

DÉBORAH VERÇOZA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DE CONSÓRCIOS, VARIABILIDADE DE  
ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO PRODUTIVO DO  
CUPUAÇUZEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO PROJETO**



RIO BRANCO - AC

2018

DÉBORAH VERÇOZA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DE CONSÓRCIOS, VARIABILIDADE DE  
ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO PRODUTIVO DO  
CUPUAÇUZEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO PROJETO  
RECA**

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

Orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira

RIO BRANCO - AC

2018

S586c Silva, Déborah Verçoza da, 1987-

Caracterização de consórcios, variabilidade de atributos do solo e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais no Projeto RECA / Déborah Verçoza da Silva; orientador Dr. Tadário Kamel de Oliveira. – 2018.

140 f.: il.; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rio Branco, 2018.

Incluem referências bibliográficas e apêndices.

---

Bibliotecária: Maria do Socorro de Oliveira Cordeiro CRB-11/667

**DÉBORAH VERÇOZA DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE CONSÓRCIOS, VARIABILIDADE DE ATRIBUTOS DO SOLO E DESEMPENHO PRODUTIVO DO CUPUAÇUZEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO PROJETO RECA**

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

APROVADA em 15 de agosto de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Dr. Tadário Kamel de Oliveira (Orientador)**  
Embrapa Acre



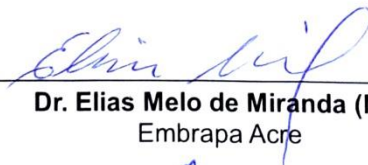
---

**Dra. Sandra Tereza Teixeira (Membro)**  
FAMETA



---

**Dr. Eufran Ferreira do Amaral (Membro)**  
Embrapa Acre



---

**Dr. Elias Melo de Miranda (Membro)**  
Embrapa Acre



---

**Dr. Nilson Gomes Bardales (Membro)**  
UFAC

*À minha amada avó  
Maria Ilmacy da Silva Verçoza  
(in memorian) de todo o meu  
coração, dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida e por sempre iluminar meus caminhos.

Ao meu esposo, parceiro, confidente, companheiro e amigo Tácio de Brito Júnior (Papito) pelo grandioso incentivo, apoio, compreensão, paciência e, principalmente, amor e carinho.

Aos meus pais Hidelbrando Pereira da Silva e Jeane Maria Verçoza da Silva, pelos esforços para educar bem os filhos, sempre com muito amor e carinho. Em especial, à minha mãe por me ensinar que as mulheres podem e devem ser guerreiras, cheias de coragem para enfrentar a vida e cuidar da família.

A toda minha família, tão importante e necessária para minha felicidade, em especial as minhas primas e companheiras de campo Ana Beatriz, Júlia Beatriz, Katrine e Vitória Rayssa. Além das minhas amadas tias/irmãs Aparecida, Regilene e Regiane. Agradeço por sempre me incentivarem e apoiarem.

Ao pesquisador, Dr. Tadário Kamel de Oliveira, pela amizade, apoio, orientação e conselhos, os quais contribuíram para o meu amadurecimento profissional e pessoal.

Às minhas amigas de longa data, que sempre se fazem presentes em momentos importantes da minha vida, Aliny Alencar e Júlia Rodrigues. As amigas que a pós-graduação me proporcionou, Daniela Popim e Maísa Bravin.

À Universidade Federal do Acre (UFAC) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Produção Vegetal pela formação acadêmica.

À banca examinadora da minha defesa de tese pela atenção e contribuições ao trabalho.

À Embrapa Acre pela infraestrutura e apoio técnico.

A toda a equipe de direção, técnicos e produtores do Projeto Reça, em especial ao Diretor presidente Alexandro Queiroz dos Santos, a vice-presidente Eunice Sordi, as técnicas Jersiane Berkembrock e Taysa Faltz Macedo, além dos produtores Arnoldo Berkembrock, Janieli Berkembrock, Joseli Berkembrock e Semildo Kaefer, muito obrigada por toda a contribuição para a execução desta pesquisa.

À Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) em especial ao secretário Edegard de Deus pela compreensão e apoio.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal pelo companheirismo e amizade durante o curso.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento tanto profissional como pessoal.

## RESUMO GERAL

O principal objetivo deste trabalho foi sistematizar informações sobre os arranjos e componentes de consórcios agroflorestais e avaliar a influência de palmáceas no crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais no ramal Baixa Verde no Projeto Reça, em Porto Velho (RO). A caracterização dos consórcios foi realizada de janeiro a abril de 2016. Por meio de entrevistas com os agricultores e visitas nas áreas, coletou-se informações sobre área total da propriedade e das áreas destinadas aos sistemas agroflorestais (SAFs) e monoculturas; idade dos cultivos; além de informações sobre as culturas componentes. Ao total, foram observados 67 SAFs em 20 propriedades. O tamanho médio das propriedades é de 72,8 ha e das áreas de SAFs é de 6,4 ha por propriedade. Dos SAFs estudados, 76% tem até 18 anos de idade e 49% é classificado como consórcio agroflorestal intermediário (até quatro espécies permanentes). A principal combinação observada foi cupuaçu, pupunha e castanheira. A partir destes resultados, para o segundo estudo selecionou-se dois consórcios adjacentes: S1-com cupuaçu e pupunha; S2-com estas mais bacabeira. Além destes tratamentos, mais dois foram alocadas em subparcelas de acordo com a área de copa das palmáceas: A1 - abaixo de 150 m<sup>2</sup>; A2 - acima de 150 m<sup>2</sup>. Foram realizadas avaliações dos atributos químicos do solo e da luminosidade, utilizando ferramentas de geoestatística. As plantas de cupuaçu foram avaliadas quanto ao seu crescimento e produtividade por meio da estatística convencional. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial. Os semivariogramas foram ajustados: três pelo modelo esférico, cinco pelo exponencial e cinco pelo gaussiano. Quanto a fertilidade do solo, os maiores teores de nutrientes foram observados no SAF com cupuaçu e pupunha ( $p < 0,05$ ), especialmente o teor de matéria orgânica. A luminosidade foi maior ( $p < 0,05$ ) no SAF com cupuaçu e pupunha com a menor área de copa (S1A1). O crescimento do cupuaçuzeiro foi superior ( $p < 0,05$ ) no consórcio cupuaçu e pupunha (S1). E a produtividade foi maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos com luminosidade intermediária, no SAF cupuaçu e pupunha com maior área de copa (S1A2) e no consórcio com bacabeira na menor área de copa (S2A1). A luminosidade moderada (244,5 a 278,12  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ) contribuiu para maior produtividade das plantas de cupuaçu.

Palavras-chave: Combinação de espécies. Classificação de SAFs. Interações. Variabilidade espacial. Amazônia.

## ABSTRACT

The main goal of this project was to compile information about the arrangements and components of the agroforestry consortiums, as well as rating the influence of the palm trees on the growth and productivity of the cupuaçu tree in agroforestry systems on the RECA Project's branch road of Baixa Verde. The consortiums' characteristics study was done during the period in between January and April of 2016. Through interviews with the agriculturalists and visits on the areas, were collected the data on the total area of the property and the destined areas to the AFS (agroforestry systems) and monocultures; crops' age; as well as data on the tilths' components. On total, 67 AFS were analyzed in 20 properties. The average size of the properties is of about 72.8 ha and the average size of the AFS' area is of about 6.4 ha per each property. Out of the analyzed AFS, 76% of them are up to 18 years old and 49% are classified as intermediary agroforestry consortium (up to four permanent species). The main combination to be analyzed was cupuaçu, pupunha and castanheira. As of these results, to perform the second study, it was selected two adjacent consortiums: S1 – with cupuaçu and pupunha; S2 - with both cupuaçu and pupunha, as well as bacaba trees. Other than these arrangements, two more were placed in subplots according to the palm trees' tops' areas: A1 – below 150 m<sup>2</sup>; A2 – above 150 m<sup>2</sup>. It was analyzed the chemical aspects of the soil and luminosity, using geostatistical tools. The plants of cupuaçu were analyzed on their growth and productivity through the traditional statistics. All of the variables present space dependency. The semivariograms were adjusted: three for the spherical sample, five for the exponential and five for the gaussian. As for the soil's fertility, the greater amounts of nutrients were found on the ASF with cupuaçu and pupunha ( $p < 0.05$ ), specially the organic material content. The luminosity was greater ( $p < 0.05$ ) on the ASF with cupuaçu and pupunha with the smaller tree top's area (S1A1). The growth of the cupuaçu tree was superior ( $p < 0.05$ ) on the cupuaçu and pupunha consortium (S1). The productivity was better ( $p < 0.05$ ) on the treatments with average luminosity, on the cupuaçu and pupunha ASF with bigger area of the tree tops (S1A2) and on the consortium with bacaba tree with the smaller area of tree tops (S2A1). The average luminosity (244.5 to 278.12  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) contributes to a better productivity of the plants of cupuaçu.

Keywords: Combination of species. ASF classifications. Interactions. Space variability. Amazonia.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa de localização das propriedades com sistemas agroflorestais dos agricultores no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016 .....38
- Figura 2 - Método de classificação de consórcios agroflorestais por meio do número de espécies permanentes introduzidas no sistema, 2016 .....39
- Figura 3 - Número de espécies permanente introduzidas em SAFs de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016.....43
- Figura 4 - Combinações de espécies nos SAFs onde o cupuaçuzeiro é o componente principal, em propriedades de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016 .....45
- Figura 5 - Combinações de espécies nos SAFs onde a pupunheira, o açazeiro e o cafeeiro são os componentes principais, em propriedades de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016.....46
- Figura 6 - Representação do arranjo espacial dos consórcios agroflorestais com (a) cupuaçuzeiro e pupunheira (S1) e (b) cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira no projeto Reça, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia (2017) .....68
- Figura 7 - Distribuição espacial das plantas de cupuaçu, pupunha e bacaba em sistemas agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades do ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....70
- Figura 8 - Esquema de amostragem sistemática com malha regular (3 m x 10 m) utilizada para a coleta de amostras georreferenciadas para análise de variabilidade espacial de atributos do solo em consórcios agroflorestais no Projeto Reça, RO .....71
- Figura 9 - Semivariogramas dos atributos químicos do solo (0-20 cm) e da luminosidade em sistemas agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....81
- Figura 10 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial do pH do solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....87
- Figura 11 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....88
- Figura 12 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de potássio (K) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....90
- Figura 13 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de fósforo (P) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....92

Figura 14 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de magnésio ( $Mg^{2+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	93
Figura 15 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de alumínio ( $Al^{3+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	94
Figura 16 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da acidez potencial ( $H+Al^{3+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	95
Figura 17 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação por alumínio (m%) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	96
Figura 18 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da soma de bases (SB) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	97
Figura 19 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da capacidade de troca catiônica (CTC) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017.....	98
Figura 20 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação por bases no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	99
Figura 21 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da matéria orgânica no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	100
Figura 22 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial do teor de argila no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	104
Figura 23 - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da luminosidade (PAR) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	106
Figura 24 - Estrutura espacial da massa de frutos por planta de cupuaçu em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	111
Figura 25 – Comportamento produtivo do cupuaçuzeiro ao longo da safra em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	113

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estratificação dos tamanhos de propriedades com sistemas agroflorestais no ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016.....	40
Tabela 2 – Uso da terra em propriedades com sistemas agroflorestais dos agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016 .....	41
Tabela 3 - Espécies cultivadas em monocultivo em propriedades sistemas agroflorestais de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016 .....	41
Tabela 4 - Classificação quanto a idade dos SAFs de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016 .....	42
Tabela 5 - Frequência, principais produtos explorados e origem das espécies encontradas nos SAFs dos agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016 .....	48
Tabela 6 - Espaçamentos por espécie, utilizado nos sistemas agroflorestais em propriedades de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016 .....	51
Tabela 7 - Altura e circunferência a altura do peito (CAP) das pupunheiras e bacabeiras consorciadas com o cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais aos 11 anos no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	69
Tabela 8 - Tratamentos das parcelas e subparcelas nos consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copa em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	69
Tabela 9 - Estatística descritiva das variáveis de crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro (altura total (AT), CAP, área da copa, número médio de frutos (NMF), massa média de frutos (MMF)), de luminosidade (PAR), dos atributos químicos e argila do solo .....	76
Tabela 10 - Componentes da semivariância e grau de dependência espacial (GDE) dos atributos químicos do solo e luminosidade (PAR) em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde do Projeto Reca, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017.....	79
Tabela 11 - Valores de pH, cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}^{3+}$ ) e saturação de bases (V) em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017	89
Tabela 12 - Fósforo (P), potássio (K), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), capacidade de troca catiônica (CTC), soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO) e teor de argila em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	91
Tabela 13 - Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e teor de argila em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	95
Tabela 14 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e a luminosidade (PAR) em consórcios agroflorestais em	

propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	103
Tabela 15 - Valores de luminosidade (PAR) em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	106
Tabela 16 - Altura total (AT) e circunferência do tronco (CAP) do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	108
Tabela 17 - Área de copa (m <sup>2</sup> ), número médio de frutos (NMF) e massa média de frutos (MMF) do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	110
Tabela 18 - Produção acumulada do cupuaçuzeiro durante o período da safra (fevereiro a junho) em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	110
Tabela 19 - Massa individual de frutos (MIF) do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017 .....	112

## **LISTA DE APÊNDICES**

Apêndice A – Questionário aplicado aos agricultores de propriedades com sistemas agroflorestais no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2016 .....	141
--	-----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
2.2 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs) .....	17
2.2 CUPUAÇUZEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS .....	20
2.3 VARIABILIDADE ESPACIAL EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS .....	22
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26
<b>CAPÍTULO I</b> .....	32
<b>CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CONSÓRCIOS AGROFLORESTAIS NO RAMAL BAIXA VERDE NO PROJETO RECA</b> .....	32
<b>RESUMO</b> .....	33
<b>ABSTRACT</b> .....	34
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	35
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	37
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	37
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	54
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	55
<b>CAPÍTULO II</b> .....	60
<b>VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO CUPUAÇUZEIRO EM DOIS CONSÓRCIOS AGROFLORESTAIS NO RECA</b> .....	60
<b>RESUMO</b> .....	61
<b>ABSTRACT</b> .....	62
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	63
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	66
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	66
2.2 VARIÁVEIS ANALISADAS .....	70
2.2.2 Atributos químicos do solo .....	71
2.2.3 Luminosidade.....	71
2.2.4 Desempenho do cupuaçuzeiro .....	72
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	73
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	75
3.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	75
3.2 ATRIBUTOS DO SOLO E LUMINOSIDADE .....	78
3.4 DESEMPENHO DO CUPUAÇUZEIRO .....	107
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	114
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	115
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	123
<b>REFERÊNCIAS GERAIS</b> .....	124
<b>APÊNDICES</b> .....	140

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, o desmatamento na Amazônia brasileira tem causado inúmeros prejuízos associados à perda de biodiversidade, redução da ciclagem de nutrientes (LUIZÃO, 2007) e do ciclo hidrológico água (COHEN et al., 2007) e a degradação de serviços ambientais providos, contribuindo diretamente para o aquecimento global (FEARNSIDE, 2005). Estima-se que cerca 19% da Amazônia Legal tenha sido desmatada, principalmente na região conhecida como “arco do desmatamento”, que abrange a área entre o sudeste do Maranhão, o norte do Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e o sudeste do Acre (INPE, 2018; RODRIGUES; FERREIRA 2013).

As principais atividades relacionadas a esta alteração da paisagem na região são a exploração predatória de madeira e produtos não madeireiros, agricultura de corte e queima, a pecuária extensiva e a agricultura extensiva de grãos. Essa expressiva porção de área desmatada, e em muitos casos, abandonadas, pode ser reincorporada ao processo produtivo mediante o uso de sistemas produtivos adaptados às condições ambientais da Amazônia (BRIENZA JÚNIOR et al., 2009).

O melhor aproveitamento dessas terras, especialmente das extensas áreas de pastagens degradadas, seria suficiente para atender às necessidades de aumento da produção agropecuária brasileira sem precisar desmatar novas áreas para cultivo (SAMBUICHI et al., 2012).

A atividade agropecuária na Amazônia necessita de tecnologias que permitam conciliar o crescimento da produção e a redução dos impactos gerados por essas atividades sobre os recursos naturais. Os sistemas agroflorestais (SAFs) se enquadram neste contexto, sendo uma alternativa viável para geração de renda e reflorestamento das áreas desmatadas.

Os sistemas agroflorestais são considerados como importante alternativa de uso sustentável, tendo como principal objetivo contribuir para a segurança alimentar e o bem-estar social e econômico dos produtores rurais, particularmente aqueles de baixa renda, assim como para a conservação dos recursos naturais (ARCO-VERDE, 2008).

A definição dos componentes dos sistemas agroflorestais é, em sua grande maioria, realizada pelo agricultor de acordo com fatores socioeconômicos, ambientais, além de suas necessidades vitais, como alimentação e saúde (plantas medicinais) (CASTRO et al., 2009), contribuindo para que ocorra grande diversidade de combinações de consórcios, podendo ser modificados ao longo do tempo.

A diversificação de espécies proposta pela implantação de sistemas agroflorestais fortalece a sustentabilidade destes modelos. O adequado planejamento e manejo possibilita que os SAFs associem ganhos ambientais e econômicos. Vale ressaltar que as interações entre os componentes do consórcio podem ser positivas, o que contribui com a obtenção de maior produtividade e favorece a conservação dos recursos naturais; ou negativas, ocorrendo situações de competição ou alelopatia; e até mesmo relações de caráter neutro, sem um efeito significativo para os componentes. Os componentes e sua distribuição espacial influenciam diretamente o tipo de interação.

Os sistemas agroflorestais são complexos e heterogêneos, com aspectos que podem variar no tempo e espaço. Diante de diferentes espécies e possibilidades de interações dentro de um mesmo SAF, o aspecto de heterogeneidade deve ser considerado nas avaliações destes consórcios, uma vez que as diferenças biofísicas e interações dos componentes podem resultar em valores numéricos que variam dentro do sistema. Porém, nos métodos clássicos de avaliação de sistemas agroflorestais os valores médios são considerados como a referência de uma área, desconsiderando a variabilidade espacial existente.

Apesar de existirem trabalhos realizados sobre SAFs na Amazônia (BENTES-GAMA et al., 2005; BRIENZA JÚNIOR et al., 2009; CASTRO et al., 2009) comprovando o potencial produtivo deste sistema, é necessário difundi-lo como atividade sustentável de uso da terra, buscando adequar técnicas, componentes e arranjos específicos para cada região.

Para incentivar a adoção dos SAFs pelos produtores é relevante a realização de trabalhos que registrem exemplos de consórcios conduzidos em campo e comprovem a sustentabilidade destes modelos. Diante disso, o principal objetivo deste trabalho foi sistematizar informações sobre os arranjos e

componentes de consórcios agroflorestais, além de avaliar a variabilidade espacial de atributos do solo e o crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais do ramal Baixa Verde no Projeto Reça.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Diante do tradicional sistema de uso da terra na Amazônia, baseado na agricultura itinerante e pastagens extensivas causando desequilíbrios socioeconômicos e ambientais, a produção agropecuária nesta região carece de formas de cultivo mais sustentáveis, como por exemplo, os sistemas agroflorestais (SAFs).

A consorciação de diferentes componentes é uma alternativa aos problemas de degradação ambiental e perda da produtividade do solo. Essa combinação de espécies confere aos SAFs características semelhantes as de um ambiente natural, com a criação de diferentes estratos vegetais, onde as árvores e/ou os arbustos, pela influência que exercem no processo de ciclagem de nutrientes e no melhor aproveitamento da energia solar, são considerados os componentes estruturais básicos e a chave para a estabilidade do sistema (ALBUQUERQUE, 2016; RIBASKI, 2007).

A maior diversidade de espécies no sistema também aumenta a complexidade do mesmo. A caracterização dos componentes é fundamental para o entendimento das interações biofísicas e adaptação do manejo para cada SAF. Além disso, a diversidade de condições regionais do país indica a necessidade de estudos regionalizados sobre a viabilidade da combinação de diferentes espécies.

### 2.2 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs)

As atividades agropecuárias na Amazônia necessitam considerar as particularidades edafoclimáticas da região, com tecnologias e investimentos que promovam e incorporem às áreas abandonadas, a modernização e adaptação às condições ecológicas locais, transformando-as em atividades produtivas e sustentáveis (OLIVEIRA, 2015).

A mudança na cobertura vegetal do solo ocasiona alterações químicas, físicas e biológicas. A conversão da floresta para atividades agropecuárias precisa considerar que a matéria orgânica em áreas de mata é fator imprescindível para a manutenção da qualidade do solo (CARMO et al., 2014). A redução nos teores de matéria orgânica em sistema convencional com base no monocultivo ocasiona mudanças nas propriedades físicas do solo, principalmente na densidade do solo, na porosidade e na disponibilidade de água (CUNHA et al., 2001; GOMES et al., 2015), nas propriedades químicas, com aumento da CTC e redução do teor de  $Al^{+3}$  (ALMEIDA et al., 2005; SOUZA; ALVES,

2003) e nas biológicas, com aumento da atividade microbiana (OLIVEIRA et al., 2015). Sistemas conservacionistas, como os sistemas agroflorestais, podem aumentar e/ou manter a quantidade e a qualidade da matéria orgânica, resultando na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Os sistemas agroflorestais são conceituados como o conjunto de práticas de cultivo intencional de espécies florestais (árvores, palmeiras e culturas agrícolas, com ou sem a presença de animais, em uma mesma unidade de área, para beneficiar o sistema através de interações ecológicas e econômicas, como o aumento do rendimento das culturas, a redução da insegurança alimentar, a melhoria dos serviços ambientais e a resiliência dos agroecossistemas (LORENZ; LAL; 2014; NAIR, 1985; SILVA, 2013).

