dos cupuaçuzeiros é influenciado pelas posições da pupunheira em relação a cultura. As plantas a 6 m de distância da palmeira são mais altas.

Cupuaçuzeiros cultivados na linha da andiroba, produzem menor massa do fruto, maior número total de frutos por planta e obtém maior massa total de frutos que cupuaçuzeiros das linhas de plantio com copaíba e pupunha, no consórcio com 69 pupunheiras ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, K. K. B. Produtividade e avaliação econômica de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em Campo Grande, MS, 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2015.
- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 50-59, dez. 2008.
- ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. C. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem semente, na região da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, p. 320-325, 2004.
- ALMEIDA, O. F. de; ALVES, R. M.; OLIVEIRA, H. O. de; FERNANDES, J. R. Q. Concorrência promovida pelo taperebazeiro sobre o cupuaçuzeiro, em sistema agroflorestal. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18, 2014, Bélem, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. p. 2-5.
- ALMEYDA N.; MARTIN, F. W. **Cultivation of neglected tropical fruits with promise. Part 8.** The pejibaye. United States Department of Agriculture (USDA), New Orleans. 1980.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** Guaíba: Agropecuária; AS-PTA, 2002. 592 p.
- ALVES, R. M. **Implantação de um pomar de cupuaçuzeiro com a cultivar BRS Carimbó.** Brasília, DF: Embrapa, 2012. 40 p.
- ALVES, R. M.; BASTOS, A. J. R.; SANTOS, T. G. dos; PEDROZA NETO, J. L. Avaliação da viabilidade do consórcio cupuaçuzeiro x mogno africano, em sistema agroflorestal no município de Tomé Açu - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2017, Foz do Iguaçu. **Resumo...** Foz do Iguaçu: UEM, 2017. p. 34.
- ALVES, R. M.; OLIVEIRA, H. O. de; ALMEIDA, O. F. de; FERNANDES, J. R. Q. Concorrência entre mogno africano e cupuaçuzeiro em sistema agroflorestal na Amazônia. Embrapa Amazônia Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2014. p. 1-12. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/186674/1/2018-051.pdf> >. Acesso em: out. 2018.
- AMARAL, E. F. do; OLIVEIRA, T. K. de; BARDALES, N. G.; ARAÚJO, E. A. de; OLIVEIRA, C. H. A. de; SILVA, D. V. da; MORENO, N. M. da C. Caracterização de sistemas agroflorestais com o uso de ferramentas de Geoestatística. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2018. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 58).
- AMARAL, E. F.; MELO, A. W. F.; OLIVEIRA, T. K. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos da região de inserção do Projeto Reça, estados de Rondônia, Acre e Amazonas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 40 p. (Boletim de pesquisa, 27).

- ANDRADE, F. G.; SÁ, C. P.; ALMEIDA, N. F. Uma visão prospectiva do cupuaçu nos limites do Acre, Vilas Nova Califórnia e Extrema (RO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 37., 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1999. p. 1-10.
- ARCO-VERDE, M. F.; SILVA, I. C.; MOURÃO JÚNIOR, M. Aporte de nutrientes e produtividade de espécies arbóreas e de cultivos agrícolas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 11-22, jan./mar. 2009.
- ARES, A.; FALCAO, N.; YUYAMA, K.; YOST, R. S.; CLEMENT, C. R. Response to fertilization and nutrient deficiency diagnostic in peach palm in Central Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 6: p. 221-232. 2003.
- ARZENO, J. L.; VIEIRA, S. R.; SIQUEIRA, G. M.; O. GUEDES FILHO. Variabilidade espacial da resistência à penetração na superfície do solo em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, p. 343-352, jul./set. 2014.
- AYRES, M. I. da C.; ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 957-963, jul. 2007.
- BARROS, A. V. L. de; HOMMA, A. K. O.; TAKAMATSU, J. A.; TAKAMATSU, T. KONAGANO, M. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de Tomé-Açu, Estado do Pará. **Amazônia: Ciências & Desenvolvimento**, Belém, PA, v. 5, n. 9, p. 121-151, jul./dez. 2009.
- BASTOS, A. J. R.; SANTOS, T. G. dos; PEDROZA NETO, J. L.; FERNANDES, J. R. Q.; ALVES, R. M. Análise do comportamento do cupuaçuzeiro consorciado com mogno brasileiro em sistema agroflorestal em Tomé Açu - PA. In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 9., 2017, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: UFRA, 2018. p. 319-324.
- BERNARDI, A. C. de C.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; Inamasu, R. Y. Spatial variability of vegetation index and soil properties in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB v.21, n.8, p.513-518, ago. 2017.
- BERNARDI, A. C. de C.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G. Variabilidade espacial de parâmetros físico-químicas do solo e biofísicos de superfície em cultivo do sorgo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 623–630, 2014.
- BOLFE, E. L. Geotecnologias aplicadas à gestão de recursos naturais. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: Rede Sergipe de Geotecnologias, 2006. p. 1-13.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M. de.; PINTO, F. de A. de C.; SOUZA, C. M. A. de. 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.

BRACHTVOGEL, C.; FERNANDES, A. C. de Q.1; NIEDACK, L. O. C; PEREIRA, Z. V.; PADOVAN, M. P. Sistemas Agroflorestais Biodiversos: Potencial para Sequestro de Carbono. In: SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DA AMÉRICA DO SUL, 3., 2018, Mato Grosso do Sul. **Anais...** Mato Grosso do Sul: Associação Brasileira de Agroecologia, 2018. p. 1-10.

BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R. Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M, B. Sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 anos de pesquisa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 67-76, dez. 2009. (Edição especial)

CAMBARDELLA, C.A. et al. **Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CANUTO, J. C.; URCHEI, M. A.; CAMARGO, R. C. R. de; Conhecimento como base para a construção de sistemas agrícolas biodiversos. In: CANUTO, J. C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: experiências e reflexões**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 177-188.

CARMO, C. A. F. de S. do; EIRA, P. A. da; SANTOS, R. D. dos; BERNARDI, A. C. de C.; GOMES, J. B. V.; OLIVEIRA, R. P. de; LUMBRERAS, J. F.; NAIME, U. J. GONÇALVES, A. O.; FIDALGO, E. C. C.; AGLIO, M. L. D. **Aspectos Culturais e Zoneamento da Pupunha no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 48 p. (Documentos; n. 58).

CARVALHO, J. C. B. de; ESPINDOLA, C. R.; ALVES. M. C.; GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Spatial analysis of soil physical attributes from a degraded area under different types of management. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 9, p. 486-498, sep. 2017.

CHEPOTE, R.E.; SANTANA, S.O.; ARAUJO, Q.R; SODRÉ, G.A.; REIS, E.L.; PACHECO, R.G.; MARROCOS, P.C.L.; SERÔDIO, M.H.C.F.; VALLE, R.R. **Aptidão agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacaueteiro**. In: Valle, R.R. (Ed.). *Ciência, tecnologia e manejo do cacaueteiro*. 2ª Edição. Brasília. p. 67-105, 2012.

CLEMENT, C. R.; URPI, J. Pejibaye palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): Multiuse potential for the lowland humid tropics. **Economic Botany**, v. 41, n. 2, p. 302-311. 1987.

CLEMENT, C. R.; WEBER, J. C; VAN LEEUWEN, J.; ASTORGA DOMIAN, C.; COLE, D. M.; AREVALO LOPEZ, L A, ARGÜELLO, H. Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 195–206. 2004.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1013-1021, 2004.

COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G.; PORRAS, J.A.; GARVER, C.L. **Land in tropical America**. Brasília: CIAT/EMBRAPACAPAC, 1984. v. 3. p.7-9.

CORDERO, J. BOSHIER, D. H.; BARRANCE, A.; BEER, J.; CHAMBERLAIN, J.; DETLEFSEN, G.; FINEGAN, B.; GALLOWAY, G.; GÓMEZ, M.; GORDON, J.; HANDS, M.; HELLIN, J.; HUGHES, C. A.; IBRAHIM, M.; KASS, D.; LEAKEY, R. B.; MESÉN, F.; MONTERO, M.; RIVAS, C.; SOMARRIBA, E.; STEWART, J.; PENNINGTON, T. **Arboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas**. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba. 2003.

CORREIA, M. D.; MENEZES, R. S. C.; OLINDA, R. A. de. Modelagem geoestatística da distribuição de carbono do solo e biomassa de herbáceas em sistema silvopastoril na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, SP, v. 31, n. 2, maio/jul. p. 116-129, 2014.

COSTA, E. L. da. **Exportação de nutrientes em frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) em três solos da Amazônia Central**. 2006. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) — Programa de Pós-graduação em Biologia Tropical, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2006.