O potencial de sustentabilidade dos SAFs envolve aspectos como melhor utilização do solo e da mão de obra, maior produção e produtividade, menor intensidade de manejo do ecossistema, manutenção e aumento da biodiversidade, melhoria dos atributos do solo (químicos, físicos e biológicos), além de maior diversidade de produtos, reduzindo os riscos de flutuações do mercado possibilitando maior autonomia aos agricultores (LOPES, 2001). A introdução de SAFs em agroecossistemas contempla tanto as variáveis socioeconômicas quanto a ambiental, visando a sustentabilidade do sistema produtivo (MAY et al., 2005).

A combinação de espécies com diferentes arquiteturas, exigências nutricionais e sistema radicular favorece as interações positivas no SAF. A presença de árvores desempenha diversas funções, promovendo estabilidade e diversidade de produtos, assegurando, ao mesmo tempo, as funções ambientais que permitem a manutenção da fertilidade e o incremento nas características produtivas do solo, fornecendo matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes às plantas cultivadas e conservando a umidade, além do efeito do sombreamento temporário ou permanente a outros componentes do sistema. Além dessas funções produtivas, a cobertura arbórea ajuda na conservação da biodiversidade, particularmente quando as árvores selecionadas são frutíferas que atraem pássaros (que ajudam na regeneração florestal ao dispersar sementes), permitindo a recuperação da paisagem em corredores ecológicos (MACÊDO, 2008; MAY et al., 2005).

Há tempos, os povos tradicionais, como os indígenas e ribeirinhos, utilizam os SAFs em seus cultivos, como os castanhais silvestres (DUBOIS, 2004), quintais agroflorestais (DUBOIS, 2009), possuindo vasto conhecimento sobre o manejo e

técnicas produtivas que garantem o equilíbrio ecológico dos recursos naturais (CASTRO et al., 2009). Atualmente, a maior parte dos SAFs implantados na Amazônia é comercial, manejados com dois objetivos fundamentais: maior geração de renda e sustentabilidade.

A diversificação de espécies nos sistemas agroflorestais possibilita a exploração de diferentes estratos e também de diferentes profundidades do solo, colaborando para melhor aproveitamento da radiação solar e da ciclagem de nutrientes. Veiga et al. (2014), comparando sistemas agroflorestais com os convencionais monocultivo, concluíram em seu trabalho que o consórcio das espécies cupuaçu e pinho cuiabano melhoram a qualidade química do solo, sendo este um sistema promissor para o uso e conservação dos solos no cenário amazônico. Confirmando estes estudos, Vieira et al. (2015) observaram um aumento nos teores de P, K e MO de 302%, 144,8% e 177% três anos após a implantação de SAF de cafeeiro com acácia australiana, gliricídia, bananeira e pau de balsa, com manejo de poda das leguminosas arbóreas para formação de biomassa para incorporação ao solo. COUTO et al. (2013) concluíram que a implantação de SAFs possibilitou maior diversidade da produção, como também uma melhoria na qualidade dos produtos e maior produtividade.

Carmo et al. (2014), em estudo sobre a nutrição do cafeeiro em SAF e manejo convencional, observaram maiores concentrações de cálcio, magnésio e saturação de bases no sistema consorciado, sendo atribuído esta melhoria ao aumento da matéria orgânica no solo. A presença de componentes arbóreos somada à diversidade de espécies nos SAF's propicia um aporte contínuo de resíduos vegetais, facilitando a manutenção da matéria orgânica do solo (IWATA et al., 2012; LEITE et al., 2010). A manutenção da MO melhora a qualidade edáfica refletindo diretamente no desempenho das culturas, uma vez que, além de atuar como fonte de energia para a biomassa microbiana, também é fonte de nutrientes para as plantas (SILVA et al., 2015). Ronquim (2010) cita que a matéria orgânica contém praticamente todos os macro e micronutrientes e, além disso, melhora a estrutura do solo e aumenta sua fertilidade.

Existe uma grande variedade de sistemas agroflorestais, os quais diferem quanto aos seus arranjos estruturais (espacial e temporal), composição florística, papel funcional dos componentes e aspectos ecológicos, manejo do sistema, objetivos da produção e características socioeconômicas predominantes (MARTINS; RANIERI, 2014), sendo planejado e definido conforme as necessidades e aptidões

de cada produtor e também da região.

O cultivo de frutíferas em SAFs é uma opção viável para a produção dessas espécies, apoiada em alguns aspectos relevantes, como: possibilidade de aumento da renda familiar e melhoria da dieta alimentar; aumento da oferta de frutas nos centros urbanos, tornando esses produtos acessíveis à população de baixo poder aquisitivo; e possibilidade de desencadear o processo de desenvolvimento agroindustrial na região (MACÊDO, 2008). Espécies como o cacaueteiro, cupuaçuzeiro e açazeiro, que naturalmente exigem sombreamento, ocorrem com grande frequência em SAFs da região amazônica (BOLFE; BATISTELLA, 2011). Reisdorff et al. (2000), estudando o desenvolvimento e produção de cupuaçuzeiro em SAF multiestratificado e em monocultivo, observaram que o cultivo a pleno sol retardou o desenvolvimento das plantas. O mesmo ocorreu com a produção, sendo superior na área de SAF.

## 2.2 CUPUAÇUZEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) é uma frutífera perene, que apresenta como principais características o aroma intenso e agradável do fruto, o sabor exótico da polpa, e amêndoas ricas em óleo, que credenciam essa espécie como uma das fruteiras nativas mais promissoras do Norte brasileiro (ALVES; FERNANDES, 2012).

O cupuaçuzeiro é uma espécie nativa da floresta tropical úmida, com boa adaptação à sombra, o que a torna apropriada para o cultivo consorciado, como em sistemas agroflorestais (MATOS, 2007). A espécie pertencida à família Sterculiaceae (subfamília Sterculioideae) e atualmente está classificada dentro da família Malvaceae. O gênero *Theobroma* possui 22 espécies, com maior importância econômica *T. cacao* e *T. grandiflorum* (ALVES, 2002; ALVES et al., 2012; OLIVEIRA, 2003).

O cupuaçuzeiro é uma planta alógama com um sistema de autoincompatibilidade controlado geneticamente, característica típica do gênero *Theobroma*, sendo este um dos principais responsáveis pela baixa taxa de frutificação desta espécie (RAMOS et al., 2005). O fruto é uma baga com formatos variáveis, extremidades obtusas ou arredondadas e casca rígida, de coloração castanho-escura. Possui diâmetro de 9 a 15 cm, comprimento de 10 a 40 cm, massa variando de 200 a 4000 g, com média de 1200 g. A polpa, mucilaginosa, é abundante, ácida, de coloração amarela, creme ou branca, odor ativo e sabor

agradável. As sementes, envoltas pela polpa, aparecem normalmente dispostas em cinco fileiras, em número de 15 a 50 (SOUZA, 2007; SOUZA et al., 2011).

Por ser uma espécie umbrófila, os pomares de cupuaçuzeiro podem ser formados por cultivos solteiros, os consórcios provisórios ou definitivos, em diferentes arranjos (MÜLLER; CARVALHO, 1997). Apesar dessas possibilidades de plantio, de acordo com Andrade et al. (1999), no Acre e na região fronteira com Rondônia (Vilas Nova Califórnia e Extrema) cerca de 80% da produção de frutos de cupuaçu é originada de consórcios agroflorestais. O cupuaçuzeiro é uma espécie que vem sendo bastante utilizada como um dos principais componentes dos plantios agroflorestais e tem apresentado melhor desenvolvimento em comparação aos monocultivos (GASPAROTTO et al., 1997) condicionando maior eficiência no uso do solo, aumentando a economicidade e possibilitando receitas na entressafra, geradas pela cultura sombreadora ou consorciada, sem afetar o número de plantas de cupuaçuzeiro por hectare (MÜLLER; CARVALHO, 1997).

O cupuaçuzeiro é uma espécie adaptada à sombra e por isso naturalmente apresenta aptidão para cultivos consorciados com espécies arbóreas de grande porte, tais como: seringueira, castanheira, mogno e frutíferas de porte florestal, participando como componente de sistemas agroflorestais, permitindo resultados econômicos e ecológicos satisfatórios (LOCATELLI et al., 1996). Silva et al. (2007) em trabalho sobre a influência do sombreamento no desenvolvimento de mudas de cupuaçuzeiro, recomendaram sombreamento de 50%. De acordo com estes autores, o sombreamento é importante para a planta se estabelecer, havendo posteriormente um gradativo requerimento por luz, e que a otimização da produtividade deverá ser alcançada com um leve sombreamento na fase adulta.

Além do potencial produtivo, o cupuaçuzeiro contribui para a melhoria dos atributos químicos do solo. McGrath et al. (2001) observaram que um sistema agroflorestal com cupuaçuzeiro e pupunheira apresentou resultados superiores à área de floresta para CTC, Ca, Mg e pH. Corrêa (2005), comparando a eficiência de espécies frutíferas e florestais na ciclagem de nutrientes em SAF, observou que o cupuaçuzeiro foi a espécie mais eficiente na ciclagem de P, K e Ca. Este autor também observou que as plantas de cupuaçu apresentaram deposição anual de serapilheira de 1,41 t ha<sup>-1</sup>. Tais características contribuem para que o cupuaçuzeiro seja um componente importante dos SAFs também como árvore de serviço, contribuindo para a melhora das características químicas do solo.

O cupuaçuzeiro é uma espécie bem adaptada ao sombreamento, apresentando resultados promissores em cultivos consorciados com espécies vegetais de grande porte, tais como a castanheira (*Bertholletia excelsa*), espécies de palmeiras, como pupunheira (*Bactris gasipaes*), além de espécies leguminosas arbóreas, com ingá de metro (*Inga edulis*) (JARDIM et al., 2004; LOCATELLI et al., 1996; SILVA JUNIOR; CARDOSO, 2006). No distrito de Nova Califórnia (RO) a Associação dos Pequenos Agrossilvicultores do Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) investe no plantio de cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais desde 1989. As espécies consorciadas foram cupuaçuzeiro, pupunheira e castanheira, porém, atualmente, existe grande variedade de combinações para consórcios com cupuaçuzeiro na região (ÂNGELO, 2014).

A diversificação de espécies proposta pelos SAFs contribui para que em um mesmo consórcio ocorram diferentes interações, que variam de tipo e intensidade de acordo com as características dos componentes e sua localização espacial no sistema. O planejamento adequado para definir os componentes e o arranjo de um sistema agroflorestal é base para o estabelecimento de interações positivas no consórcio.

Falesi et al. (2011), em levantamento de dados contidos em referências bibliográficas sobre SAFs, concluíram a combinação de espécies mais citada foi a de cupuaçuzeiro e pupunheira. Apesar de ter grande ocorrência, a consorciação destas espécies, assim como de outras, deve ser planejada de acordo com a arquitetura da planta, o sistema radicular, a presença de substâncias alelopáticas, a forma de colheita (ou coleta) dos produtos a serem explorados, a fim de não prejudicar o crescimento e produtividade da cultura do cupuaçu.

Considerando que as características do gênero *Theobroma*, 87% do sistema radicular concentra-se do cupuaçuzeiro concentram-se nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, enquanto que a pupunheira apresenta 92% de suas raízes nos primeiros, porém o volume do sistema radicular das plantas de pupunha é 59% maior que no cupuaçuzeiro, tendo vantagens na absorção de água e nutrientes devido seu vigor e extensão, podendo, em casos de alta densidade e espaçamentos, prejudicar o cupuaçuzeiro (GÓES et al., 2004; LOCATELLI et al., 2001).

### 2.3 VARIABILIDADE ESPACIAL EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Avanços tecnológicos na agropecuária têm mostrado a importância de se medir

a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, com o objetivo de otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir custos (CARVALHO et al., 2002). Em sistemas agroflorestais ocorre grande diversidade de espécies que interagem entre si de acordo com sua espacialidade no sistema. Tais interações somadas a variabilidade espacial intrínseca dos solos (CAMBARDELLA et al., 1994), demonstram a necessidade de uma metodologia de avaliação específica capaz de complementar ou substituir os métodos estatísticos convencionais, que possibilitem informações mais precisas e com maior relação benefício/custo (AMARAL et al., 2018).

A fim de otimizar a utilização de recursos como água, nutrientes e luminosidade, os sistemas agroflorestais devem ser planejados considerando as particularidades de crescimento e produção de cada espécie. Dentre os aspectos que devem ser levados em consideração na implantação dos consórcios agroflorestais, destacam-se os possíveis arranjos que se pode estabelecer para as espécies. A distribuição espacial das plantas influenciará o sistema por um longo período, seja na execução e nos custos que deverão ser dispensados à lavoura, seja na sua produtividade e longevidade (OLIVEIRA, 2009).

Nos sistemas agroflorestais, associado à diversidade de espécies esta a natural heterogeneidade dos solos, que pode ser potencializada conforme o tipo uso da terra, sistemas agrícolas e práticas de manejo. A variabilidade intrínseca tem sido associada à variação natural nos solos, enquanto a variabilidade extrínseca significa variações impostas pelas práticas de produção das culturas (FERREIRO et al., 2016). Zanão Júnior et al. (2010), observaram que a prática de calagem e adubação proporcionou homogeneidade do solo, resultando fraca dependência espacial dos atributos químicos edáficos.

A distribuição espacial entre as espécies influencia no desempenho do sistema. Andrade et al. (1999) citam que em SAFs em que a pupunheira está a menos de cinco metros de distância do cupuaçuzeiro ocorre forte competição por água e nutrientes, principalmente pelo potássio, altamente requerido por ambas as espécies. Locatelli et al. (2001), em estudo de sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, citam que a competição com a pupunheira ocorre devido ao vigoroso e extenso sistema radicular da palmácea, que pode atingir até seis metros de raio. Um arranjo espacial adequado, considerando as características das espécies, ameniza a competição e favorece o desempenho do consórcio (GAMA, 2003).

As avaliações de acordo com a distribuição no espaço são realizadas por

meio da geoestatística, a qual possibilita a determinação da variabilidade de variáveis que apresentem dependência espacial, ou seja, que apresentem grau de organização e continuidade (VIEIRA, 2000). A geoestatística baseia-se na teoria das variáveis regionalizadas, que considera as diferenças entre pares de valores de uma propriedade como sendo a função de sua distância de separação e expressa essas diferenças como suas variações (FERREIRO et al., 2016). De acordo com Nogueira et al. (2008), a geoestatística possibilita uma caracterização mais detalhada dos atributos do solo, pois permite uma descrição quantitativa da variabilidade espacial dos mesmos, por meio de uma estimativa não tendenciosa e uma variância mínima para aqueles valores não amostrados.

No estudo do comportamento das variáveis regionalizadas duas são as ferramentas fundamentais dos métodos geoestatísticos: o semivariograma e a krigagem (LANDIM, 2006). O semivariograma é a ferramenta básica de suporte para a krigagem. Por meio de um gráfico que relaciona a semivariância de uma variável qualquer com uma distância ( $h$ ). Os semivariogramas apresentam três importantes parâmetros: (1) o efeito pepita ( $C_0$ ), que se refere ao valor da semivariância para a distância zero e representa o componente da variação ao acaso; (2) o patamar ( $C_0 + C_1$ ), que é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante (é o máximo da semivariância). O patamar é atingido quando a variância dos dados se torna constante com as distâncias entre as amostras e esse parâmetro permite a determinação da distância limite entre a dependência e a independência entre as amostras; (3) o alcance ( $a$ ), que é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, é considerado o limite da dependência espacial da grandeza medida (AQUINO et al. 2014; CARNEIRO et al., 2016; VIEIRA, 2000).

Em estudo sobre a variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob monocultivo de cana-de-açúcar e sistema agroflorestal, Oliveira et al. (2013) concluíram que os menores valores de alcances (21,0 m) na área sob cultivo de cana-de-açúcar demonstraram maior variabilidade espacial dos atributos físicos do solo, enquanto na de SAF, que apresentou valores mais elevado (68,3 m), foi apresentada menor variabilidade, em razão do menor impacto das práticas agrícolas. Segundo Carneiro et al. (2016), o alcance de um atributo garante que todos os vizinhos – dentro de um círculo com esse raio – são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles, ou seja, permite a validação do processo de krigagem. Vale ressaltar, que valores baixos de alcance indicam maior descontinuidade na



distribuição das variáveis (MOTOMIYA et al., 2006; RODRIGUES et al., 2015).

Após o cálculo dos semivariogramas, estes devem ser ajustados a um modelo teórico. Todos os cálculos de geoestatística dependem do valor do modelo do semivariograma para cada distância especificada. Por isso, se o modelo ajustado estiver errado, todos os cálculos seguintes também o estarão. O modelo de ajuste que definirá os parâmetros do semivariograma, efeito pepita, patamar e alcance. Os modelos ajustados mais utilizados podem ser linear, esférico, exponencial ou gaussiano (VIEIRA et al., 2002).

A krigagem é o método de interpolação que usa a dependência espacial expressa no semivariograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, essas características fazem da krigagem um ótimo interpolador (CARVALHO et al., 2012; GREGO; VIEIRA, 2005). Carvalho et al., 2012 observaram que a krigagem apresentou desempenho 82 vezes mais preciso que o interpolador do inverso do quadrado da distância. Portanto, é esperado que medições localizadas próximas sejam mais parecidas entre si do que aquelas separadas por grandes distâncias, isto é, que aumente a semivariância com a distância até um valor máximo, no qual se estabiliza em um patamar correspondente à distância limite de dependência espacial, que é o alcance. Medições localizadas a distâncias maiores que o alcance terão distribuição aleatória, razão por que serão independentes entre si (CARVALHO et al., 2017).

A krigagem usa informações a partir do semivariograma para encontrar os pesos ótimos a serem associados às amostras que irão estimar um ponto, uma área ou um bloco. Como o semivariograma é uma função da distância entre locais de amostragens, mantendo o mesmo número de amostras, os pesos são diferentes de acordo com o seu arranjo geográfico (LANDIM, 2006). O uso do semivariograma para a estimativa por krigagem não exige que os dados tenham distribuição normal, mais importante que a normalidade, é que os semivariogramas apresentem patamares bem definidos, permitindo aceitar a hipótese intrínseca (RODRIGUES et al., 2015). Souza et al. (2014), apesar de não obter normalidade dos resultados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, obtiveram dependência espacial com semivariogramas bem definidos. A partir dos resultados da krigagem pode-se elaborar mapas de contornos (isolinhas) com alta precisão, uma vez que após a interpolação a densidade espacial dos dados será muito maior do que antes (VIEIRA et al., 2002).

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. F. C. The sustainable use of biodiversity and its implications in agriculture: the agroforestry case in the brazilian legal framework. In: MAUERHOFER, V. (Ed.). **Legal aspects of sustainable development: horizontal and sectorial policy issues**. Springer, p. 585-606, 2016.
- ALMEIDA, J. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 437-445, 2005.
- ALVES, R. M. **Caracterização genética de populações de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum., por marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos**. 2002. 159 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- ALVES, R. M.; FERNANDES, J. R. Q. A cultivar de cupuaçuzeiro BRS Carimbó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBF, 2012.
- AMARAL, E. F.; OLIVEIRA, T. K.; BARDALES, N. G.; ARAÚJO, E. A.; OLIVEIRA, C. H. A.; SILVA, D. V.; MORENO, N. M. C. **Caracterização de sistemas agroflorestais com o uso de ferramentas de geostatística**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2018. 33p.
- 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. **O agronegócio do Mercosul e sua inserção na economia mundial: anais**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1999.
- ÂNGELO, D. D. **Do sonho à luta de sobrevivência na Amazônia: “a caminhada” das famílias camponesas do Projeto RECA**. 2014. 119 p. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Departamento de Sociologia, Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2014.
- ÂNGELO, D. D. **Do sonho à luta de sobrevivência na Amazônia: “a caminhada” das famílias camponesas do Projeto RECA**. 2014. 119 p. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Departamento de Sociologia, Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2014.
- AQUINO, R. L.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geoesatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 397-406, 2014.
- ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira**. 2008. 209 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BENTES-GAMA, M. M.; RIBEIRO, G. D.; FERNANDES, C. F.; MEDEIROS, I. M. **Açaí (*Euterpe spp.*): características, formação de mudas e plantio para a**

**produção de frutos.** Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2005. 6 p. (Circular técnica, 80).

BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé-Açu, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1139-1147, 2011.

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 Pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, edição especial, n. 60, p. 67-76, dez. 2009.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; LACERDA, T. M.; NANNETTI, A. N. Chemical and physical attributes of a latosol and coffee crop nutrition in agroforestry and conventional management systems. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 122-131, 2014.

CARNEIRO, J. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FIDELIS, R. R.; SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, p. 1-11, 2016.

CARVALHO, J. C. B.; ESPIDONLA, 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, set. 2017.

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1235-1242, set. 2012.

CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 279-288, 2009.

COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, p. 31-36, 2007.

CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil.** 2005. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

COSENZA, D. N.; OLIVEIRA NETO, S. N.; JACOVINE, L. A. G.; RODRIGUES, C. R.; RODE, R.; SOARES, V. P.; LEITE, H. G. Avaliação econômica de projetos de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 527-536, 2016.

COUTO, M. C. M.; KATO, O. R.; SANTANA, A. C. A evolução agrícola na comunidade Santa Luzia, município de Tomé-açu-PA: do monocultivo à

diversificação da produção em sistemas agroflorestais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas esubstâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.1, n.1, p.27-36, 2001.

DUBOIS, J. C. L. **A origem e a importância sócio-econômica dos castanhais silvestres da Amazônia**. 2004. Disponível em: <<http://www.rebraf.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=22&sid=2>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

DUBOIS, J. C. Sistemas agroflorestais na Amazônia: avaliação dos principais avanços e dificuldades em uma trajetória de duas décadas. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 171-218.

FALESI, L. A.; AMARAL I. G; RODRIGUES V. L. Análise de Referências em Sistemas Agroflorestais no período de 1985-2009: Sistemas silviagrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2011. **Anais...** Belém, Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2011.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in brazilian Amazonia: history, rates and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

FERREIRO, J. P.; ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; ABREU, C. A.; VIEIRA, S. R.; VÁZQUEZ, E. V. Spatial variability of soil organic matter and cation exchange capacity in an oxisol under different land uses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 1, p. 1-34, 2016.

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

GASPAROTTO, L.; ARAUJO, R.C.; SILVA, S.E.L. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais: programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.57-75. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

GÓES, A. V. M.; AUGUSTO, S. G.; MARTINS, P. F. S. Caracterização do sistema radicular efetivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), da pupunheira (*Bactris gaesipaes* h. b. k.) e do açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.) em Latossolo Amarelo álico na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 41, p. 57-65, jan./jun. 2004.

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

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Projeto PRODES: monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>> Acesso em: 30 mar 2018.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 730–738, 2012.

JARDIM, F. C. S.; RIBEIRO, G. D.; ROSA, L. S. Avaliação preliminar de sistema agroflorestal no Projeto Água Verde, Albrás, Barcarena, Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 41, p. 25-46, jan./jun. 2004.

LANDIM, P.M.B. **Sobre Geoestatística e mapas**. Terræ Didatica, Campinas, v. 2, n. 1, p. 19-33, 2006.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F.; QUISEN, R. C. Estudo do comportamento produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA NA AMAZÔNIA, 1., 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: EMBRAPA/CPAA, 1996. p.160 (Documentos, 6).

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, R. C. **Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

LOPES, S. B. **Arranjos institucionais e a sustentabilidade de sistemas agroflorestais: uma proposição metodológica**. 2001. 184 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LORENZ, K.; LAL, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p.443–454, 2014.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 31-36, 2007.

MACÊDO, J. L. V. Cultivo de fruteiras em sistemas agroflorestais. In: ENCONTRO DE FRUTAS NATIVAS DO NORTE E NORDESTE DO BRASIL, 1., 2007, São Luís. **Frutas nativas: novos sabores para o mundo**. São Luís: UEMA: SBF: EMBRAPA: SEBRAE: SEAGRO, 2008.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente e Sociedade**, v.17, n.3, 2014.

MAY, P. H.; BOHRER, C. B.; NOLASCO, S.; CAMPAGNANI, S.; VINHA, V. G.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J. C. L.; MOYA, P. Sistemas agroflorestais e reflorestamento para captura de carbono e geração de renda. In: Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica – ECOECO, 6., 2005, Brasília. **Anais...** Teresina: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2005.

MCGRATH, D. A.; DURYEY, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 83, n. 3, p.

271-284, fev., 2001.

MOTOMIYA, A. V. A.; CORÁ, J. E. ; PEREIRA, G. T. Uso da krigagem indicatriz na avaliação de indicadores de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 485-496, 2006.

MÜLLER, C.H.; CARVALHO, J.E.U. Sistemas de propagação e técnicas de cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.57-75. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 3, p. 97-128, 1985.

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

OLIVEIRA, T. C. **Caracterização, índices técnicos e indicadores de viabilidade financeira de consórcios agroflorestais**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2009.

OLIVEIRA, T. K. Sistemas integrados na Amazônia brasileira: experiências demonstrativas e resultados de pesquisa. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. de (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa; Senar, 2015. p. 71-95.

RAMOS, A. R.; VENTURIERI, G. A.; CUCO, S. M.; CASTRO, N. M. The site of self-incompatibility action in cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 569-578, jul.-set., 2005.

REISDORFF, C. GASPAROTTO, L. LIEBEREI, R. Development and production of cupuaçu plants (*Theobroma grandiflorum*) on degraded areas: implications of water relations. In: **German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – Achievements and Prospects of Cooperative Research**, Hamburg, 2000.

RIBASKI, J. Sistemas Agroflorestais: Benefícios socioeconômicos e ambientais. In: Simpósio sobre Reflorestamento na Região Sudoeste da Bahia, 2., 2007, Vitória da Conquista. **Memórias...Vitória da Conquista: Embrapa Florestas**, 2007.

RODRIGUES, K. M.; HURTADO, S. M. C.; DECHEN, S. C.; VIEIRA, S. R. Spatial variability in soil fertility and particle size and their effects on sugarcane yield. **Sugar Tech**, v. 18, p. 39-48, 2015.

RODRIGUES, M. A.; FERREIRA, M. C. Zoneamento ecológico-econômico, ordenamento territorial e dinâmica espacial do desmatamento da Amazônia brasileira entre 1999 e 2010: análise dos efeitos de instrumentos de política pública de meio ambiente no estado do Acre. IN: ENCUENTRO DE GEOGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 14., 2013. **Anais...** 2013.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 8).

SAMBUICHI, R. H. R.; VIDAL, D. B.; PIASENTIN, F. B.; JARDIM, J. G.; VIANA, T. G.; MENEZES, A. A.; MELLO, D. L. N.; AHNERT, D.; BALIGAR, V. C. Cabruca agroforests in southern Bahia, Brazil: tree component, management practices and tree species conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 4, p.1055-1077, 2012.

SILVA JUNIOR, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 819-825, maio 2006.

SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações**. Itabuna: SBSAF, 2013. 308 p.

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

SOUZA, A. G. C. **Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

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

SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, v. 44, p. 261-268, 2014.

VEIGA, J. B.; SILVA, A. C. S.; RIBEIRO, I. J. S.; OLIVEIRA, A. S.; ROBOREDO, D.; CAIONE, C. Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional Sobre a Qualidade Química do Solo na Amazônia Mato-grossense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, nov., 2014.

VIEIRA, M. V. M.; GIUNTI, O. D.; GRIS, C. F. SILVA, A. V. Indicadores de sustentabilidade e influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre a qualidade do solo e do café arábica em Piumhi-MG. **Revista Verde**, v. 10, n.2, p. 229 - 238, 2015.

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

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.

ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO-ZANÃO, M.P.; GUIMARÃES, E.D. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, v.57, n.3, p.429-438, 2010.

**CAPÍTULO I**  
**CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CONSÓRCIOS AGROFLORESTAIS**  
**NO RAMAL BAIXA VERDE NO PROJETO RECA**



## RESUMO

Os sistemas agroflorestais são uma alternativa viável para agricultura na Amazônia, capaz de conciliar conservação ambiental com produção de agrícola. Diante disso, produtores do Projeto Reca (RO) investem, desde 1989, em cultivos diversificados com a consorciação de espécies, principalmente cupuaçuzeiro, pupunheira e castanheira. Os SAFs apresentam mudanças ao longo do tempo, decorrente das condições de preços, de mercado, do aparecimento de pragas e doenças. Em quase 30 anos de produção muitas combinações e arranjos de consórcios agroflorestais foram implantados nesta região. Apesar desta variedade de modelos, há carência informações sistematizadas sobre os componentes e modelos dos sistemas agroflorestais do Projeto Reca. O objetivo deste trabalho foi descrever os sistemas agroflorestais e as principais combinações de espécies dos SAFs localizados no ramal Baixa Verde do Projeto Reca. O estudo foi desenvolvido nas propriedades de associados ao Projeto Reca localizados no ramal Baixa de janeiro a abril de 2016. A partir de entrevistas com os agricultores e visitas nas áreas, coletou-se informações sobre área total da propriedade e das áreas destinadas aos SAFs e monoculturas; idade dos cultivos; além de informações sobre as culturas componentes, como o ano de plantio de cada uma e o espaçamento. Ao total, foram observados 67 SAFs em 20 propriedades. O tamanho médio das propriedades estudadas é de 72,8 ha e das áreas de SAFs é de 6,4 ha por propriedade. Cupuaçu e pupunha são as espécies mais cultivadas, tanto nas áreas de SAF como em monocultura. A principal combinação observada nos SAFs permanece com cupuaçu, pupunha e castanheira. A maior parte dos consórcios (76%) possui até 18 anos de idade e 49% são classificados como intermediários em termos de composição, pois possuem até quatro espécies permanentes combinadas.

Palavras-chave: Arranjo agroflorestal. Combinação de espécies. Cupuaçuzeiro. Pupunheira. Castanheira.

## ABSTRACT

The agroforestry systems are a viable option for agriculture on Amazonia, able to conciliate the environment conservations with agricultural production. Considering this, the producers of the Reca Project invest, since 1989, in diversified crops with consortium of species – mainly cupuaçu, pupunha and castanha trees. Over the time, the AFS present some changes, as the results of prices and market conditions and appearance of plagues and diseases. Over the almost 30 years of production, a lot of combinations and arrangements of agroforestry consortiums were implanted on this area. Despite the variety of samples, there is a lack of analyzed information about the Reca Project's agroforestry system's components and samples. The main goal of this project was to describe the agroforestry systems and the main combination of species on the AFS allocated on the Reca Project's branch road of Baixa Verde. The study was developed on the Reca Project's associates' properties allocated on the branch road of Baixa Verde in between January and April of 2016. Through interviews with the agriculturalists and visits to the areas, it was collected the data on the total area of the property and the areas that were destined to the AFS and monocultures; crops' age; as well as data on the component crops, such as year of planting of each of them, as well as the space in between them. On total, 67 AFS were analyzed in 20 properties. The average area of the analyzed properties is of about 72.8 ha and the average area of AFS is of about 6.4 ha per each property. Cupuaçu and pupunha are the preferred species to crop, in both areas of ASF and monoculture. The main combination to be analyzed on the ASFs is still cupuaçu, pupunha and castanheira. The better part of the consortiums (76%) is up to 18 years old and 49% are classified as average in terms of composition, as they have up to four combined permanent species.

Keywords: Agroforestry arrangements. Combination of species. Cupuaçu tree. Pupunha tree. Castanheira.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a agropecuária na Amazônia enfrenta o desafio de conciliar o crescimento da produção e a redução dos impactos gerados por essas atividades sobre os recursos naturais.

A alteração da paisagem da floresta amazônica ocorre desde a década de 1970, por meio da intensificação do processo de ocupação na região. A redução da área de floresta é resultado, principalmente, de queimadas, exploração madeireira e expansão da atividade agrícola e pecuária (ARRAES et al., 2012).

O uso de sistemas agrícolas diversificados é uma alternativa viável para a Amazônia, pois permite maior aproveitamento da área cultivada, reduz os riscos de práticas inadequadas de agroecossistemas convencionais através do plantio de várias espécies e variedades de culturas, estabilizando os rendimentos a longo prazo e maximizando os retornos mesmo com baixos níveis de tecnologia e recursos limitados (ALTIERI et al., 2012). A estabilidade e o equilíbrio de um sistema estão intimamente ligados à diversidade, portanto a simplificação da agricultura torna a atividade cada vez mais dependente da interferência humana através do uso de insumos externos e, comumente, de alto custo financeiro.

Nesse contexto, muitas comunidades agrícolas da Amazônia vêm investindo nos SAFs como alternativa sustentável para a produção agropecuária. Com essa perspectiva, o Projeto Reça (Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado) foi criado em 1989, buscando conciliar a geração de renda com o reflorestamento das áreas desmatadas (FRANKE, 2005). Tendo a floresta como referência, os produtores passaram a cultivar espécies perenes nativas combinadas em uma mesma unidade de área, formando SAFs multiestratificados. As espécies escolhidas foram cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), pupunheira (*Bactris gasipaes*) e castanheira (*Bertholletia excelsa*) (VASCONCELOS et al., 2016).

Apesar deste modelo de SAF estabelecido no início do Projeto Reça, atualmente, os consórcios estão em constante transformação e desenvolvimento, sendo possível observar modificações ou adaptações realizadas ao longo do tempo pelos produtores, fazendo com que esses sistemas sejam dinâmicos.

A caracterização destes sistemas contribui para geração de informações acerca do comportamento dos componentes e tendências de mercado. Entretanto, ainda são poucos os estudos que auxiliem os agricultores e técnicos, tanto com

relação às questões de manejo e de densidade das espécies a serem utilizadas, como informações sobre estudo de mercado, e outros, que auxiliem na escolha das melhores espécies para plantio.

No Projeto Reca, observa-se uma grande variedade de combinações de espécies nas propriedades dos associados, porém há carência de informações sistematizadas quanto à combinação de plantas e arranjos desses sistemas, a servir como referência para comunidade visando as novas áreas de plantio.

Além disso, considerando que os principais produtos beneficiados e comercializados pela agroindústria da associação são de origem das espécies selecionadas no início do Reca, supõe-se que a combinação cupuaçuzeiro, pupunheira e castanheira ainda é a principal combinação dos consórcios nas áreas. São necessários estudos que evidenciem a composição destes SAFs a fim de gerar informações que contribuam para o planejamento de novos plantios. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi descrever os sistemas agroflorestais, os principais arranjos de espécies e classificar consórcios agroflorestais localizados no ramal Baixa Verde no Projeto Reca.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O Projeto Reça, localizado na microrregião conhecida como Ponta do Abunã, é um dos grandes exemplos de uso de sistemas agroflorestais na Amazônia.

O estudo foi realizado no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, localizado no distrito de Nova Califórnia, extremo oeste de Porto Velho (RO), na divisa dos estados Acre, Amazonas e Rondônia.

O clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, equatorial quente e úmido, com elevados índices de precipitação pluviométrica, sendo a média anual de 2.250 mm em Porto Velho, durante um período de 25 anos, havendo variação no quantitativo anual. A estação seca ocorre nos meses de junho, julho e agosto. O clima é caracterizado também por altas temperaturas (média anual do ar em torno de 25,5°C) (SEDAM, 2016).

Os principais solos da região são Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Amarelos, Plintossolos, Gleissolos e Neossolos. São solos que apresentam restrições nas características químicas devido ao baixo nível de fertilidade natural, condicionada pelos baixos conteúdos de bases trocáveis e baixa capacidade de troca catiônica (AMARAL et al., 2000).

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os associados do Projeto Reça estão organizados em grupos, definidos, no geral, de acordo com a proximidade das propriedades dos produtores. São dez grupos: Pioneiros I, II e III, Baixa Verde, Cascalho, Eletrônica, BR, Linha 05, Linha 06 e Linha 12. O grupo Baixa Verde, que também nomina a via secundária onde os agricultores residem, foi o local selecionado para a realização do estudo. Fez-se a seleção com base na participação na produção total do projeto Reça, de acordo com dados disponibilizados pela associação, em que o ramal Baixa Verde se destaca pela significativa participação na produção do Reça (60% da produção total<sup>1</sup>).

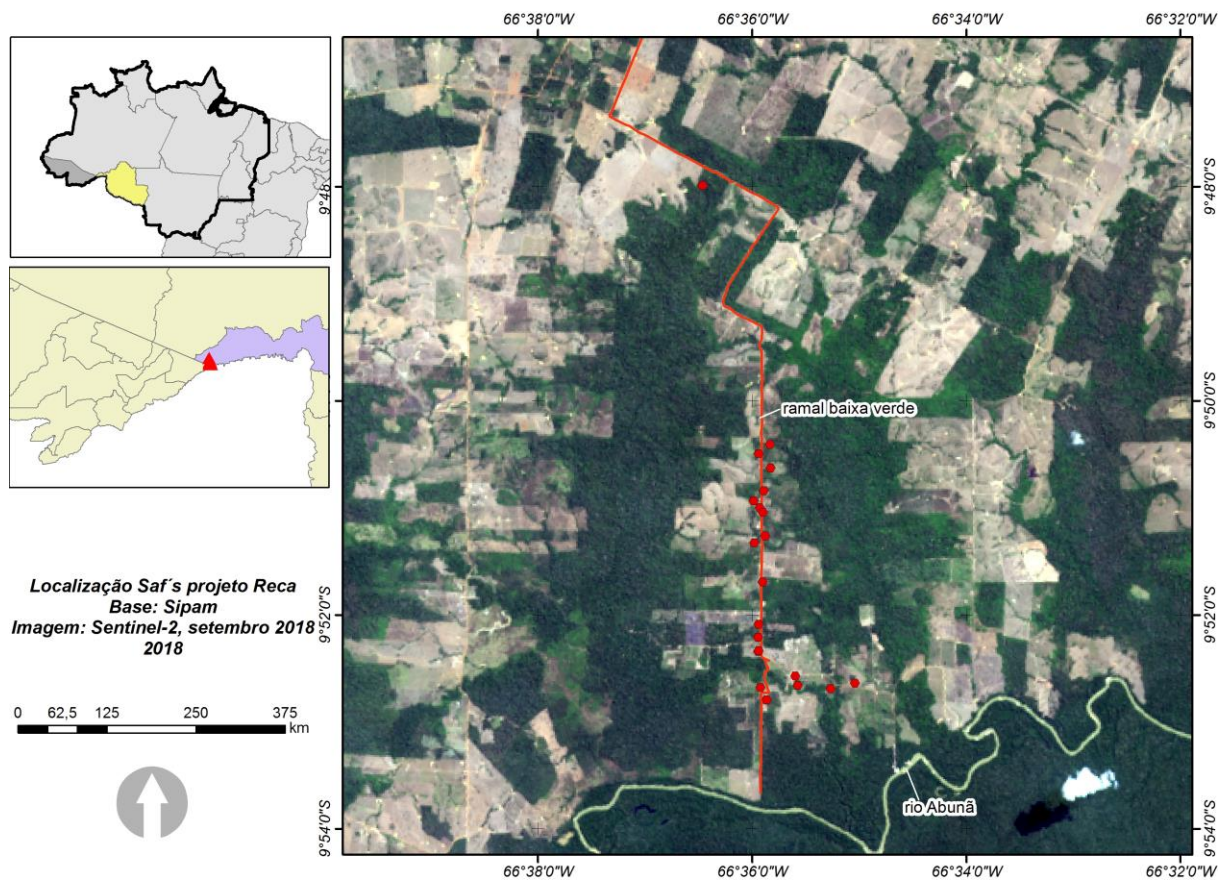
Os dados foram coletados no período de janeiro a abril de 2016. Inicialmente, realizou-se a identificação dos produtores com áreas de SAFs, os quais totalizaram 20 associados. Posteriormente, foi realizada coleta de dados por meio de entrevistas aos produtores, com o preenchimento de um questionário com perguntas sobre a

---

<sup>1</sup> Comunicação pessoal: Alessandro Queiroz dos Santos (Diretor presidente do Projeto Reça).

propriedade e os cultivos, além de visitas nas áreas de plantio dos sistemas agroflorestais. Foram coletadas informações acerca da área total da propriedade e das áreas destinadas a determinado uso do solo (SAF e monocultura); idade dos cultivos; arranjos adotados, além de informações sobre as culturas componentes, como principais produtos explorados e frequência absoluta das espécies. Todas as propriedades visitadas tiveram sua localização (coordenadas geográficas) obtida por meio de sistema de posicionamento global (GPS) (Figura 1). Durante as visitas nas áreas de plantio, foram realizados registros fotográficos e verificados os arranjos e os espaçamentos entre as espécies.

**Figura 1** - Mapa de localização das propriedades com sistemas agroflorestais dos agricultores no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016



## 2.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram realizadas avaliações para caracterização das propriedades e dos sistemas agroflorestais e dos componentes dos consórcios durante o período de janeiro a abril de 2016.

Cada propriedade foi caracterizada quanto a área total do lote, dos sistemas

agroflorestais e monocultivos. As espécies observadas nos cultivos foram classificadas quanto sua origem (nativa ou exótica), principais produtos explorados, além de calculado para cada uma a frequência (F), a qual expressa a porcentagem de SAFs em que cada espécie ocorre. Para a obtenção desta variável utilizou-se a seguinte expressão:

$$F = \frac{ne}{NT} \times 100$$

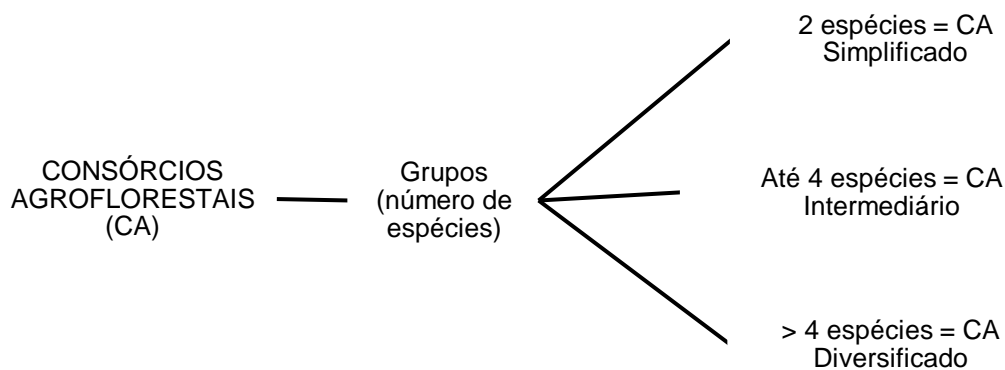
em que F é frequência, ne é o número de vezes que a espécie foi encontrada, e NT, número total de SAFs observados.