COUTO, E. G.; KLAMT, E.; STEIN, A. Estimativa do teor de argila e do potássio trocável em solos esparsamente amostrados no sul do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 129-139, mar. 2000.

CRUZ, C.D. **Análise multivariada e simulações**. Viçosa, MG: UFV, 2006a. 175p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. Editora UFV. Viçosa (MG). 2006b. 285p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390 p.

CUATRECASAS, J. **Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus Theobroma**. Contrib. US, Natural Herbarium, Belém, PA, v. 35, n. 6, p. 375-614, 1964.

FULLIN, E. A.; DADALTO, G. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. In: Dadalto, G. G.; Fullin, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo**. 4 ed. aproximação. Vitória: SEEA / INCAPER, 2001. pp. 21-55.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. de P. E. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 541-552, abr. 2012.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. de P. e; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M.; PANOSSO, A. R. Produtividade da cana-de-açúcar: variabilidade linear e espacial entre componentes tecnológicos e da produção. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, sup. 1, p. 390-400, jun. 2014.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

ESRI. **ArcGis 9.2** [Software]. Redland, California, 2006.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 235-241, ago. 2003.

FERREIRA, K. R.; ROCHA, J. das D. de S.; SURUI, J.; VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S. Efeito da luminosidade em plantas de *Theobroma cacao* em sistema agroflorestal, na aldeia Gapãir, Terra Indígena Sete de Setembro, Rondônia. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO, 6., 2017, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DR: Associação Brasileira de Agroecologia, 2017. p. 1-7.

FERREIRA, S. A. do N.; CLEMENT, C. R. ; RANZANI, G. ; COSTA, S. de Contribuição para o conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* KUNTH, PALMAE). II. Solo Latossolo Amarelo, textura argilosa. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 25, n. 3/4, p.161-170,1995.

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; FERREIRA, C. da S.; ROCHA NETO, O. G. da; SILVA, E. S. A. Taxa fotossintética de cupuaçuzeiros cultivados ao sol e à sombra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, PA. **Anais...** Belém: SBF, 2002. 4 p.

FRAIFE FILHO, G. de A. **Fruteiras tropicais para consórcios agrícolas no sul da Bahia**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cupua%C3%A7uzeiro.htm>>. Acesso em: 20 set. 2017.

FRANKE, I.L.; ALVES, I. T. G.; SÁ, C. P. de; SANTOS, J. C. dos; VALENTIM, J. F. Análise sócioeconômica dos agrossilvicultores do projeto de reflorestamento econômico consorciado e adensado (Reca), em Nova Califórnia, Rondônia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco, AC. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008. p. 1-21.

FONSECA, E. B. A.; MOREIRA, M. A.; CARVALHO, J. G. de. **Cultura da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.)** Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/56-boletins-de-extensao?download=1114:boletins-extensao>>. Acesso em jan out. 2017.

GAMA, M. de M. B. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais 2003 em Machadinho d'Oeste, Rondônia**, 1972. 112 f. Tese (Pós-graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2003.

GASPAROTTO, L. ARAÚJO, R.C.; SILVA, S.E.L. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais – programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1, 1996. Belém, Pará. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 103- 108.

GAZEL FILHO, A. B; LIMA, J. A. de S. **Recomendações técnicas para o cultivo do cupuaçuzeiro (*theobroma gradiflorum*) no Amapá**. Amapá: Embrapa Amapá, 2000. 4 p. (Recomendações técnicas, 12).

GONDIM, T. M. de S.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. de J. B.; SOUZA, J. M. L. de. **Aspectos da produção do cupuaçu**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 43 p. (Documentos, 67).

GRAEFE, S.; DUFOUR, D.; ZONNEVELD, M. V.; RODRIGUEZ, F.; GONZALEZ, A. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. **Biodiversity and Conservation**, v. 22: p. 269–300. 2013.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VIEIRA, S. R. **Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão**. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 74-83.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. de. Conceitos básicos da Geoestatística. In: OLIVEIRA, R. P. de; GREGO, C. R.; BRANDAO, Z. N. (Ed.). **Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o Vesper**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 3, p. 41-62.

GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. A. G.; NOGUEIRA, S. F.; GIMENES, F. M. A.; OLIVEIRA, A. de; ALMEIDA, C. G. F. de; FURTADO, A. L. dos S.; DEMARCHI, J. J. A. de A. Variabilidade espacial do solo e da biomassa epigea de pastagem, identificada por meio de geoestatística. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 9, p. 1404-1412, set. 2012.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

GONZALEZ-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil, **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, 1979.

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

JARDIM, F. C. da S.; RIBEIRO, G. D.; ROSA, L. dos. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE SISTEMA AGROFLORESTAL NO PROJETO ÁGUA VERDE, ALBRÁS, BARCARENA, PARÁ-I. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Belém, n. 41, p. 25-46, jan./jun. 2004.

JOSE, S. Managing native and non-native plants in agroforestry systems. **Agroforest Syst**, v. 83, p. 101–105, 2011.

JOURNEL, A. J. Geoestatistical simulation: methods for exploration and mine planning. **Engineering and Mining Journal**, Denver, v. 180, n. 12, p. 86-91, 1979.

KERR, W. E.; CLEMENT, C. R. Práticas agrícolas de conseqüências genéticas que possibilitaram aos índios da Amazônia uma melhor adaptação às condições ecológicas da região. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, n. 2, June. 1980.

KRIGE, D.G. A Statistical Approaches to Some Basic Mine Valuation Problems on the Witwatersrand. **Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa**, v. 52, p. 119-139, 1951.

LEITE, L. F. C.; FERREIRA J. da S.; VELOSO, M. E. da C.; MOUSINHO, F. E. P.; ROCHA JUNIOR, A. F. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.19, n. 4, p.394–401, abr. 2015.

LIEBEREI, R.; GASPAROTTO, L.; PREISINGER, H.; SCHROTH, G.; REISDORFF, C. **Characteristics of Sustainable polyculture production systems on terra firme**. In: Lieberei R, Bianchi H-K, Boehm V, Reisdorff C (eds) Neotropical Ecosystems. Proceedings of the German-Brazilian Workshop, Hamburg, 2000. GKSS, Geesthacht, pp 653–660. 2000

LOCATELLI, M.; AUZIER NETO, J. V. Fertilidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos no município de Alto Paraíso, Rondônia. In: REUNIÃO DE CIÊNCIA DO SOLO DO NÚCLEO NOROESTE, 2016, Rolim de Moura - RO. **Anais...** Solos no Noroeste do Brasil: propriedades e potencialidades. Rolim de Moura - RO: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. p. 1-3.

LUNZ, A. M. P; MELO, A. W. F de. **Monitoramento e avaliação dos principais desenhos de sistemas agroflorestais multiestratos do projeto RECA**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 1998. 4 p. (Pesquisa em andamento, 134).

MARINHEIRO, I. C. **Inferência espacial para a determinação da distribuição de nutrientes no solo em sistemas agroflorestais**. 2013. 29 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Estatística) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

MAYER, T. da S.; AGOSTINHO, P. R.; SOARES, J. A. B.; NASCIMENTO, J. S.; PADOVAN, M. P. Diversidade de Espécies Vegetais para fins alimentares em Sistemas Agroflorestais Biodiversos na Região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, Campo Grande, MS, v. 13, n. 2, p. 2236-7934, dez. 2018.

MONTAGNINI, F. (Coord.) et al. **Sistemas agroflorestales: principios y aplicaciones en los trópicos**. 2. ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

MOURA, E. A. de; CHAGAS, P. C.; MOURA, M. L. da S.; Souza, O. M.; Chagas, E. A. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de cupuaçu cultivadas sob diferentes substratos e condições de sombreamento. **Revista Agro@ambiente Online**, v. 9, n. 4, p. 405-413, out./dez. 2015.

MULLER, C. H.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; NASCIMENTO, W. M. O. do; GALVÃO, E. U. P.; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. de B.; RODRIGUES, J. E. L. F.; CARVALHO, J. E. V. de; NUNES, A. M. L.; NAZARÉ, R. F. R. de; BARBOSA, W. C. A. **A cultura do cupuaçu**. Brasília, DF: Embrapa SPI, 1995. 61 p. (Coleção plantar, 24).

NOGUEIRA, R. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; TEXEIRA, A. dos S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Redistribuição de carbono orgânico e fósforo pelo escoamento superficial em sistemas agrícolas convencionais e agroflorestais no semi-árido cearense. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 4, p. 327-337, jul./ago. 2008.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H., SCHAEFER, G. R. (Eds.) **Tópicos em Ciência do solo. Viçosa:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-54.