Os sistemas agroflorestais também foram classificados quanto a idade de implantação dos consórcios. Considerando que o cupuaçuzeiro é o principal componente dos SAFs da região, a classificação da idade foi realizada conforme o comportamento produtivo desta espécie, que estabiliza sua produção a partir de sete anos (ARAÚJO et al., 2007). Dessa forma estabeleceu-se as seguintes classes: jovem (até 6 anos); intermediário (até 18 anos); maduro (acima de 18 anos).

De acordo com o número de espécies permanentes, os SAFs foram classificados como: simplificado (2 espécies permanentes); intermediário (até 4 espécies permanentes); diversificado (acima de 4 espécies permanentes) (Figura 2).

As combinações de espécies observadas nos sistemas agroflorestais foram registradas para avaliação dos modelos de consórcios mais frequentes no ramal Baixa Verde. E os espaçamentos das espécies também foram avaliados.

**Figura 2** - Método de classificação de consórcios agroflorestais por meio do número de espécies permanentes introduzidas no sistema, 2016



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior parte dos produtores entrevistados (70%) possui lotes de terra com tamanhos variando de 45 a 100 hectares (ha) (Tabela 1). O tamanho médio das propriedades do ramal Baixa Verde é de 72,8 ha, variando entre 5,0 e 191,0 ha. Sá et al. (2000) observaram média de área superior para as propriedades do projeto Reça, de 91 ha. Franke (2005), também encontrou resultados superiores para o tamanho dos lotes, os quais variaram de 10 a 400 ha, com média de 82 ha. Uma tendência que ocorre na zona rural é a divisão dos lotes para transferência entre os membros da família, principalmente dos patriarcas para os filhos (COSTA; RALISCH, 2013), contribuindo para o aumento no número de lotes de menor tamanho. Esta tendência, possivelmente, foi a responsável pela a diminuição dos lotes na região estudada.

**Tabela 1** - Estratificação dos tamanhos de propriedades com sistemas agroflorestais no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016

<b>Estrato (ha)</b>	<b>Nº de produtores</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Média (ha)</b>
5 a 44	4	20,0	12,8
45 a 104	14	70,0	73,8
105 a 200	2	10,0	185,5
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>100,00</b>	

Nas propriedades visitadas os sistemas agroflorestais destacam-se quando comparados ao monocultivo, tanto em número quanto em área de cultivo (Tabela 2). Os SAFs com cultivos perenes podem oferecer uma opção mais rentável em uma área muito menor do que seria necessário para sistemas de produção extensivos (BARROS et al., 2009), característica que contribuiu para adesão dos produtores. No projeto Reça, as áreas de SAFs variaram entre 1,5 a 17,5 ha, e a idade dos sistemas variam entre 1 a 27 anos. Quanto as áreas de monocultivos, observou-se uma variação de 0,5 a 12,0 ha. Em áreas de produtores nipo-brasileiros em Tomé-Açu (PA) os monocultivos possuem área variando de 0,3 a 45,8 ha (BARROS et al., 2009). No entanto, diante da instabilidade e declínio dos monocultivos, agricultores familiares do município e de cidades vizinhas diversificaram suas áreas de monocultivo, implantando sistemas agroflorestais. Suas áreas possuem área



variando de 1 a 8 ha, com idade entre 3 a 21 anos (COUTO et al., 2013).

A superioridade dos resultados para SAFs, tanto de área quanto de número, comprova que este sistema tem apresentado resultados de desenvolvimento e produtividade capazes de afirmar sua viabilidade para região. Em trabalho sobre a percepção dos agricultores sobre SAFs, Barros et al. (2009), cita que maior parte (80,27%) dos produtores entrevistados acham importante a implantação desses sistemas para diversificar e reduzir os custos de produção.

**Tabela 2** – Uso da terra em propriedades com sistemas agroflorestais dos agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016

Uso da terra	Nº total	Média de SAFs por agricultor	Área total (ha)	Média por agricultor (ha)
SAFs	67	3,3	128,0	6,4
Monocultivos	32	1,6	70,4	3,5

Dentre as espécies cultivadas em monocultivo, a pupunheira é a de maior ocorrência (Tabela 3). Essas áreas são principalmente para a exploração do palmito de pupunheira. De acordo com Neves et al. (2007), o plantio da pupunheira para palmito deve ser realizado em áreas abertas com bastante incidência solar (monocultivos).

**Tabela 3** - Espécies cultivadas em monocultivo em propriedades sistemas agroflorestais de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016

Nome comum	Nome científico	Qntidade	F (%)	Área total (ha)	Principais produtos	Origem
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	21	65,63	51,1	Semente, palmito	Nativa
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	7	21,88	12,5	Polpa, gordura vegetal, torta	Nativa
Café	<i>Coffea sp.</i>	2	6,25	4,5	Polpa	Exótica
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	1	3,13	0,3	Raízes, manivas	Nativa
Milho	<i>Zea mays</i>	1	3,13	2,0	Grãos	Exótica
<b>TOTAL</b>		<b>32</b>	<b>100,0</b>	<b>70,4</b>	-	-

Quanto a idade dos SAFs, foi possível classificá-los em Jovem, Intermediário e Maduro (Tabela 4). A idade média foi de 11 anos, sendo o mais jovem com um ano e o sistema mais maduro com 27 anos. Os SAFs mais antigos foram implantados em 1990, ano posterior a criação do projeto Reça. Nesta ocasião, os componentes escolhidos pelos produtores foram cupuaçuzeiro, pupunheira e castanheira, em diferentes arranjos de plantio, tanto que mais de 84% dos SAFs maduros tem como cultura principal o cupuaçu (FRANKE, 2005).

Ao longo dos anos, as culturas do cupuaçuzeiro e a pupunheira se mantiveram como as espécies mais cultivadas nos SAFs estudados, devido os produtos destas culturas serem as principais matérias-primas para as agroindústrias do Reça, tendo uma cadeia produtiva bem estruturada, além de apresentarem valor atrativo para a comercialização.

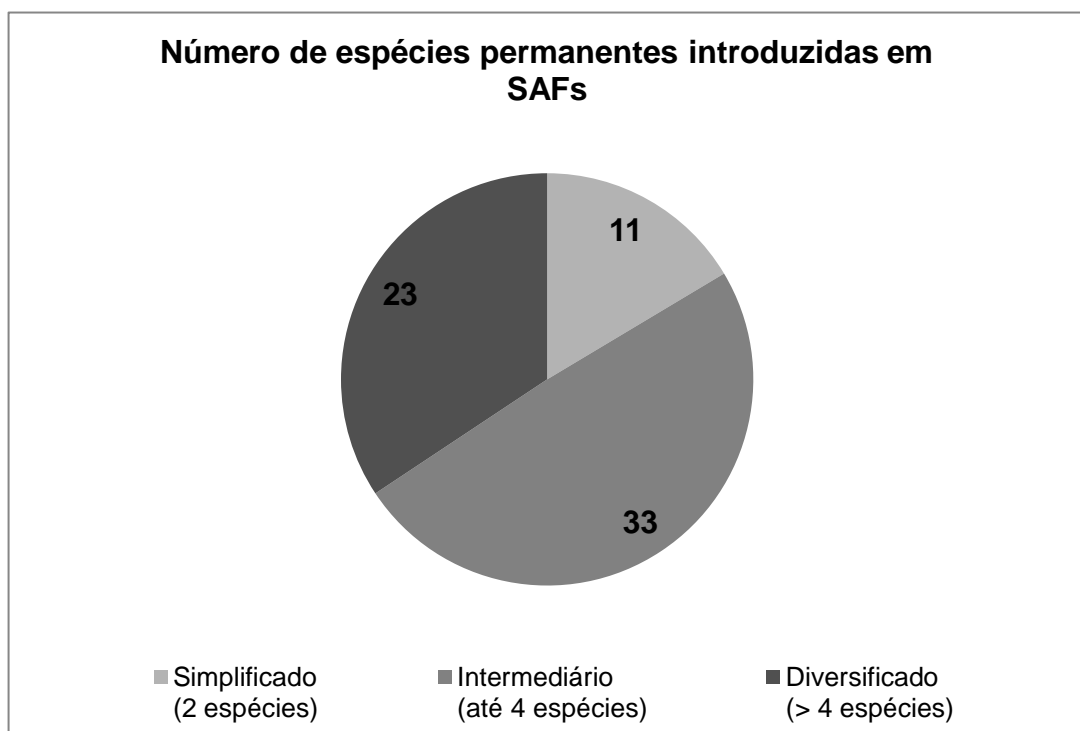
Na Tabela 4 observa-se que o açazeiro teve ocorrência como cultura principal em quatro SAFs jovens (até 6 anos de idade), e em apenas um SAF intermediário. O crescimento do mercado de polpa do fruto de açaí tem contribuído para o aumento das áreas de plantio, uma vez que na região Norte a produção extrativista foi por muito tempo a principal forma de exploração desta frutífera (ANDRADE NETO et al., 2011). A importância socioeconômica do açazeiro decorre do seu potencial referente ao aproveitamento integral da matéria-prima e por estar associado à agricultura familiar (MENDONÇA et al., 2014). Esta crescente demanda pelo fruto do açaí refletiu na adição desta cultura na implantação de SAFs mais jovens.

**Tabela 4** - Classificação quanto a idade dos SAFs de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016

Classes (idade)	Idade média	Quantidade	Cultura principal			
			Cupuaçu	Pupunha	Açaí	Café
Jovem (até 6 anos)	4	26	17	5	4	0
Intermediário (até 18 anos)	11	25	9	13	1	2
Maduro (acima de 18 anos)	25	16	15	1	0	0
TOTAL		67	41	19	5	2

Os resultados para o número de espécies permanentes nos sistemas agroflorestais estão apresentados na Figura 3. Nota-se que os consórcios com até quatro espécies foram os de maior ocorrência, enquanto que os SAFs simplificados (2 espécies) foram os de menor ocorrência. A diversidade de espécies existente em sistemas agroflorestais contribui para que estes consórcios tenham maior equilíbrio e sustentabilidade, influenciando diretamente o solo, quanto às suas características químicas (CARMO et al., 2014), físicas (CARVALHO et al., 2004) e biológicas (PEZARICO et al., 2013). De acordo com a classificação proposta por Smith et al. (1998), os SAFs no projeto Reça caracterizam-se como comerciais, ou seja, baixo número de espécies, incorporação mínima de regeneração natural, elevado número de componentes para fins de comercialização e maior uso de insumos e mão-de-obra. Dos 67 consórcios agroflorestais estudados, 84% possuem acima de quatro espécies permanentes cultivadas (Figura 3). Valores superiores foram observados por Santos et al. (2004) em SAFs de Cametá (PA), que tiveram de 13 a 29 espécies por sistema.

**Figura 3** - Número de espécies permanente introduzidas em SAFs de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016



De modo geral, a escolha das espécies para compor o SAF está relacionada, principalmente, ao mercado para comercialização dos produtos,

investindo-se em produtos com alto potencial comercial e que possuam mercado garantido. No caso dos sócios do Reça, seus cultivos são direcionados para culturas que a agroindústria da associação beneficia, influenciando diretamente no número de espécies dos SAFs. O cupuaçuzeiro (polpa e gordura vegetal) e a pupunheira (semente e palmito) são as culturas de maior importância na agroindústria do projeto Reça (FRANKE, 2005). A combinação de espécies, cupuaçuzeiro, pupunheira e castanheira, selecionada para a implantação dos primeiros SAFs (1990), ainda é a mais encontrada (19,4%) nos consórcios estudados (Figura 4 e 5).

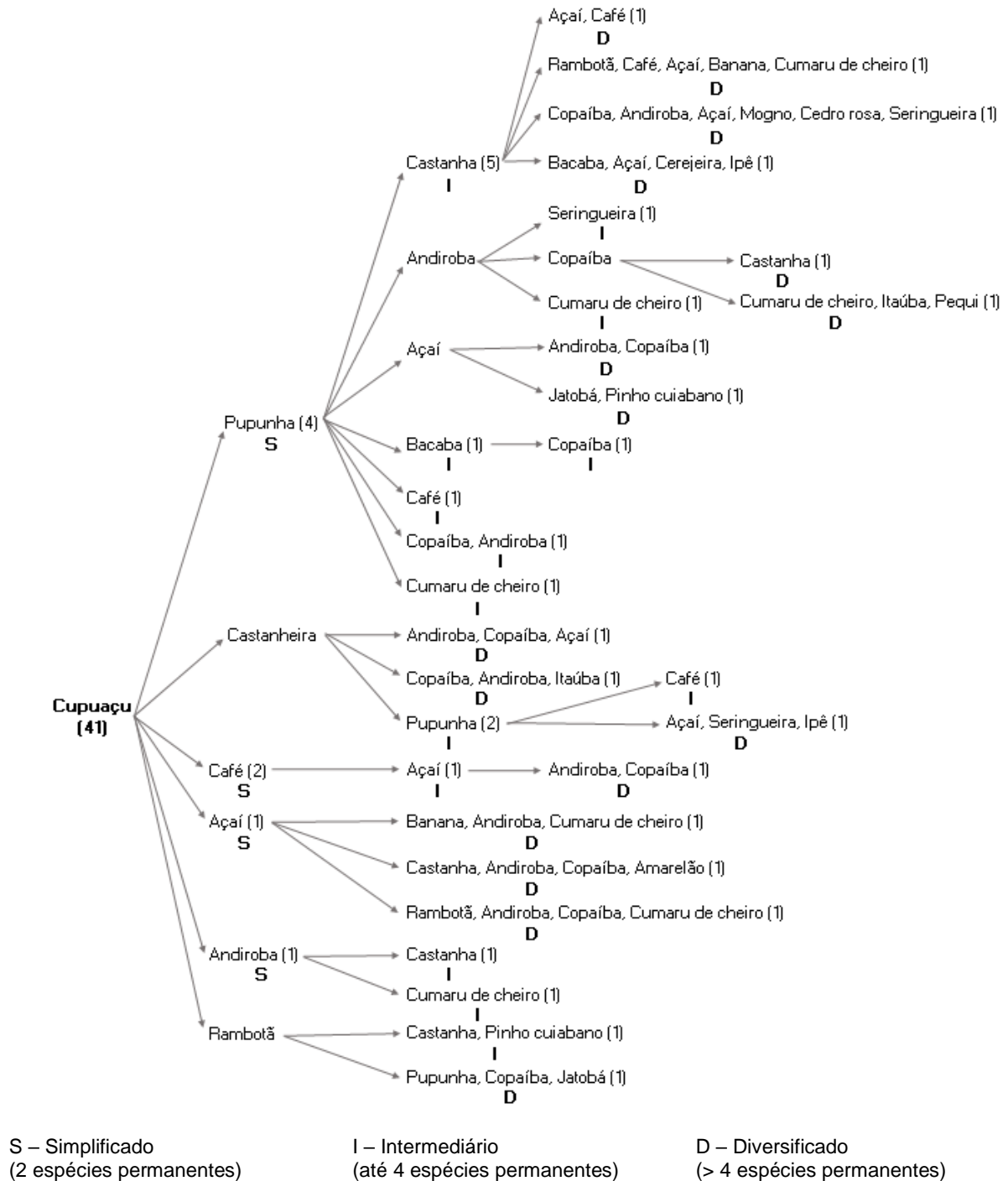
As espécies dos SAFs do projeto Reça são selecionadas considerando a comercialização no mercado local ou regional (cupuaçu, pupunha, castanha, açaí), as necessidades alimentares dos agricultores (pequi e milho), espécies medicinais e madeireiras. Ao total, foram observadas 27 espécies vegetais distribuídas em 57 combinações distintas (Figuras 4 e 5). Assim como nos SAF do grupo Baixa Verde, na região amazônica os modelos silviagrícolas, com a associação de espécies florestais e árvores frutíferas, são os mais recorrentes (ARCO-VERDE, 2008; VIEIRA et al., 2007). Todos os SAFs estudados apresentam, no mínimo, uma espécie frutífera.

De modo geral, é importante que o consórcio agroflorestal tenha uma espécie que representa o componente econômico principal do sistema. Os modelos agroflorestais podem estar compostos por uma ou duas espécies com potencial econômico, devendo-se evitar um número grande, uma vez que o maior número de componentes potenciais reduz a quantidade de indivíduos por espécie, influenciando a quantidade da produção (ARCO-VERDE, 2008; VAN LEEUWEN, 2007), contribuindo para que o produtor tenha pequenas quantidades de diferentes espécies para a comercialização. Vale ressaltar, que considerando a segurança alimentar e agricultura de subsistência, esta estratégia de maior diversificação de espécies pode ser adotada sem maiores prejuízos.

O cupuaçuzeiro é uma espécie importante na composição dos SAFs estudados, sendo o componente principal de 41 dos 67 SAFs estudados (Figura 4). Segundo Arco-Verde (2008), diante do potencial cultural e econômico desta cultura, o cupuaçuzeiro deve ser considerado prioritário para compor SAFs na região amazônica. Além destes 41 SAFs, o cupuaçuzeiro também foi encontrado em mais seis consórcios como espécie secundária e em dois como a terceira espécie quanto

ao nível de importância econômica para o produtor, totalizando 49 SAFs com a presença desta cultura (Tabela 5).

**Figura 4** - Combinações de espécies nos SAFs onde o cupuaçuzeiro é o componente principal, em propriedades de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016

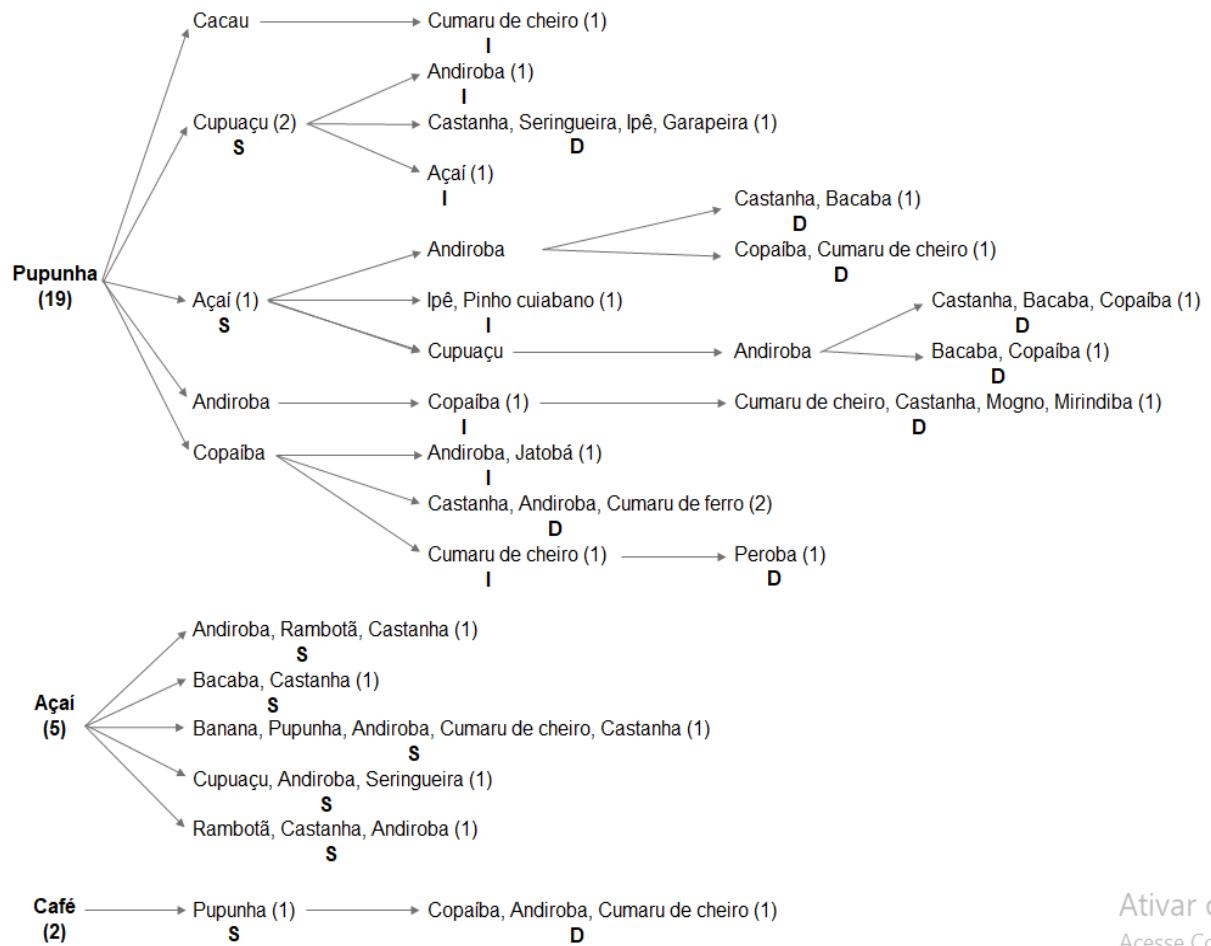


O cupuaçuzeiro é uma frutífera eficiente na ciclagem de nutrientes, sendo capaz de depositar anualmente até  $1,41 \text{ t ha}^{-1}$  serapilheira (CORRÊA, 2005),

contribuindo para incrementos nos atributos químicos dos solos, como CTC efetiva e potencial (VEIGA et al., 2014). Tais características contribuem para que o cupuaçuzeiro seja um componente importante dos SAFs também como árvore de serviço, contribuindo para a melhora das características químicas do solo.

Além do cupuaçuzeiro, outras três espécies, pupunheira, açazeiro e cafeeiro, foram observadas como componente principal dos SAFs (Figura 5). A pupunheira está presente em 19 consórcios agroflorestais, sendo explorada, principalmente, para a produção de sementes. Mas além destes, esta palmeira foi encontrada em mais 32 sistemas agroflorestais, totalizando 51 ocorrências, sendo a espécie com maior frequência (76,12%) entre os SAFs estudados (Tabela 5).

**Figura 5 -** Combinações de espécies nos SAFs onde a pupunheira, o açazeiro e o cafeeiro são os componentes principais, em propriedades de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016



S – Simplificado  
(2 espécies permanentes)

I – Intermediário  
(até 4 espécies permanentes)

D – Diversificado  
(> 4 espécies permanentes)

Em SAFs na região amazônica, as espécies frutíferas de maior ocorrência são o cupuaçuzeiro, a pupunheira, a bananeira, a castanheira e o açaizeiro (CARVALHO, 2008; BRILHANTE et al., 2004). Na Tabela 5, observa-se que as espécies com maior frequência nos SAFs estudados foram pupunheira (76,12%), cupuaçuzeiro (73,13%), andiroba (44,78%), castanheira (41,79%) e açaizeiro (38,81%).

As espécies madeiras como andiroba (*Carapa guianensis*) e castanheira (*Bertholletia excelsa*) são cultivadas para exploração, principalmente, do óleo natural e a semente. Ambas são beneficiadas na agroindústria do Reca.

Considerando o mercado atual e as possibilidades de uso, a andiroba é uma espécie com grande potencial de exploração madeira e não madeira na Amazônia (ALMEIDA et al., 2012). Vieira et al. (2007) citam que no município de Igarapé-Açu (PA) a andiroba é uma das espécies madeiras de interesse dos agricultores da região, com frequência absoluta nos SAFs de 38,86%, inferior a encontrada no presente estudo (44,78%).

A castanheira é uma espécie de grande potencial em sistemas agroflorestais, utilizada há várias gerações como fonte de alimentação e renda (COSTA et al., 2009), sendo comumente encontrada nos consórcios da região. Silva et al. (2009) citam que a castanheira está presente em 24% dos SAFs da Amazônia brasileira. Estes autores citam que a presença da castanheira em sistemas diversificados contribui para uma elevada produção de matéria seca na serapilheira e altos teores de nutrientes disponíveis para ciclagem. O desenvolvimento e crescimento desta espécie florestal são melhores em ambientes diversificados, como os SAFs (SOARES et al., 2009).

Os sistemas agroflorestais garantem condições ambientais mais propícias para produção de alimentos e suprimento de madeira, para uso próprio ou para comercialização (MEDRADO, 2000). O componente florestal em SAF pode ser manejado e oferecer não apenas madeira, como também diversos produtos florestais não madeiros (ALMEIDA et al., 2012). Nos sistemas avaliados, as espécies florestais encontradas são exploradas para ambas as finalidades (madeira e não madeira).

Desde os primeiros sistemas implantados, produtores buscaram consorciar espécies nativas, considerando que estas são adaptadas as condições edafoclimáticas da região e tem maior chance de sobreviver e desenvolver. As plantas nativas ainda são as mais cultivadas nos SAFs do ramal Baixa Verde, representando 81,5% das espécies encontradas nos consórcios. Vale ressaltar, que as culturas exóticas tem grande importância, sendo manejadas de forma adequada contribuem para aumentar os valores econômicos, ambientais e sociais dos sistemas (JOSE, 2011).

**Tabela 5** - Frequência, principais produtos explorados e origem das espécies encontradas nos SAFs dos agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reca, Porto Velho (RO), 2016

Nome comum	Nome científico	Nº de SAFs	Frequência (%)	Principais produtos	Origem
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	49	73,13	Polpa, gordura vegetal, torta	Nativa
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	51	76,12	Semente, palmito	Nativa
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	30	44,78	Óleo natural	Nativa
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	28	41,79	Semente, óleo natural	Nativa
Açaí	<i>Euterpe</i> sp	26	38,81	Polpa	Nativa
Copaíba	<i>Copaifera</i> sp	23	34,33	Óleo natural	Nativa
Cumaru de cheiro	<i>Dypterix</i> sp	14	20,90	Óleo natural	Nativa
Café	<i>Coffea</i> sp	8	11,94	Polpa	Exótica
Bacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i>	7	10,45	Polpa	Nativa
Rambotã	<i>Nephelium lappaceum</i>	6	8,96	Fruto	Exótica
Banana	<i>Musa</i> sp	5	7,46	Fruto	Exótica
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>	5	7,46	Látex	Nativa
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus</i> sp.	4	5,97	Madeira	Nativa

Continua...



Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	3	4,48	Madeira, medicinal	Nativa
Pinho cuiabano	<i>Schizolobium amazonicum</i>	3	4,48	Madeira	Nativa
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	2	2,99	Madeira	Nativa
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i>	2	2,99	Madeira	Nativa
Milho	<i>Zea mays</i>	2	2,99	Grãos	Exótica
Cumaru ferro	<i>Dypterix odorata</i>	1	1,49	Madeira	Nativa
Amarelão	<i>Aspidosperma vargasii</i>	1	1,49	Madeira	Nativa
Cerejeira	<i>Amburana acreana</i>	1	1,49	Madeira	Nativa
Peroba/Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	1	1,49	Madeira	Nativa
Garapeira	<i>Apouleia molaris</i>	1	1,49	Madeira	Nativa
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	1	1,49	Madeira	Nativa
Mirindiba	<i>Trema micrantha</i>	1	1,49	Madeira	Nativa
Pequi	<i>Caryocar vilosum</i>	1	1,49	Fruto	Exótica
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	1	1,49	Fruto	Nativa

Fonte: Araújo (2015); Flora do Brasil 2020 (2018).

Nos sistemas agroflorestais espécies com diferentes comportamentos, grupos ecológicos, necessidades e portes estão combinadas em uma mesma área. A fim de obter a máxima eficiência do consórcio é necessário o adequado planejamento desses sistemas. A determinação da densidade das plantas nos SAFs é um fator importante a ser considerado. Apesar da diferença de complexidade entre SAFs e monocultivos, a distribuição das plantas na área de plantio deve basear-se nos espaçamentos recomendados em monocultivos, aliados a experiência e bom senso do técnico (LUNZ; FRANKE, 1998).

Na Tabela 6, estão apresentados os espaçamentos observados para as espécies encontradas nos SAFs avaliados. Para a cultura do cupuaçuzeiro, o espaçamento de 7 m x 4 m (357 plantas/ha) foi o de maior ocorrência. Esta densidade de plantas está de acordo com o que é recomendado para esta cultura (ALVES, 2012; GONDIM et al., 2001). Silva e Alfaia (2004) sugerem que, em SAF, o cupuaçuzeiro seja plantado em espaçamento de no mínimo 5 m x 5 m (400 plantas/ha).

A pupunheira é cultivada de duas formas distintas, para produção de fruto e para produção de palmito. Para exploração de frutos são utilizados espaçamentos maiores, devido o crescimento da touceira. São recomendadas, para monocultivo, densidades em torno de 400 plantas/ha (FARIAS NETO et al., 2013; VAN LEEUWEN, 2009). Observa-se na Tabela 6, que a maior parte dos SAFs (88%) apresentou densidades menores, isso devido à necessidade de utilizar maiores espaçamentos em áreas de consórcios, evitar danos aos componentes presentes no SAF (SILVA JUNIOR; CARDOSO, 2006). O mesmo ocorre com as pupunheiras cultivadas para exploração de palmito, que em monocultivo utiliza-se densidades de 5000 plantas/ha, superior as áreas de consórcio.

Para a espécie castanheira, Costa et al. (2009) recomendam o espaçamento de 12 m x 12 m (69 plantas/ha), para formação de SAFs e reabilitação de áreas abandonadas e degradadas. No ramal Baixa Verde, observou-se considerável variação de densidades, com 17 a 139 plantas/ha.

**Tabela 6** - Espaçamentos por espécie, utilizado nos sistemas agroflorestais em propriedades de agricultores do ramal Baixa Verde do Projeto Reça, Porto Velho (RO), 2016

<b>Cultura</b>	<b>Espaçamento</b>	<b>Nº de plantas/ha</b>	<b>Nº de SAFs</b>
Cupuaçu	7 x 4	357	20
	6 x 4	417	13
	5 x 4	500	4
	(3 x 4); (6 x 5)	833; 333	3
	7 x 5	286	2
	(4 x 4); (6 x 3); (7 x 7)	625; 556; 204	1
Pupunha (fruto)	(6 x 4); (7 x 4); (28 x 8)	417; 357; 45	3
	(7 x 6); (10 x 10); (12 x 12)	238; 100; 69	2
	(28 x 12); (21 x 8); (21 x 4); (20 x 8); (18 x 12); (15 x 7); (15 x 5); (14 x 20); (6 x 5); (6 x 6); (7 x 7); (7 x 8); (10 x 6); ([9 x 4] x 12); (3 x 4); (4 x 4); (4 x 8); (4 x 10); (5 x 4)	30; 60; 119; 63; 46; 95; 133; 36; 333; 278; 204; 179; 167; 208; 833; 625; 313; 250; 500	1
	3 x 1	3333	4
	6 x 1	1667	3
Pupunha (palmito)	([1 x 1] x 4); (2 x 1); (2,8 x 1); (3 x 1,5); (4 x 1)	2000; 5000; 3571; 2222; 2500	1
Castanheira	28 x 12	30	4
	aleatório	-	2
	([9 x 4] x 12); (12 x 12); (14 x 12); (15 x 8); (21 x 12); (21 x 28); (28 x 8)	139; 69; 60; 83; 40; 17; 45	1
	7 x 4	357	4
Açaí	(4 x 4); (6 x 4)	625; 417	2
	(3 x 4); (3 x 6); (3,5 x 4); (5 x 3); (5 x 5); (5 x 10); (5,6 x 4); (6 x 6); (7 x 2); (7 x 5); (7 x 8); aleatório	833; 556; 714; 667; 400; 200; 446; 278; 714; 286; 179	1
	aleatório	-	6
	(15 x 8); (24 x 12)	83; 35	2
Andiroba	(3 x 6); (3 x 10); (4 x 10); (7 x 1); (7 x 6); (7 x 16); (12 x 6); (14 x 20); (16,8 x 14); (21 x 16)	556; 333; 250; 1429; 238; 89; 139; 36; 43; 30	1

Continua...

Continuação.

	aleatório	-	6
Copaíba	(15 x 8); (24 x 12)	83; 35	2
	(3 x 10); (4 x 10); (12 x 6); (12 x 10); (12 x 12); (14 x 20); (16,8 x 14)	333; 250; 139; 83; 69; 36; 43	1
	aleatório	-	4
Cumaru de cheiro	12 x 12	69	2
	(3 x 6); (4 x 10); (7 x 16); (15 x 8); (16,8 x 14); (20 x 8); (21 x 16)	556; 250; 89; 83; 43; 63; 30	1
	aleatório	-	4
Café	3 x 2	1667	2
	(4 x 2); (6 x 1,5); (7 x 2)	1250; 1111; 714	1
Banana	7 x 4	357	2
	(5 x 5); (7 x 8)	400; 179	1
Rambotã	aleatório	-	2
	(6 x 3); (6 x 5)	556; 333	1
Bacaba	aleatório	-	1
	12 x 4	208	1
Ipê	(3 x 10); (14 x 20)	333; 36	1
	aleatório	-	2
Jatobá	aleatório	-	2
	12 x 10	83	1
Seringueira	3 x 10	333	1
Cacau	12 x 3	278	1
Cumaru ferro	12 x 6	139	1
Itaúba	15 x 8	83	2
Mogno	4 x 10	250	1
Peroba	7 x 12	119	1
Pequi	15 x 8	83	1
Amarelão	aleatório	-	1
Cerejeira	aleatório	-	1
Cedro	aleatório	-	1
Garapeira	aleatório	-	1
Pinho cuiabano	aleatório	-	1
Mirindiba	aleatório	-	1

Em cultivos consorciados com açaizeiro, Bentes-Gama et al. (2005) indicam a densidade de 278 plantas/ha (6 m x 6 m). Os agricultores do ramal Baixa Verde utilizam densidades maiores com até 833 plantas/ha. De modo geral, os produtores aumentam a densidade de uma cultura em relação a outra de acordo com seu interesse e aptidão de cultivo.

Algumas plantas, principalmente as florestais, estão presentes nos SAFs sem espaçamento definido (aleatório). A regeneração natural de espécies é um dos fatores que contribui para este arranjo nos sistemas, uma vez que os produtores fazem a seleção e manejo das espécies de interesse. Outro fator é o plantio de espécies novas em sistemas já formados, aproveitando os espaços disponíveis, sem obedecer a um espaçamento específico.

## 4 CONCLUSÕES

Em propriedades com sistemas agroflorestais, no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, 76% dos modelos tem idade até 18 anos, e a maior parte (49%) é classificada como consórcio agroflorestal intermediário, por possuir até quatro espécies permanentes combinadas.

Existe grande diversidade de modelos de SAFs no ramal Baixa Verde, os quais contemplam 27 espécies combinadas em 57 arranjos diferentes. A composição do consórcio adotado no início da implantação do Projeto Reça, com cupuaçu, pupunha e castanha, ainda é a predominante (19%).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. S.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. A.; CARVALHO, J. O. P.; GONÇALVES, D. C. M.; ARAÚJO, G. C. Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 2, p. 185 – 194, 2012.
- ALTIERI, M. A.; FUNES-MONZOTE, F. R.; PETERSEN, P. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 1, p. 1–13, 2012.
- ALVES, R. M. **Implantação de um pomar de cupuaçuzeiro com a cultivar BRS Carimbó**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 42 p.
- 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 NETO, R. C.; NEGREIROS, J. R. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; CAVALCANTE, M. J. B.; ALÉCIO, M. R.; SANTOS, R. S. **Diagnóstico da potencialidade da fruticultura no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011. 38 p. (Documentos, 125).
- ARAÚJO, A. C.; RAMOS, J. V.; FRAIFE FILHO, G. A.; ARAÚJO, L. V.; MIDDLEJ, R. R. A cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) como alternativa de diversificação da região produtora de cacau da Bahia: um estudo de viabilidade financeira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina. **Conhecimento para a Agricultura do Futuro: anais**. Brasília: SOBER, 2007.
- ARAÚJO, H. J. B. **Acervo Arbóreo Madeireiro das Áreas sob Manejo Florestal Comunitário do Projeto de Colonização Pedro Peixoto**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2015. 49 p. (Documentos, 139).
- ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial. **RESR**, Piracicaba - SP, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.
- BARROS, A. V. L.; 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: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 9, jul./dez. 2009.
- BENTES-GAMA, M. M.; RIBEIRO, G. D.; FERNANDES, C. F.; MEDEIROS, I. M. **Açaí (*Euterpe spp.*): características, formação de mudas e plantio para a produção de frutos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2005. 6 p. (Circular técnica, 80).
- BRILHANTE, M. O.; RODRIGUES, F. Q.; BRILHANTE, N. A.; PENEREIRO, F. M.; LUDEWIGS, T.; FLORES, A. L.; SOUZA, J. F. Avaliação da sustentabilidade de sistemas agroflorestais no Vale do Juruá, Estado do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais... EMBRAPA Florestas**, Curitiba, Paraná, 2004.

CARDOSO, I. M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F.; FERREIRA NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 69, p. 235–257, 2001.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; LACERDA, T. M.; NANNETTI, A. N. Chemical and physical attributes of a latosol and coffee crop nutrition in agroforestry and conventional management systems. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 122-131, 2014.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.

CASTRO, A. S.; ANDRADE, D. C. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2016.

CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil**. 2005. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

COSTA, J. R.; CASTRO, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 843 – 850, 2009.

COSTA, F. L. M.; RALISCH, R. A juventude rural do assentamento Florestan Fernandes no município de Florestópolis (PR). **RESR**, Piracicaba-SP, v. 51, n. 3, p. 415-432, jul/set 2013.

COUTO, M. C. M.; KATO, O. R.; SANTANA, A. C. A evolução agrícola na comunidade Santa Luzia, município de Tomé-Açu - PA: do monocultivo à diversificação da produção em Sistemas Agroflorestais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, nov., 2013.

FARIAS NETO, J. T.; CLEMENT, C. R.; RESENDE, M. D. V. Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção para produção de frutos em progênies de polinização aberta de pupunheira no Estado do Pará, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p.122-126, 2013.

**FLORA DO BRASIL 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 02 Fev. 2018

FRANKE, I. L. **A aprendizagem tecnológica e organizacional na performance do sistema produtivo e institucional do Reça**. 2005. 200 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

GOMES, R. L. R.; SILVA, M. C.; COSTA, F. R.; LIMA JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, I. P.; SILVA, D. B. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 8, n. 5, p. 72-139, 2015.



HOMMA, A. K. O. Amazônia: os avanços e os desafios da pesquisa agrícola. **Parcerias Estratégicas**, Brasília-DF, v. 18, n. 36, p. 33-54, jan-jun 2013.

HOMMA, A. K. O.; NOGUEIRA, O. L.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. E. U.; NICOLI, C. M. L.; MATOS, G. B. Açaí: novos desafios e tendências

IGLIORI, D. C. Economia Espacial da Conservação e do Desenvolvimento: Uma Análise sobre o Uso da Terra na Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 58, n. 1, p. 29-33, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Projeto PRODES**: monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>> Acesso em: 31 jan 2017.

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

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios gerais e planejamento de sistemas agroflorestais**. Rio Branco – AC: Embrapa Acre, 1998. 27 p. (Circular técnico, 22).

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, v. único, p. 269-312, 2000.

MENDONÇA, V. C. M.; DEL BIANCHI, V. L. Agronegócio do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) no município de Pinheiro-MA. **Revista Sodebras**, v. 9, n. 100, p. 62-65, abril, 2014.

NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F.; RODIGHIERI, H. R.; CORRÊA JÚNIOR, C.; BELLETTINI, S.; TESSMANN, D. J. **Cultivo da Pupunheira para Palmito nas regiões Sudeste e Sul do Brasil**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007. 9 p. (Circular técnica, 143).

OLIVEIRA, B. S.; CARVALHO, M. A. C.; LANGE, A.; WRUCK, F. J.; DALLACORT, R. Atributos biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na região amazônica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.23, n.5, p. 448-456, 2015.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

PORRO, R. Expectativas e desafios para a adoção da alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 33-52.

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. O.; SILVA, A. A. Caracterização de sistemas agroflorestais manejados no município de Monte Alegre, Pará. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, nov., 2013.

SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; MUNIZ, P. S. B.; LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Aspectos socioeconômicos do Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) em Rondônia, Brasil. 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.

SANTOS, S. R. M.; MIRANDA, I. S.; TOURINHO, M. M. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, p. 251-263, 2004.

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 JUNIOR, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 819-825, maio 2006.

SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações**. Itabuna: SBSAF, 2013. 308 p.

SILVA, P. T. E.; BRIENZA JUNIOR, S.; VALE, R. S.; BARROS, P. L. C.; CASTILHO, N. T. F. Potencial de utilização da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 7., 2009, Luziânia. **Diálogo e integração de saberes em sistemas agroflorestais para sociedades sustentáveis**. Luziânia: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, Brasília, DF: EMATER-DF: Embrapa, 2009.

SMITH, N. J.; DUBOIS, J.; CURRENT, D.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. **Experiências agroflorestais na Amazônia Brasileira: restrições e oportunidades**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília - DF, 1998. 146 p.

SOARES, J. E. C.; LEEUWEN, J.; GOMES, J. B. M. O desenvolvimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em plantios agroflorestais no município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 7., 2009, Luziânia. **Diálogo e integração de saberes em sistemas agroflorestais para sociedades sustentáveis**. Luziânia: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, Brasília, DF: EMATER-DF: Embrapa, 2009.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 133-139, 2003.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@ambiente**, v. 5, n. 2, p.158-165, 2011.

VAN LEEUWEN, J. O melhoramento participativo de espécies agroflorestais: uma proposta para a pupunheira (*Bactris gasipaes*) para a produção de fruto. In: Porro, R. (ed.) **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 805-825, 2009.

VAN LEEUWEN, J. Possibilidades e dificuldades para a agrossilvicultura na Amazônia, reflexões à base de experiências brasileiras. In: Ramírez, P. B. L. (org.). **Lineas**

**estrategicas y áreas temáticas en investigación agroforestal en la Amazonía.** Universidad de la Amazonia, Florência-Caquetá, Colombia, 6p. Disponível em: <[https://www.inpa.gov.br/cpca/johannes/5\\_poss\\_dif\\_saf\\_Colomb\\_mai07.pdf](https://www.inpa.gov.br/cpca/johannes/5_poss_dif_saf_Colomb_mai07.pdf)> Acesso em: 31 jul 2017.

VASCONCELOS, A. I. T.; GARCIA, E. A. R.; FURTADO, C. F. C.; CABRAL, J. E. O. As dimensões da sustentabilidade dos Sistemas Agroflorestais – SAFs: um estudo no Projeto de Reflorestamento Consorciado e Adensado – RECA, Ponta do Abunã – RO. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 36, p. 73-93, 2016.

VEIGA, J. B.; SILVA, A. C. S.; RIBEIRO, I. J. S.; OLIVEIRA, A. S.; ROBOREDO, D.; CAIONE, C. Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional Sobre a Qualidade Química do Solo na Amazônia Mato-grossense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, nov., 2014.

VIEIRA, M. V. M.; GIUNTI, O. D.; GRIS, C. F.; SILVA, A. V. Indicadores de sustentabilidade e influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre a qualidade do solo e do café arábica em Piumhi-MG. **Revista Verde**, Pombal – PB, v. 10, n.2, p. 229 - 238, abr-jun, 2015.