OLIVEIRA, I. A. de; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E. de; MARQUES JÚNIOR J.; NASCIMENTO, E. P. do. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.37, n. 4, p.1103-1112, jul./ago. 2013.

OLIVEIRA, T. K. de; ARCO-VERDE, M. F.; SILVA, D. V. da; BARDALES, N. G. **Descrição e análise financeira de um consórcio agroflorestal com cupuaçu, pupunha e castanheira (Projeto Reca - Rondônia).** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2016. 8 p. (Comunicado Técnico, 195).

OLIVEIRA, T. K. de; SA, C. P. de; OLIVEIRA, T. C. de; LUZ, S. A. da. **Caracterização de dois modelos de consórcios agroflorestais, índices técnicos e indicadores de viabilidade financeira.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2010. 44 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 45).

OLIVEIRA, T. S.; NOGUEIRA, R.da S.; TEIXEIRA, A. dos S.; CAMPANHA, M. M.; ROMERO, R. E. Distribuição Espacial do Índice de Manejo do Carbono em Luvisolos sob Sistemas Agrícolas Tradicionais e Agroflorestais no Município de Sobral-CE. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 1, dez. 2009. p. 589-592. Piracicaba: 2015. 108 p. (Série Difusão, 1).

PATIÑO, V. M. **Historia y dispersión de los frutales nativos del Neotrópico.** International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, CO. 665 p. (2000)

PROJETO RECA. **Sistemas Agroflorestais, Saf.** Disponível em: <<http://www.projeto-reca.com.br/site/sistemas-agroflorestais-safs/>>. Acesso em: jun. 2017.

REGAZZI, A. J. **Análise multivariada, notas de aula INF 766.** Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v. 2, 2000.

ROCHA, J. B.; AZEVEDO, C. M. B. C. de; NASCIMENTO, M. de N. C. F. Análise de viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em produtores familiares no município de Marapanim, PA. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2., 2014, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

ROCHA NETO, O. G. da; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; SOUZA, N. G. COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO E FOTOSSINTÉTICO DE PLANTAS JOVENS DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* Schum). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA -DO-REINO E CUPUA ÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. 440p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

RODRIGUES, P. P.; LIMA, E. de P.; ANDRADE, A. G. de. Avaliação da recuperação de solo degradado com a implantação do sistema agroflorestal com seringueiras. In: WORKSHOP DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS, 4., 2018, Niterói. **Resumos...** Niterói: UFF, 2018.

SA, C. P. de; SANTOS, J. C. dos; LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Análise financeira e institucional dos três principais sistemas agroflorestais adotados pelos produtores do Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA). In: CONGRESSO MUNDIAL DE SOCIOLOGIA RURAL, 10.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 38., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Unicamp; Brasília, DF: SOBER, 2000. p. 1-11.

SANTOS, A. Q. dos; BERKEMBROCK, A.; BERKEMBROCK, J.; CRODA, J. P.; SORDI, E.; KAEFER, S.; VACARO, A. A. C.; SILVA, M. P. da; OLIVEIRA, H. C. de; CARVALHO, T. S. de. Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado): uma referência em sistemas agroflorestais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1. p. 1-6, mar. 2018.

SCHROTH, G.; MEA, E.; MACEDO, J. L. V.; MOTA, M. S. S.; LIEBEREI, R. Mineral nutrition of peach palm (*Bactris gasipaes*) in Amazonian agroforestry and recommendations for foliar analysis. **European Journal of Agronomy**, v. 17, n., p. :81-92. 2002.

SEDAM. 2016. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. **Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia**. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/component/content/article/109-cogeo/168-acervo-tecnico>. Acesso em: 13 out. 2016.

SILVA, A. A. da; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G.; ROCHA, J. V. Um estimador robusto e o semivariograma cruzado na análise de variabilidade espacial de atributos de solo e planta. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 365-371, fev. 2003.

SILVA, D. V. da. **Caracterização de consórcios, variabilidade de atributos do solo e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais no Projeto RECA**. 140 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação e Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2018.

SILVA, D. V. da; OLIVEIRA, T. K. de; MACEDO, T. F.; SILVA, J. M. M. Identificação de modelos de consórcios agroflorestais no ramal Baixa Verde (Projeto RECA-RO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 10., Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 2016. p. 1-3.