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 549 – 558, 2007.

**CAPÍTULO II**  
**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO E CARACTERÍSTICAS**  
**AGRONÔMICAS DO CUPUAÇUZEIRO EM DOIS CONSÓRCIOS**  
**AGROFLORESTAIS NO RECA**

## RESUMO

O desempenho produtivo dos sistemas agroflorestais está relacionado com os tipos de interações que ocorrem entre as espécies consorciadas, uma vez que estas exercem influências entre si e nos atributos do solo. Portanto, de acordo com a distribuição espacial das plantas no sistema pode-se ter resultados distintos em um mesmo consórcio. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro, bem como a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em área de consórcios agroflorestais. O estudo foi conduzido em área de produtor localizada no ramal Baixa Verde do Projeto Reça (RO). Dois sistemas agroflorestais adjacentes foram estudados, sendo avaliados no esquema de parcelas subdivididas. O tratamento das parcelas foram dois consórcios: S1 com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2 com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira; e nas subparcelas, a somatória das áreas de copas das plantas consorciadas com o cupuaçuzeiro: A1 com área de copa abaixo de 150 m<sup>2</sup>; A2 com área de copa acima de 150 m<sup>2</sup>. Foram realizadas avaliações dos atributos químicos do solo e da luminosidade, utilizando ferramentas de geoestatística, com o uso de malha regular de 3 m x 10 m para as coletas de amostras. As plantas de cupuaçuzeiro foram avaliadas quanto ao seu crescimento (altura total, circunferência do tronco e área de copa) e produtividade (número e massa de frutos por planta) por meio da estatística convencional. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial, sendo que os maiores teores de nutrientes foram observados no S1 ( $p < 0,05$ ) e luminosidade no S1A1 ( $p < 0,05$ ). Quanto aos semivariogramas, estes foram ajustados três pelo modelo esférico, quatro pelo exponencial e sete pelo gaussiano. O crescimento do cupuaçuzeiro foi superior ( $p < 0,05$ ) no SAF 1, e a produtividade maior ( $p < 0,05$ ) no S1A2 e S2A1, ambos com luminosidade intermediária. O modelo de amostragem é apropriado para a análise da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e luminosidade nos sistemas agroflorestais, com todas as variáveis com grau de dependência espacial moderado, exceto potássio. A área das copas de pupunheira e bacabeira influencia a luminosidade do sistema e o crescimento e produtividade das plantas de cupuaçu. O cupuaçuzeiro apresenta maior produtividade na faixa de luminosidade entre 244,5 e 278,12  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (S2A1 e S1A2), ou seja, sob condições de luminosidade moderada.

Palavras-chave: Dependência espacial. *Theobroma grandiflorum*. *Bactris gasipaes*. *Oenocarpus bacaba*. Luminosidade. Produtividade.

## ABSTRACT

The productive fulfillment of the agroforestry systems is related to the types of interactions that occur between the species on the consortium, since they play influence among themselves and on the soil's attributes. Therefore, according to the space distribution of the plants on the system it may present different results in a same consortium. Considering this, the objective of this study was to evaluate the growth and productivity of the cupuaçu tree, as well as the space variability of the chemical attributes of the soil in agroforestry consortiums' areas. The study was mastered in the producing area allocated on the Reca Project's branch road of Baixa Verde. Two adjacent agroforestry systems were analyzed, being evaluated on a scheme of divided subplots. Two consortiums were the subplot's treatment: S1, with the cupuaçu and pupunha trees; S2 with cupuaçu, pupunha and bacaba trees; and on the subplots, the addition of the tree top's areas of the consortium plants with cupuaçu tree: A1, with tree tops' area below 150 m<sup>2</sup>, A2 with the tree tops' area above 150 m<sup>2</sup>. The evaluations of the chemical attributes of the soil and luminosity were mastered using geostatistical tools and regular mesh of 3 m x 10 m to collect samples. The plants of cupuaçu tree were evaluated as for their growth (total height, haste's circumference and top's area) and productivity (quantity and bulk of fruits per tree) using traditional statistics. All of the variables present space dependency being the greater amounts of nutrients found on S1 ( $p < 0.05$ ) and luminosity on S1A1 ( $p < 0.05$ ). As for the semivariograms, they were adjusted in three for the spherical model, four for the exponential and seven for the gaussian. The growth of the cupuaçu tree was superior ( $p < 0.05$ ) on ASF 1, and the better productivity ( $p < 0.05$ ) on S1A2 and S2A1, both with average luminosity. The model of sample is appropriated for the analysis of the space variability of chemical aspects of the soil and luminosity on agroforestry systems, with all of the variables on an average level of space dependency, except potassium. The tree tops' area of the pupunha and bacaba trees plays some influence on the system's luminosity and the growth and productivity of the cupuaçu plants. The cupuaçu tree present the better productivity on the luminosity line in between 244.5 and 278.12  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  (S2A1 e S1A2), meaning the luminosity conditions are acceptable.

Keywords: Space dependency. *Theobroma grandiflorum*. *Bactris gasipaes*. *Oenocarpus bacaba*. Luminosity. Productivity.

## 1 INTRODUÇÃO

A insustentabilidade da agricultura itinerante na Amazônia associada às restrições aos desmatamentos e queimadas, e a crescente demanda por alimentos, tem estimulado a busca por alternativas que permitam a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente, proporcionando maior sustentabilidade e incrementos na produtividade das culturas. Para isso é indispensável o uso de tecnologias que aumentem a produtividade em áreas agrícolas e/ou recuperem áreas alteradas, evitando o aumento do desflorestamento e o uso do fogo.

A degradação ambiental da Amazônia ocorre, em grande parte, pela conversão da floresta para sistemas agrícolas incompatíveis com as condições edafoclimáticas do local, o que resulta em baixa produção e aumento de áreas degradadas e abandonadas. A agricultura nesta região carece de modelos sustentáveis que viabilizem a produção vegetal e a conservação dos recursos naturais (BERNARDES et al., 2009).

Os sistemas agroflorestais são uma alternativa para manejar áreas desmatadas e recuperar áreas abandonadas e/ou degradadas conciliando crescimento econômico agrícola com sustentabilidade ambiental e redução da pobreza (SOUZA et al., 2013). A diversificação de espécies proposta nos SAFs possibilita interações entre os componentes, que, associada à melhoria nas características químicas, físicas e biológicas dos solos, refletem diretamente no crescimento e produtividade do sistema. De acordo com Arco-Verde (2008), os sistemas agroflorestais são uma opção viável entre os sistemas de produção sustentáveis existentes, capaz de contribuir para a segurança alimentar e o bem-estar socioeconômico dos produtores, particularmente aqueles de baixa renda, assim como para a conservação dos recursos naturais.

O desempenho do sistema agroflorestal está diretamente relacionado com as interações entre os componentes (RAO et al., 1998). As relações que ocorrem entre as espécies de um SAF podem ser positivas, com caráter complementar, negativas, devido a competição ou alelopatia, ou ainda neutras, sem interferir no desenvolvimento ou produção das espécies consorciadas (ARCO-VERDE, 2008; BARROS et al., 2009). Identificar e compreender tais relações são determinantes para o sucesso do sistema.

A presença de frutíferas nos SAFs na Amazônia é comum, principalmente de

espécies nativas, como cupuaçuzeiro, pupunheira, castanheira e o açaizeiro (CARVALHO, 2006; SILVA et al., 2016). O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum) é uma planta com ascendente destaque no Brasil, principalmente pelas marcantes características de sua polpa quanto a sabor, aroma e possibilidades de utilização doméstica e agroindustrial no preparo de sucos, sorvetes, tortas, licores, compotas, geleias, biscoitos, iogurtes e outros produtos lácteos (SOUZA et al., 2011). A grande expansão nacional e internacional da cultura vem promovendo a substituição do extrativismo para a forma domesticada devido aos bons resultados dos sistemas consorciados, como os SAFs, passando o cupuaçuzeiro a ser cultivado de forma mais racional (ROCHA NETO et al., 1999).

A maximização dos benefícios da utilização de SAFs está relacionada a escolha de espécies economicamente apropriadas às finalidades desejadas e adaptadas as condições edafoclimáticas da região. No entanto, ainda são poucas as informações sobre o comportamento das espécies e suas interações nesses sistemas, especialmente na região amazônica. É relevante auxiliar os produtores rurais tanto com relação às questões de manejo e da densidade das espécies a serem utilizadas, como informações sobre estudo de mercado, e outros, que auxiliem na escolha das melhores espécies para plantio (BARROS et al., 2010).

Diferentes tipos e intensidades de interações podem ocorrer em um mesmo SAF. Um componente pode ocupar espaços e utilizar recursos não utilizados por outras espécies, assim como modificar o ambiente ao seu redor e influenciar o crescimento e a produção das outras culturas. Diante disto, as interações estão associadas não apenas ao componente, mas também a localização espacial deste em relação aos demais. Porém, comumente os métodos clássicos de avaliação dos consórcios agroflorestais não consideram a espacialidade das interações e consideram os valores médios como referência. O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades do solo e das culturas é considerado, atualmente, o princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala.

Considerando os resultados o capítulo 1, o cupuaçuzeiro é a principal espécie cultivada em SAFs na região, porém há carência de informações sobre as interações desta cultura com as demais espécies presentes nos consórcios. De acordo com a espécie, tipo de sistema radicular, arquitetura e tamanho de copa, as plantas consorciadas com o cupuaçuzeiro irão afetar seu crescimento e desenvolvimento,



seja devido o nível de sombreamento ou pela competição por recursos, como nutrientes e água.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de atributos do solo, a luminosidade, o crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro cultivado em consórcios agroflorestais com pupunheira e bacabeira com diferentes áreas de copa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Com base nos resultados da caracterização dos sistemas agroflorestais do ramal Baixa Verde do Projeto Reça (Capítulo 1), foram selecionados dois consórcios, priorizando aqueles que contem as espécies mais cultivadas na região, cupuaçuzeiro e pupunheira.

O estudo foi realizado em área de produtor localizada entre as coordenadas 09° 52' 22,5" S e 66° 36' 37,3" W, no ramal Baixa Verde, no distrito de Nova Califórnia, extremo oeste de Porto Velho (RO), próximos à divisa dos estados Acre, Amazonas e Rondônia.

O clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, equatorial quente e úmido, com elevados índices de precipitação pluviométrica, sendo a média anual de 2.250 mm em Porto Velho, durante um período de 25 anos. A estação seca ocorre nos meses de junho, julho e agosto. O clima é caracterizado também por altas temperaturas (média anual do ar em torno de 25,5°C) (SEDAM, 2016). O solo do local do experimento é um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plíntico.

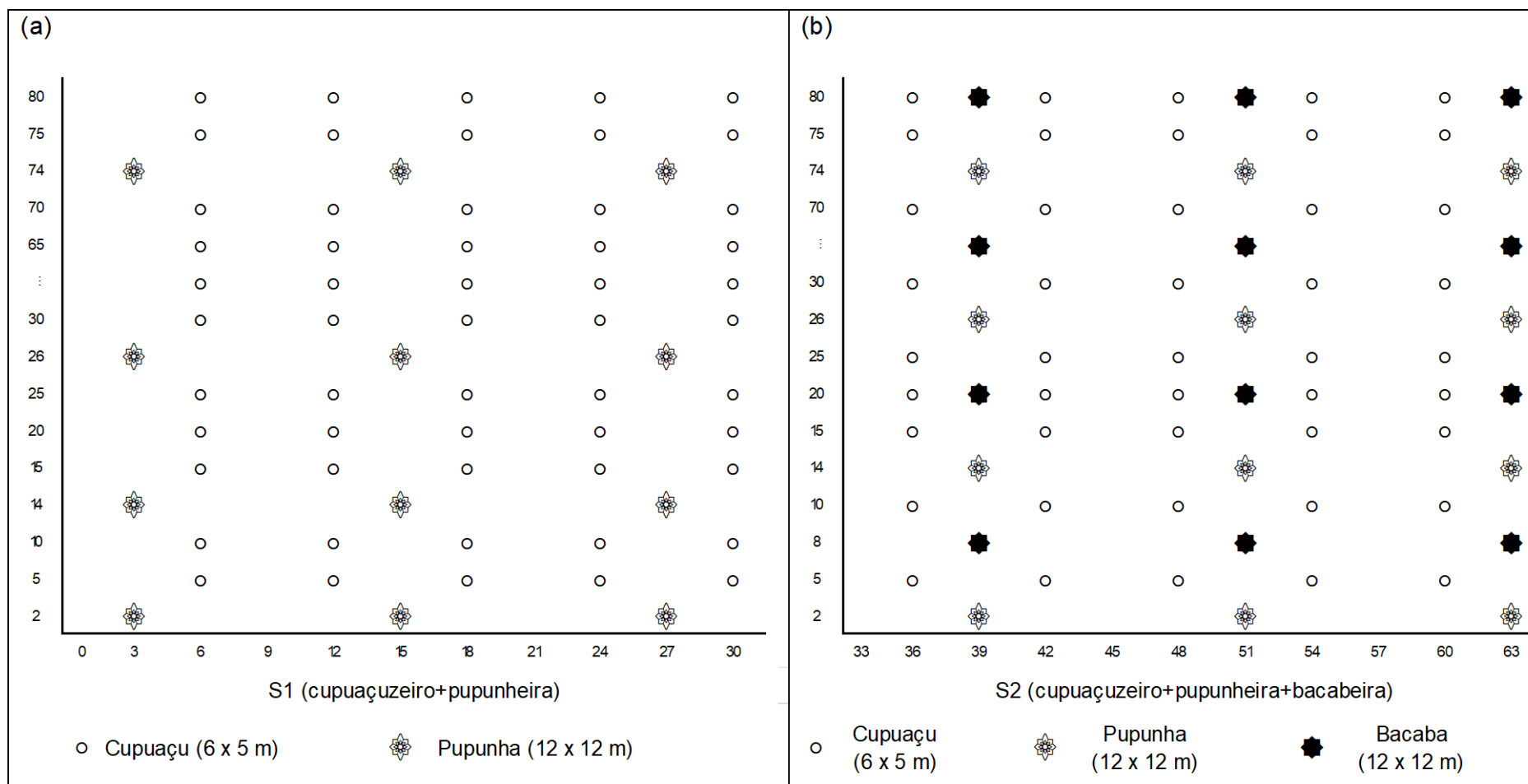
### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Os consórcios selecionados foram implantados em 2006, tendo 11 anos de idade no momento das avaliações. Antes da implantação dos SAFs o tipo de uso da terra era pastagem mais capoeira. Para o plantio das espécies consorciadas foi realizado o preparo da área para limpeza do terreno, por meio de destoca com trator, gradagem, catação de raízes e posterior nivelamento com grade. Não foi realizada correção ou fertilização do solo. Desde a implantação, as atividades de manejo realizadas nos consórcios foram a poda de manutenção, realizada um vez por ano, poda de limpeza, para remoção de partes das plantas com sintomas da doença vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*), e a catação manual de frutos com sintomas de ataque da broca dos frutos (*Conotrachellus humeropictus*).

O estudo foi realizado entre fevereiro de 2017 a janeiro de 2018. Dois consórcios agroflorestais adjacentes foram estudados. O primeiro sistema (S1) com as espécies cupuaçuzeiro (*T. grandiflorum*) e pupunheira (*Bactris gasipaes*), e o segundo (S2), que possui a bacabeira (*Oenocarpus bacaba*) além das mesmas espécies do primeiro

modelo (Figura 6). O espaçamento utilizado e número de plantas por hectare para as culturas foram: cupuaçuzeiro 6 m x 5 m, com 333 plantas ha<sup>-1</sup>; pupunheira 12 m x 12 m, com 69 plantas ha<sup>-1</sup>; bacabeira 12 m x 12 m, com 69 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Figura 6** - Representação do arranjo espacial dos consórcios agroflorestais com (a) cupuaçuzeiro e pupunheira (S1) e (b) cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira no projeto Reça, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia (2017)



Considerando a heterogeneidade da densidade de indivíduos entre os SAFs e também de desenvolvimento das plantas consorciadas com o cupuaçuzeiro, observou-se que dentro dos sistemas havia diferença quanto ao tamanho das copas das pupunheiras e bacabeiras, influenciando a luminosidade dentro do SAF. Diante disto fez-se uma caracterização das áreas de copa nos consórcios e do crescimento das palmáceas e estabeleceram-se tratamentos de acordo com tal diferença. Na Tabela 7 estão apresentadas as médias de altura e circunferência a altura do peito (CAP) sob influência de duas diferentes áreas de copa das palmáceas.

**Tabela 7** - Altura e circunferência a altura do peito (CAP) das pupunheiras e bacabeiras consorciadas com o cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais aos 11 anos no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

	*A1	A2	A1	A2
Altura (m)				
	Pupunheira		Bacabeira	
**SAF1	11,33	10,73	-	-
SAF2	7,15	10,73	7,45	7,25
CAP (cm)				
SAF1	53,20	53,13	-	-
SAF2	42,54	51,65	40,43	38,52

\*A1: área de copa das palmáceas menor que 150 m<sup>2</sup>; A2: área de copa das palmáceas maior que 150 m<sup>2</sup>.

\*\* S1: consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2: consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira.

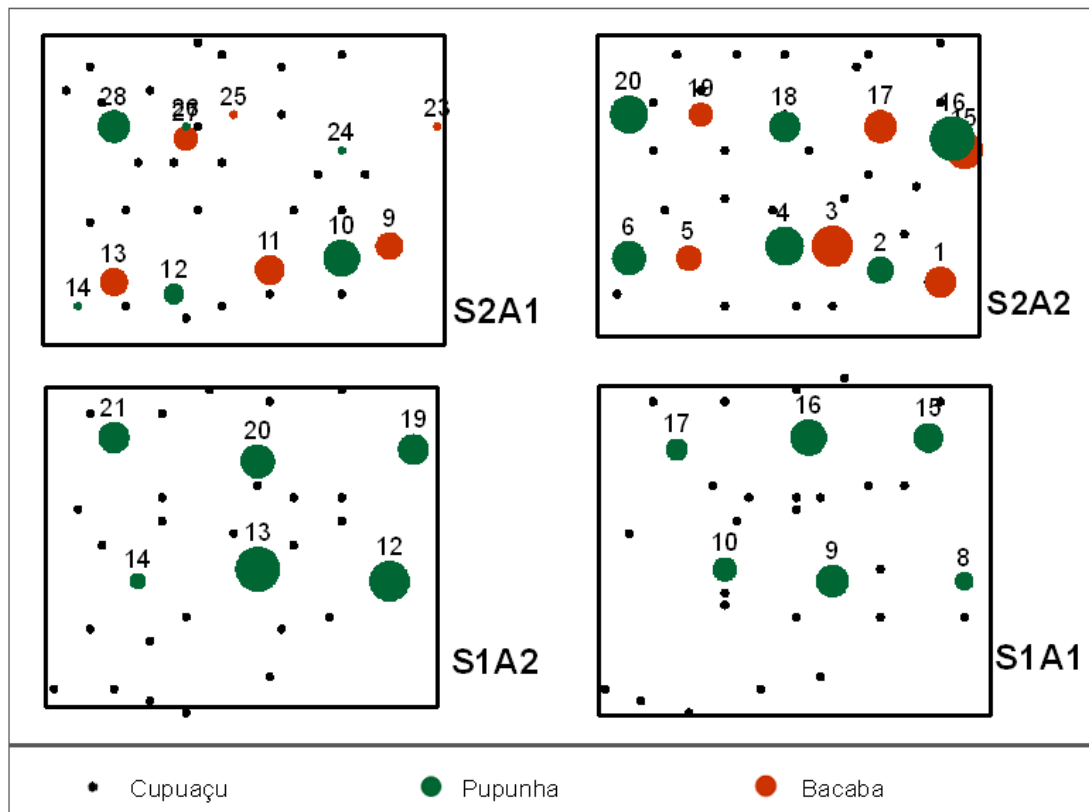
O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso com parcelas subdivididas, considerando como parcelas os dois modelos de sistema agroflorestal, S1 e S2, e como subparcelas a área das copas das palmáceas (pupunha e bacaba), sendo A1 até 150 m<sup>2</sup> de copa, e A2 acima de 150 m<sup>2</sup>, totalizando quatro tratamentos (Tabela 8).

**Tabela 8** - Tratamentos das parcelas e subparcelas nos consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copa em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

Consórcio	Área de copa	
	< 150 m <sup>2</sup>	> 150 m <sup>2</sup>
Cupuaçu+Pupunha	S1A1	S1A2
Cupuaçu+Pupunha+Bacaba	S2A1	S2A2

Na Figura 7, observa-se a distribuição espacial dos componentes dos consórcios, com representação da área de copa das pupunheiras e bacabeiras e a posição dos tratamentos.

**Figura 7** - Distribuição espacial das plantas de cupuaçu, pupunha e bacaba em sistemas agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades do ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



Cada cupuaçuzeiro foi considerado uma repetição, sendo 25 plantas por tratamento. As parcelas possuíam o tamanho de 30 m x 80 m (2400 m<sup>2</sup>), e as subparcelas a dimensão de 24 m x 30 m (720 m<sup>2</sup>). Cada planta dos SAFs foi georreferenciada com aparelho de GPS (sistema de posicionamento global) portátil de navegação modelo GPSMAP 76CSx (Garmin®).

## 2.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

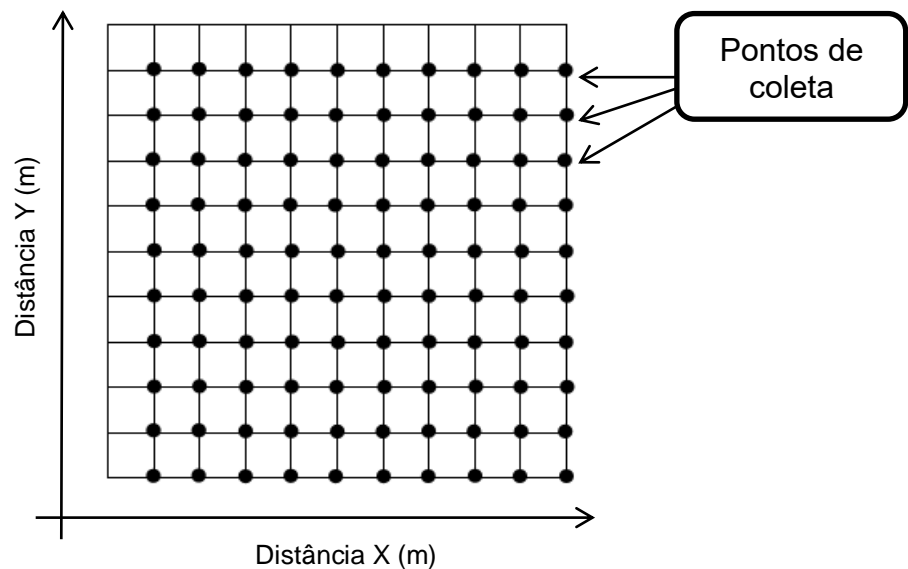
Foram realizadas avaliações dos atributos químicos e teor de argila do solo e luminosidade dos consórcios agroflorestais. O cupuaçuzeiro como espécie principal do sistema, também foi avaliado quanto a produção de frutos.

### 2.2.2 Atributos químicos do solo

Para avaliação da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo a amostragem sistemática do solo foi realizada utilizando-se uma malha regular de 3 m x 10 m, definida de acordo com os espaçamentos das culturas e com repetições suficientes para uma adequada interpolação dos dados e definição dos parâmetros dos semivariogramas. Em cada ponto de interseção das linhas e colunas (Figura 8) foi coletada amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm, com 80 pontos de amostragem em cada consórcio totalizando 160 amostras. Todos os pontos de coleta foram georreferenciados.

Os atributos químicos avaliados pela a análise foram: pH em água, fósforo (P), potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ),  $H+Al^{3+}$ , matéria orgânica (MO) (EMBRAPA, 1997) e calculadas a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

**Figura 8** - Esquema de amostragem sistemática com malha regular (3 m x 10 m) utilizada para a coleta de amostras georreferenciadas para análise de variabilidade espacial de atributos do solo em consórcios agroflorestais no Projeto Reca, RO



### 2.2.3 Luminosidade

As avaliações de luminosidade ocorreram em junho de 2017, utilizando-se um medidor de radiação (LI-250 Light Meter – LI-COR), acoplado a um sensor

quantômetro (LI-190SA Quantum Sensor – LI-COR), visando medir a radiação fotossinteticamente ativa, ou seja, a densidade de fluxo de fótons ( $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ).

Para análise da variabilidade espacial da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) nos consórcios, utilizou-se uma malha regular de 3 m x 10 m para as coletas de dados. A amostragem foi realizada com poucas ou ausência de nuvens durante o período das 11h as 14h (TSUKAMOTO FILHO et al., 2001). Em cada um dos 160 pontos georreferenciados da grade de amostragem, o luxímetro foi posicionado a 0,70 m de altura do solo, sendo mantido durante 15 segundos para aferição da luminosidade de cada ponto. Cada medida correspondeu ao valor médio da radiação incidente no sensor durante o tempo de aferição.

#### 2.2.4 Desempenho do cupuaçuzeiro

Durante o período de produção do cupuaçuzeiro (fevereiro a junho de 2017) foram realizadas duas avaliações semanais de acordo com a coleta dos frutos feita pelo produtor, avaliando-se o número total de frutos (NF) por planta, a massa total de frutos (MTF) viáveis para comercialização por planta (em  $\text{kg planta}^{-1}$ ). E a partir desses, foi calculada a massa média individual dos frutos ( $MIF = \frac{MTF}{NF}$ ).

Além da produtividade, também foram realizadas avaliações de crescimento das plantas de cupuaçu:

- altura total (m): utilizando-se uma régua graduada (8 m) as plantas foram medidas do solo ao ápice de sua copa;
- área da copa ( $\text{m}^2$ ): com o uso de trena métrica foram mensurados os diâmetros da copa, na linha de plantio (DCL) e na entrelinha (DCE), com a área de copa calculada pela expressão:

$$\text{Área de Copa} = \frac{\pi \times DCL \times DCE}{4}$$

- circunferência do tronco (cm): considerando a altura do solo até a primeira tricotomia, com o auxílio de uma trena milimétrica foi medida a circunferência do tronco em centímetros.



## 2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Inicialmente todos dados foram submetidos a análise descritiva sendo calculadas 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). A fim de atender os pressupostos da análise de variância, foi verificado a presença de dados discrepantes pelo teste de Grubbs, da normalidade dos dados pelo teste Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett, todos a 5% de significância.

As variáveis de crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro foram submetidas à análise de variância a 5% de probabilidade, e nos casos de efeito significativo aplicou-se o teste de Tukey (1949) ( $p < 0,05$ ).

Para verificar a dependência espacial das variáveis de solo e luminosidade, interpolar dados e construir mapas, foi empregada a análise geoestatística. Por meio de ajustes de semivariogramas com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca (VIEIRA, 2000), a semivariância ( $\gamma(h)$ ) foi estimada por:

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

em que  $N(h)$  é o número de pares dos valores medidos  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$ , separados por um vetor  $h$ . O gráfico de  $\gamma(h)$  pela distância  $h$  é denominado semivariograma, o qual é a base para a elaboração dos mapas de isolinhas. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados, são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita ( $C_0$ ); patamar ( $C_0+C$ ) e o alcance ( $a$ )). Todas as análises de variabilidade espacial foram realizadas utilizando-se o software GS+ versão 7.0 da GAMMA Design (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2000).

Após o ajuste de um modelo matemático ao semivariograma, utilizou-se a técnica de krigagem para fazer a interpolação dos dados para os locais não amostrados sem tendência e com variância mínima, com base na menor soma de quadrados do resíduo, maior coeficiente de determinação e melhor desempenho da validação cruzada, ajustando o modelo teórico de semivariograma para representar a estrutura de autocorrelação espacial, selecionando os modelos exponencial, esférico ou gaussiano (GREGO; VIEIRA, 2005; VIEIRA et al., 2012).

Também foi calculada o grau dependência espacial (GDE) das variáveis, que é a porcentagem da relação entre o parâmetro contribuição ( $C_1$ ) com o patamar ( $C_0 + C_1$ ), classificado segundo Biondi et al. (1994) como: fraca dependência valor menor que 25%; moderada para resultado entre 25 e 75%; e forte para valor maior que 75%.

$$GDE = \left( \frac{C_1}{C_0 + C_1} \right) \cdot 100$$

Após a definição do semivariograma e verificação da dependência espacial das variáveis, pode-se interpolar valores em qualquer posição no campo de estudo, sem tendência e com variância mínima, por meio da interpolação por krigagem (VIEIRA et al., 2002). O uso da krigagem permite a espacialização das variáveis para posterior elaboração dos mapas de isolinhas. Com os valores estimados foram construídos estes mapas, em função das coordenadas geográficas, utilizando o programa Surfer 8.0.

Os dados de massa de frutos foram avaliados ao longo da safra, em um esquema de parcela subdividida, onde a subparcela foram os períodos de tempo de avaliação. Realizou-se o ajuste de equações de regressão para as variáveis ao longo das épocas de avaliação. Também foi realizada análise de correlação dos atributos químicos do solo e luminosidade com os dados de crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro com o uso do coeficiente de correlação simples de Pearson ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segue abaixo apresentação e discussão dos resultados das variáveis analisadas do solo (atributos químicos e teor de argila), da luminosidade (radiação fotossinteticamente ativa) e do cupuaçuzeiro (altura total, área de copa, circunferência do tronco, número e massa total de frutos e massa individual dos frutos).

#### 3.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Na Tabela 9, são apresentados os valores dos parâmetros estatísticos utilizados para descrever as distribuições dos dados avaliados.

Exceto para a variável PAR, a qual apresentou assimetria positiva (média > mediana), os resultados obtidos para a média e mediana são relativamente próximos, indicando distribuição simétrica dos dados (SOARES et al., 2015). Os resultados de coeficiente de assimetria foram próximos a zero para todas as variáveis, confirmando uma distribuição simétrica<sup>2</sup>. Na Tabela 9 é possível observar que as variáveis do cupuaçuzeiro altura de plantas (AT), circunferência do tronco (CT), área de copa e massa individual de frutos (MIF), além dos atributos do solo  $Al^{3+}$ ,  $H+Al^{3+}$ , saturação por bases (V) e argila, apresentaram assimetria negativa, enquanto que as demais variáveis possuem distribuição assimétrica à direita. De acordo com Carvalho et al. (2017), o coeficiente de assimetria e a curtose com valores próximos de zero indicam que os dados possuem distribuição normal.

Os valores obtidos para curtose apresentaram distribuição platicúrtica (curtose < 0,263) para as variáveis: área da copa, número de frutos (NF), massa total de frutos (MTF),  $Al^{3+}$ , CTC, SB e m, enquanto as demais apresentaram distribuição leptocúrtica, ou seja, com uma curva de frequência mais fechada que a normal (MEDRI, 2011). A curtose representa o grau de achatamento de uma distribuição em relação a uma distribuição padrão, denominada de curva normal. Em trabalho sobre a variabilidade

---

<sup>2</sup> O coeficiente de assimetria é utilizado para caracterizar como e quanto a distribuição de frequências se afasta da simetria. Se o valor encontrado para este coeficiente for zero, a distribuição é simétrica; se for positivo, a distribuição é assimétrica à direita e, se for negativo, é assimétrica à esquerda (ZANÃO JÚNIOR et al., 2010).

especial dos atributos químicos do solo, Rodrigues et al. (2012) observaram curtose leptocúrtica para pH, K e V, e platicúrtica para P,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H+Al}^{3+}$ , SB e CTC. De acordo com Zanão Júnior et al. (2010) citam que dados com distribuição normal devem apresentar valores de curtose no máximo de três. Com exceção à massa individual de frutos (MIF), as demais variáveis estão dentro deste limite de normalidade.

**Tabela 9** - Estatística descritiva das variáveis de crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro (altura total (AT), CAP, área da copa, número médio de frutos (NMF), massa média de frutos (MMF)), de luminosidade (PAR), dos atributos químicos e argila do solo

Variáveis	Média	Md*	Mín	Máx	DP	CV	CA	Curt	KS
AT (m)	4,41	4,60	2,20	7,20	1,02	23,16	-1,11	2,44	0,084**
CT (cm)	40,73	41,00	17,20	73,40	11,63	28,56	-0,54	1,05	0,090**
Copa (m <sup>2</sup> )	21,09	21,44	6,16	39,59	8,11	38,45	-0,26	-0,35	0,041**
NF	28,98	25,5	0,00	85,00	20,22	69,77	0,59	-0,28	0,072**
MTF (kg planta <sup>-1</sup> )	31,65	29,38	0,00	81,4	21,25	67,14	0,35	-0,75	0,092**
MIF (kg fruto <sup>-1</sup> )	1,07	1,09	0,00	2,21	0,35	32,71	-0,85	3,61	0,092*
PAR ( $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ )	326,07	240,72	64,61	1062,34	248,95	76,35	1,51	1,68	0,036**
pH	5,09	5,02	4,70	5,80	0,24	4,72	1,14	0,84	0,051**
P (mg dm <sup>-3</sup> )	2,23	1,88	1,39	5,36	0,83	37,22	1,74	2,71	0,141 <sup>NS</sup>
K (mg dm <sup>-3</sup> )	53,93	49,32	38,67	89,29	12,72	23,59	1,14	0,50	0,043**
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,89	1,79	0,84	4,09	0,64	33,86	1,08	1,29	0,048**
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,67	0,65	0,46	1,14	0,14	20,75	0,76	0,73	0,085**
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,61	1,63	0,96	2,25	0,27	16,77	-0,17	-0,10	0,034**
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,90	5,95	3,71	7,57	0,74	12,54	-0,24	0,79	0,063**
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,27	4,27	3,58	5,19	0,40	9,37	0,25	-0,54	0,064**
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,62	2,59	1,65	4,18	0,61	23,34	0,67	-0,08	0,066**
V (%)	28,98	29,17	16,79	46,58	6,14	21,19	0,66	0,62	0,046**
m (%)	41,60	41,17	26,72	55,41	6,14	14,75	-0,02	-0,36	0,083**
MO (%)	2,10	2,05	1,74	2,84	0,22	10,48	1,41	2,01	0,091 <sup>NS</sup>
Argila (%)	30,49	31,55	17,70	38,24	4,12	13,51	-1,66	2,79	0,049**

\*Md: mediana; Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; CA: coeficiente de assimetria; Curt: curtose; KS: teste de Kolmogorov-Smirnov; NS: não significativo;

Os resultados obtidos para o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) corroboram com os dados de assimetria e curtose sobre a normalidade dos dados. Na Tabela 9, é possível observar que apenas as variáveis P e MO não possuem distribuição normal segundo o teste de KS, ainda assim, os valores baixos de assimetria e curtose indicam que estes estão aproximando-se de uma distribuição normal e sendo, portanto, adequados para o uso da geoestatística (SOUZA et al., 2010). De acordo com Rodrigues et al. (2015), valores de assimetria próximo de zero e curtose de três são considerados que os dados atendem a normalidade.

Quanto aos valores de máximo e mínimo das variáveis estudadas, observa-se que, no geral, ocorre grande diferença entre eles, demonstrando haver amplitude elevada entre os dados. Segundo Zanão Júnior et al. (2010), existe correlação entre a amplitude e os respectivos coeficientes de variação (CV). Na Tabela 9, nota-se que quanto maior a diferença entre os valores máximo e mínimo, maior é o CV, devido a maior variabilidade dos dados. De acordo com a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), 60% das variáveis apresentaram CV com média variabilidade (12% a 60%). O NF, MTF e PAR apresentaram alta variabilidade (>60%), comprovando a elevada variação observada nos valores de máximo e mínimo. No caso do número e massa média de frutos por haver plantas que não produziram houve grande amplitude entre os dados. Roveda et al. (2018) obtiveram CV de até 116% para Ca no solo, com uma diferença de 90 vezes entre os dois extremos. De acordo com Chiba et al. (2010), valores baixos e médios de CV para propriedades do solo também indicam baixa diversidade e alta qualidade de práticas agrícolas.

O maior valor de CV foi observado para a variável luminosidade (PAR), com 76,35%, o que pode ser um indicador da existência de heterogeneidade nos dados avaliados. A incidência solar de um agroecossistema é influenciada por diferentes fatores, como época do ano, período do dia, copa das árvores, entre outros. Queiroz et al. (2017), avaliando a variabilidade espacial da luminosidade em ambiente fechado, também observaram alto valor de CV (54,09%). Faria et al. (2008) obtiveram CV de até 217,77%, indicando dados com alta heterogeneidade para luz.

Não foi observada a presença de dados discrepantes pelo teste de Grubbs. O teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett) detectou que as variáveis K,  $\text{Ca}^{2+}$  e CTC foram heterogêneas, sendo estas transformadas ( $\log x$ ,  $\sqrt[3]{x}$  e  $2^{(\cos x + 1)}$ ) para atender os pressupostos da análise de variância.

### 3.2 ATRIBUTOS DO SOLO E LUMINOSIDADE

A análise geoestatística evidenciou que todas as variáveis do solo e a luminosidade (radiação fotossinteticamente ativa - PAR) apresentaram dependência espacial (Tabela 10). Quando a variável estudada é independente espacialmente, o seu semivariograma se ajusta ao modelo linear, em que o efeito pepita ( $C_0$ ) é igual ao patamar ( $C_0 + C$ ), então tem-se um efeito pepita puro (EPP) (ZANÃO JÚNIOR et al., 2010). O EPP está associado à completa aleatoriedade espacial da variável ou pode ser devido a erros de medidas ou uma mínima variação não detectada, considerando que a grade de amostragem utilizada é maior que o necessário para detectar dependência espacial (CAMBARDELLA et al., 1994; VIEIRA, 2000). Os semivariogramas ajustados estão apresentados na Figura 9.

Para todas as variáveis os valores do efeito pepita ( $C_0$ ) foram próximos a zero (Tabela 10), exceto para saturação por alumínio (m) e argila. O  $C_0$  do semivariograma indica a variabilidade não explicada, que pode ser devido a erros de medida ou microvariação não detectada (FERREIRO et al., 2016). Os resultados observados indicam que a amostragem foi adequada, uma vez que quanto menor for este parâmetro mais precisa será a avaliação da dependência espacial (VIEIRA, 2000). No caso da saturação por alumínio nota-se que efeito pepita contribui com 67% do valor do patamar, o que resulta numa curva menos acentuada (Figura 9), demonstrando que para essa variável, possivelmente, a malha de amostragem não foi sensível o suficiente para um ajuste mais adequado do modelo do semivariograma, que além de apresentar  $C_0$  elevado também apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais baixo (0,606), indicando que o modelo ajustado explica 60,6% dos dados coletados. Inclusive, é possível notar que o  $C_0$  apresenta uma correlação negativa moderada (-0,50) com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Grego et al. (2010), em estudo sobre variabilidade espacial do atributos químicos do solo obtiveram correlação negativa alta (-0,85) entre estes dois parâmetros.

O teor de argila apresentou valor de 20,200 para efeito pepita. Comparando às demais variáveis, este resultado é considerado alto, o que pode influenciar na dependência espacial. Porém, avaliando o  $C_0$  e o  $C_0 + C$ , observamos que apesar de elevado valor, o efeito pepita contribui com 44% do valor do patamar, apresentando um semivariograma bem definido e atestando que a malha de amostragem foi adequada.

Situação contrária ocorre para as variáveis K e Al<sup>3+</sup>, que apesar de terem valores baixos para C<sub>0</sub>, estes representam 75% e 68%, respectivamente, dos valores do patamar, resultando em valores baixos de dependência espacial e semivariogramas com curvas menos acentuadas (AQUINO et al., 2014).

**Tabela 10** - Componentes da semivariância e grau de dependência espacial (GDE) dos atributos químicos do solo e luminosidade (PAR) em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

Variáveis	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	a (m)	GDE %	DE	R <sup>2</sup>	SQR
pH	Esf*	0,066	0,201	12,30	67,16	Moderada	0,643	0,00560
P	Exp	0,196	0,392	9,80	50,13	Moderada	0,610	0,01840
K	Gau	0,190	0,252	9,24	24,61	Fraca	0,914	0,00038
Ca	Esf	0,214	0,428	16,98	50,12	Moderada	0,944	0,00201
Mg	Exp	0,060	0,180	5,58	66,78	Moderada	0,904	0,00075
Al	Gau	0,518	0,766	9,32	32,45	Moderada	0,738	0,02430
H+Al	Exp	0,659	2,585	5,07	74,50	Moderada	0,863	0,23600
SB	Gau	0,175	0,292	9,57	39,97	Moderada	0,904	0,00137
CTC	Gau	0,025	0,043	26,32	41,74	Moderada	0,813	0,00014
V	Esf	0,123	0,255	18,06	51,80	Moderada	0,920	0,00108
m	Gau	307,501	460,279	13,65	33,19	Moderada	0,606	0,01850
MO	Exp	0,013	0,034	3,51	61,85	Moderada	0,918	0,00001
Argila	Exp	20,200	46,110	4,61	56,19	Moderada	0,704	0,91900
PAR	Exp	1,028	2,057	6,70	50,02	Moderada	0,815	0,16100

\*Esf: esférico; Exp: exponencial; Gau: gaussiano; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C: patamar; a: alcance; GDE: grau de dependência espacial; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; SQR: soma dos quadrados dos resíduos.

Na Tabela 10, observa-se que o menor resultado para o alcance foi de 3,51 m, sendo superior a grade amostral utilizada (3 m x 10 m), o que evidencia a adequação do espaçamento de amostragem, na caracterização da dependência espacial das variáveis na área (SOARES et al., 2018). Dentre os parâmetros dos semivariogramas, o alcance tem grande importância, uma vez que representa a distância máxima em que os pontos amostrais estão correlacionados espacialmente (MACHADO et al., 2007), portanto, análises realizadas a distâncias maiores que o alcance têm distribuição aleatória e, por isso, são independentes entre si. Segundo Amaral et al. (2018), o raio de influência de uma amostra é avaliado pelo seu

alcance que sendo pequeno demanda um maior número de amostras para representar uma média confiável da área. A informação do alcance é importante no planejamento de um experimento, uma vez que quanto maior o alcance maior será a precisão na estimativa por krigagem.

Quanto ao patamar, observa-se que os resultados variaram de 0,034 a 460,279. Este parâmetro do semivariograma representa o valor onde a curva de distribuição dos dados estabiliza. Representa a principal diferença entre os modelos esférico e o exponencial, pois o primeiro atinge o patamar no valor do alcance, enquanto que o outro atinge-o apenas assintoticamente (CARNEIRO et al., 2016). Das variáveis analisadas, três foram ajustadas pelo modelo esférico, cinco pelo gaussiano e seis pelo exponencial (Tabela 10 e Figura 9). De acordo com Soares et al. (2015), as funções exponencial e esférica são os mais comuns ajustados às variáveis de solo, o que não foi observado neste trabalho. Grego et al. (2010), em estudo sobre a variabilidade espacial dos atributos químicos e físico do solo, observaram que entre as 19 variáveis apenas o potássio foi ajustado ao modelo gaussiano. Já Behera e Shukla (2015) ajustaram 42% dos atributos químicos do solo ao modelo gaussiano, com dependência espacial de moderada a forte (GDE). Para luminosidade, o patamar atinge assintoticamente o valor do alcance (Figura 9), confirmando o modelo exponencial do semivariograma, assim como no estudo realizado por Queiroz et al. (2017) que ajustaram o semivariograma da luminosidade à função exponencial.