SILVA, F. M. da; SOUZA, Z. M. de; FIGUEIREDO, C. A. P. de; MARQUES JÚNIOR, J.; Machado, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência rural**, santa maria, RS, v. 37, n. 2, p. 401-407, mar./abr. 2007.

SILVA, M. S. C. da. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ**. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

SILVA, P. M. P. da; COSTA, J. K. F. da; ARAÚJO, T. da S. O uso de sistema agroflorestal como técnica de recuperação de áreas degradadas no bioma Amazônico. **Inovae**, São Paulo, SP, v. 6, p. 279-299, jan./dez. 2018.

SILVA, R. R. da; FREITAS, G. A. de; SIEBENEICHLER, S. C.; MATA, J. F. da; CHAGAS, J. R. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. **Acta Amazonica**, Manaus, vol. 37, n. 3, p. 365 - 370, jul./set. 2007.

SILVA, S. de A.; LIMA, J. S. de S. Avaliação da variabilidade do estado nutricional e produtividade de café por meio da análise de componentes principais e geoestatística. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 271-277, mar/abr, 2012.

SILVA, S. de A.; LIMA, J. S. de S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um latossolo vermelho-amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 15-22, jan./fev. 2010.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, n. 1, p. 237-245, 1981.

SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; SOUZA, Z. M.; BRITO, W. B. M.; FRANCISCON, U.; CASTIONI, G. A. F. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob pastagem em Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 434-441, out./dez. 2015.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. de V.; SILVA, A. J. de; ANJOS, J. L. dos Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos, 206).

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 205-274.

SOUSA, M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, A. das G. C. de; ALVES, R. M.; SOUZA, M. G. de. **Cupuaçu**. Argentina: IICA/PROCISUR, 2017. 23 p. Cartilha (INFOTECA-E).

SOUZA, A. das G. C. de; SOUZA, M. G. de; PAMPLONA, A. M. S. R.; WOLFF, A. C. da S. **Boas práticas na colheita e pós-colheita do cupuaçu**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 8 p. (Circular técnica, 36).

SOUZA, Z. M. de; CERRILLI, D. G. P.; COLET, M. J.; RODRIGUES, L. H. A.; MAGALHÃES, P. S. G.; R. J. A. M. Análise dos atributos do solo e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar com o uso da geoestatística e árvore de decisão. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 40, n. 4, p. 840-847. abr. 2010.

SRIVASTAVA, R. M. **Describing spatial variability using geostatistics analysis**. In: SRIVASTAVA, R. M.; ROUHANI, S.; CROMER, M. V.; JOHNSON, A. I.; DESBARATS, A. J. (Ed.). *Geostatistics for environmental and geotechnical applications*. West Conshohocken: ASTM, 1996. p. 13-19.

TEIXEIRA, A. L.; GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, J. C. ROCHA, R. B.; PEREIRA, A. A. Análise de componentes principais em caracteres morfológicos de café arábica em estágio juvenil. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 205-210, abr./jun. 2013

TRANGMAR, B.B. et al. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties**. Advances in Agronomy, New York, v.38, n.1, p.45-93, 1985.

VALERI, S. V.; POLITANO, W; SENO, K. C. A.; BARRETO, A. L. N. M. **Manejo e recuperação Florestal**. Jaboticabal: Funep. 2003, 180 p.

VENTURIERI, G. A.; RONCHI-TELES, B.; FERRAZ, I. D. K.; LOURDE, M.; HAMADA, N. **Cupuaçu**: a espécie, sua cultura, usos e processamentos. Belém: Clube do Cupu, 1993.108 p.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H., SCHAEFER, G. R. (Eds.) **Tópicos em Ciência do solo. Viçosa**: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-54.

VIEIRA, S. R.; PIERRE, L. H.; GREGO, C. R.; SIQUEIRA, G. M. Relação espacial entre características dendrométricas de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e de atributos físicos do solo. **Revista de Ciências da Vida**, v. 32, p. 63-73, 2012.

WADT, P. G. S.; ARAÚJO, E. A.; COSTA, F. C. Manejo de fertilizantes e resíduos na Amazônia Sul-Occidental. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. 1 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, v.1, p. 141-170, 2010.

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

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento de fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. de S.; COELHO, R. I. Correlação e variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produção de bananeira 'prata-anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, Volume Especial, p. 479-484, out. 2011.