Variando entre 24,61 a 74,50%, o GDE foi moderado para todas as variáveis, exceto para o potássio que apresentou baixa dependência (< 25%). Tais resultados demonstram que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados amostrados. Segundo Cambardella et al. (1994), atribui-se a forte dependência espacial das características químicas e físicas do solo aos fatores intrínsecos, e a fraca dependência, aos extrínsecos. Vieira et al. (2010) afirmam que quanto maior e mais evidente a diferença do efeito pepita para o patamar maior será a dependência espacial da variável (GDE). Em estudo sobre a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, Zanão et al. (2010) obtiveram dependência moderada para todas as variáveis. E também Valente et al. (2014), que observaram GDE moderado para todas as variáveis químicas do solo, exceto para P.

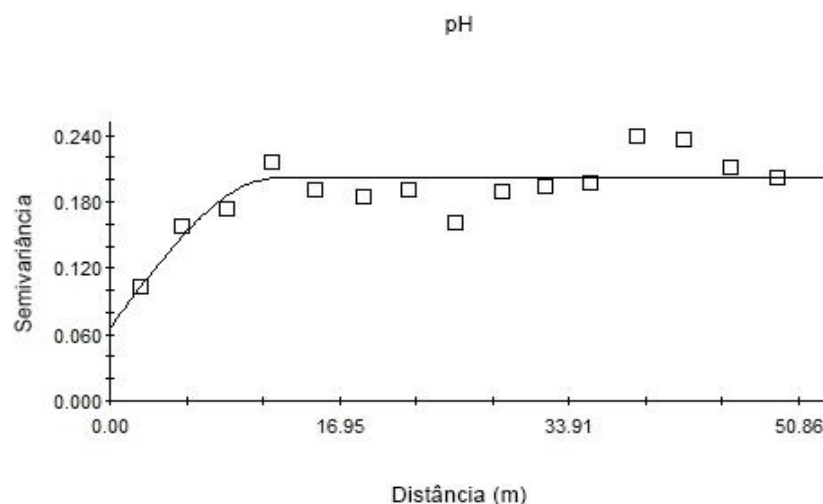
O melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para os semivariogramas foi



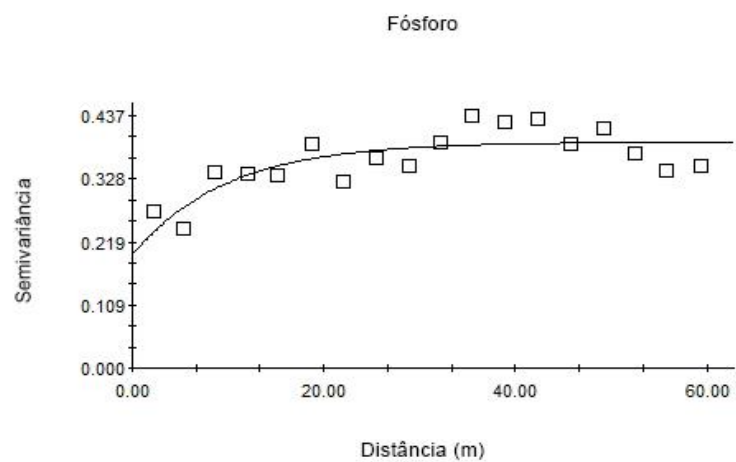
observado para  $\text{Ca}^{2+}$ , com 0,944, mas vale ressaltar que outras cinco variáveis (K,  $\text{Mg}^{2+}$ , SB, V e MO) apresentaram  $R^2$  maiores que 0,90, e nenhuma apresentou valor menor que 0,60, indicando boa correlação com os semivariogramas ajustados. Rodrigues et al. (2015), avaliaram a fertilidade do solo em área de plantio direto e obtiveram  $R^2$  variando entre 0,43 a 0,99. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indica o quanto o modelo ajustado é capaz de explicar os dados coletados, mas de acordo com Assumpção e Hadlich (2017), a avaliação de forma isolada deste coeficiente não é um parâmetro robusto, sendo preferível analisa-lo em conjunto com a soma de quadrados do resíduo (SQR) propiciando uma escolha mais exata do modelo que melhor se ajusta aos dados. Todos os resultados obtidos para SQR são valores baixos, que variam entre 0,00000042 a 0,9190. Souza et al. (2014) citam que a definição do modelo do semivariograma deve ser baseada no maior  $R^2$  e menor SQR.

Observando os dados da estatística descritiva (Tabela 9) e parâmetros de ajuste de semivariograma (Tabela 10), pode-se dizer que existe uma acentuada heterogeneidade, tornando difícil organizar parcelas neste local. Tais resultados indicam a existência de manchas na área, e que a distância de amostragem aplicada representou dependência espacial.

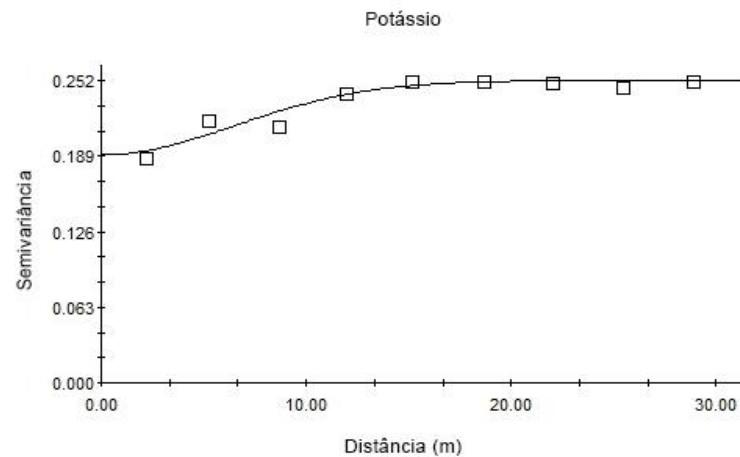
**Figura 9** - Semivariogramas dos atributos químicos do solo (0-20 cm) e da luminosidade em sistemas agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



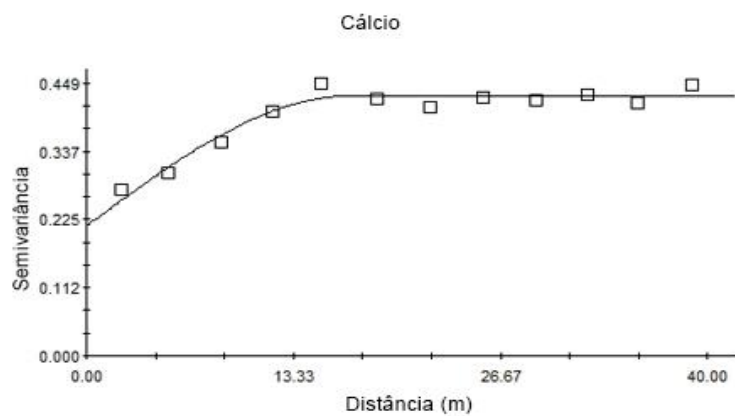
Modelo esférico



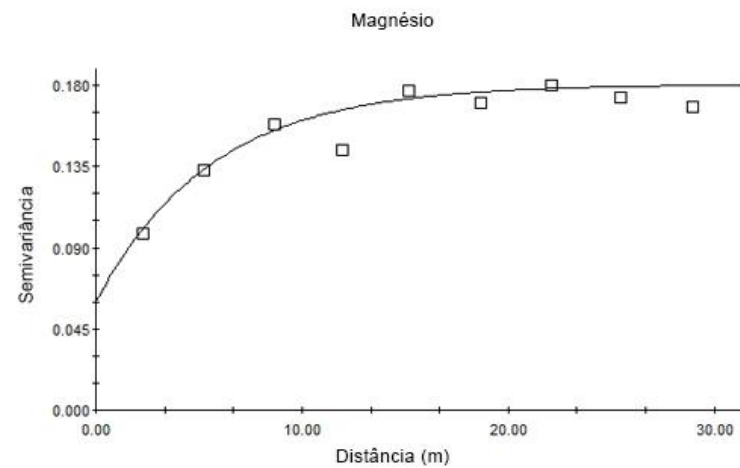
Modelo exponencial



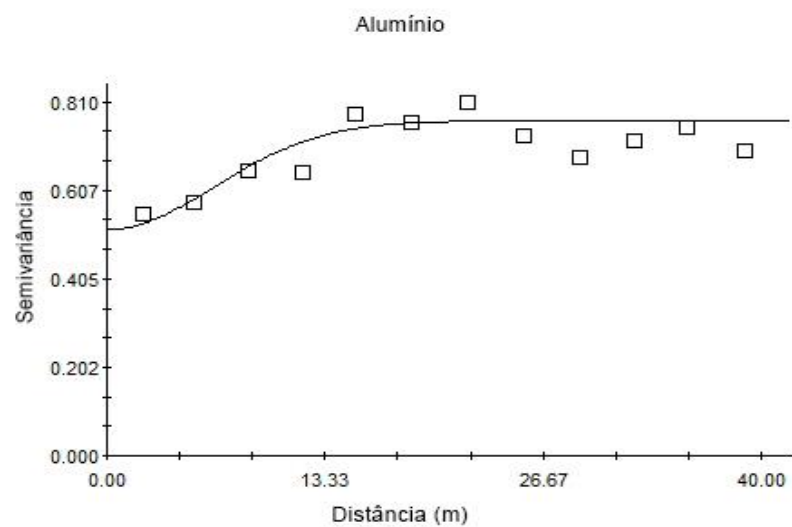
Modelo gaussiano



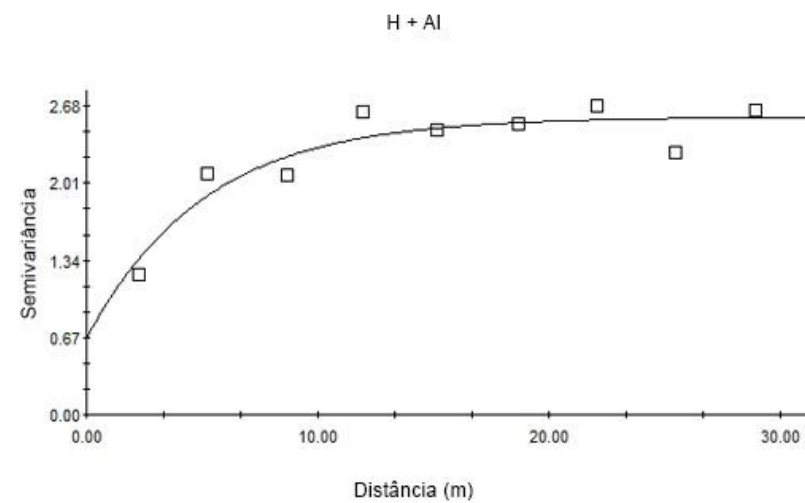
Modelo esférico



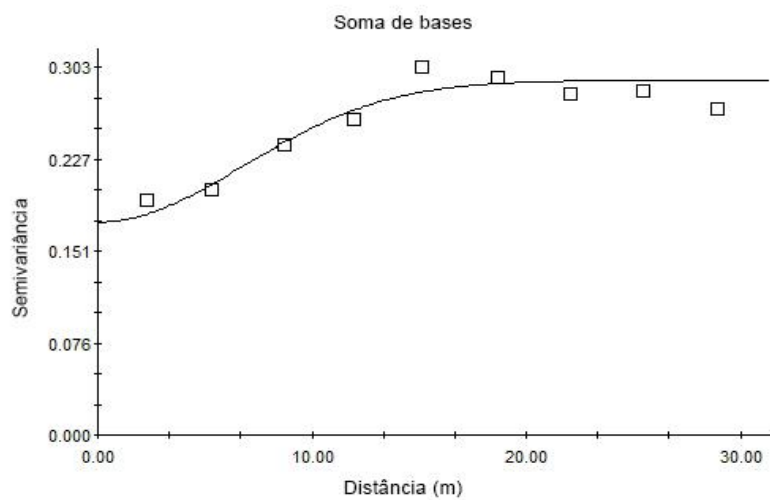
Modelo exponencial



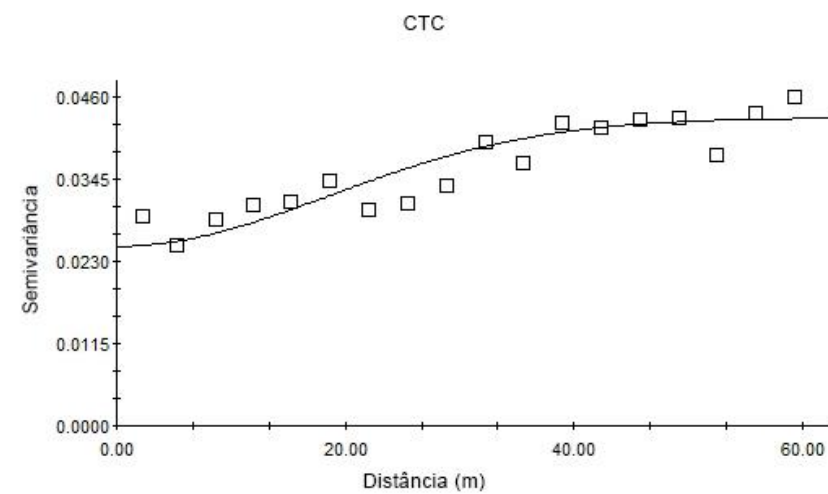
Modelo gaussiano



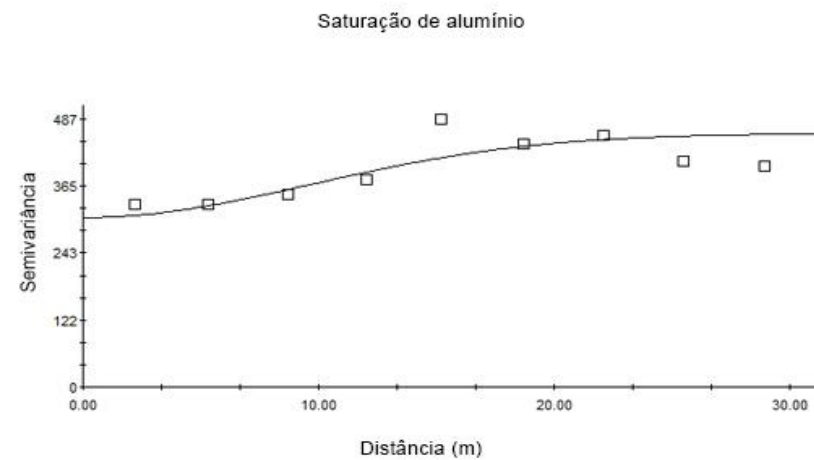
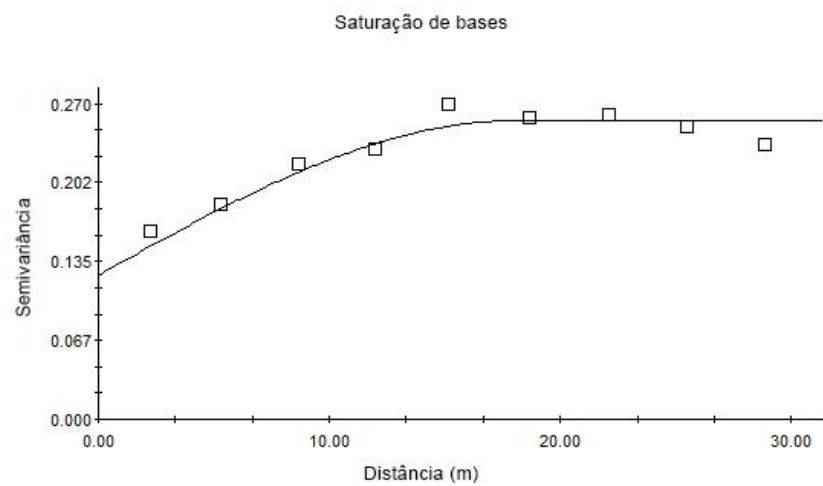
Modelo exponencial



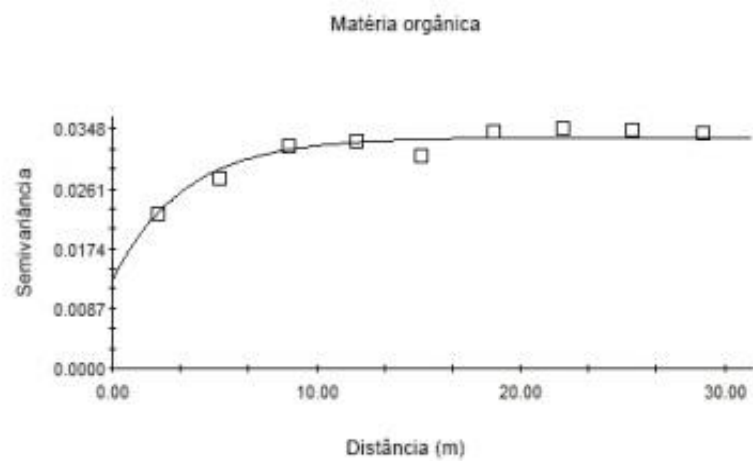
Modelo gaussiano



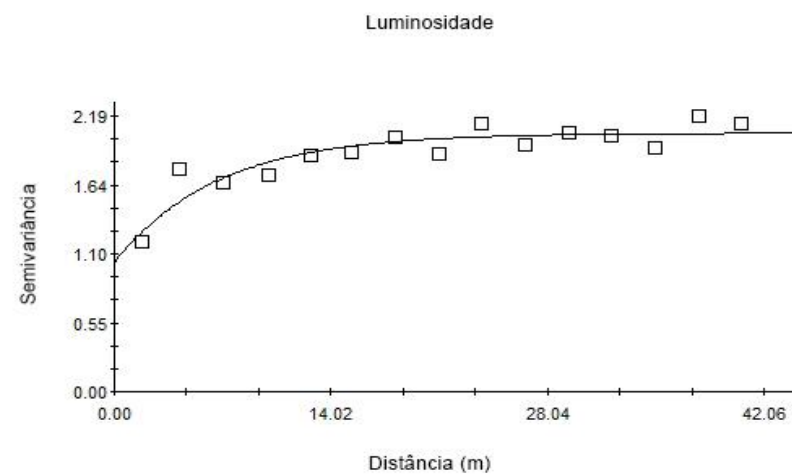
Modelo gaussiano



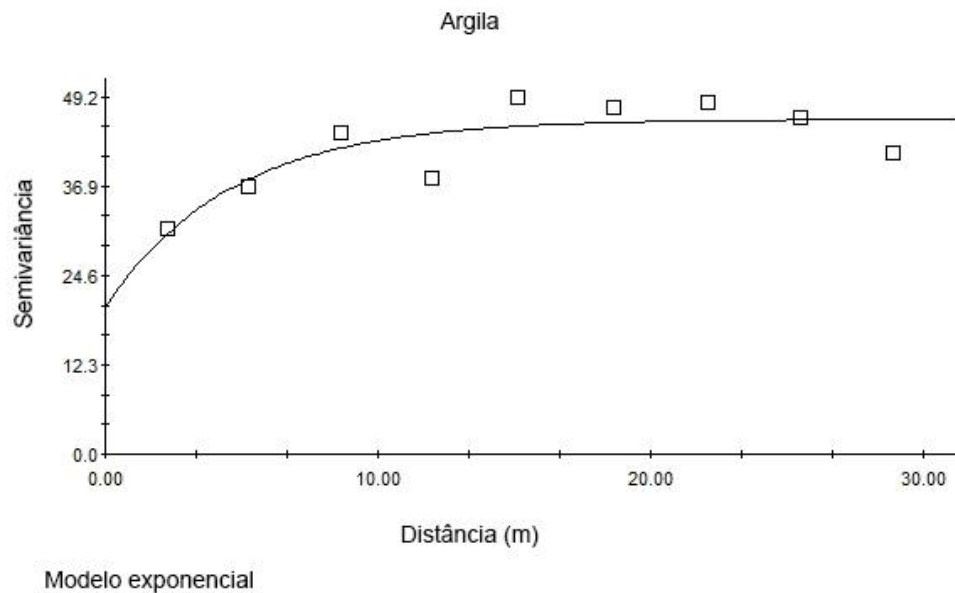
Modelo gaussiano



Modelo exponencial



Modelo exponencial



Após o ajuste dos semivariogramas para cada variável, os dados foram interpolados pelo método de krigagem expressando os resultados em forma de mapas de isolinhas (Figuras 10 a 23). Estes resultados são fundamentais para o planejamento e execução de práticas agrícolas, como a adubação e calagem, com maior exatidão e maior relação benefício/custo. Nesses mapas, pode-se visualizar na área amostrada a distribuição espacial dos atributos do solo ou qualquer outra variável que apresente dependência espacial. O conhecimento dos valores do alcance aliado à visualização das localizações das áreas nos mapas de isolinhas é importante para o planejamento de práticas de manejo (ZANÃO et al., 2010).

Todos os mapas de contorno exibem manchas bem definidas para as variáveis estudadas, com valores variados de alcance e padrões espaciais diferentes para os quatro tratamentos.

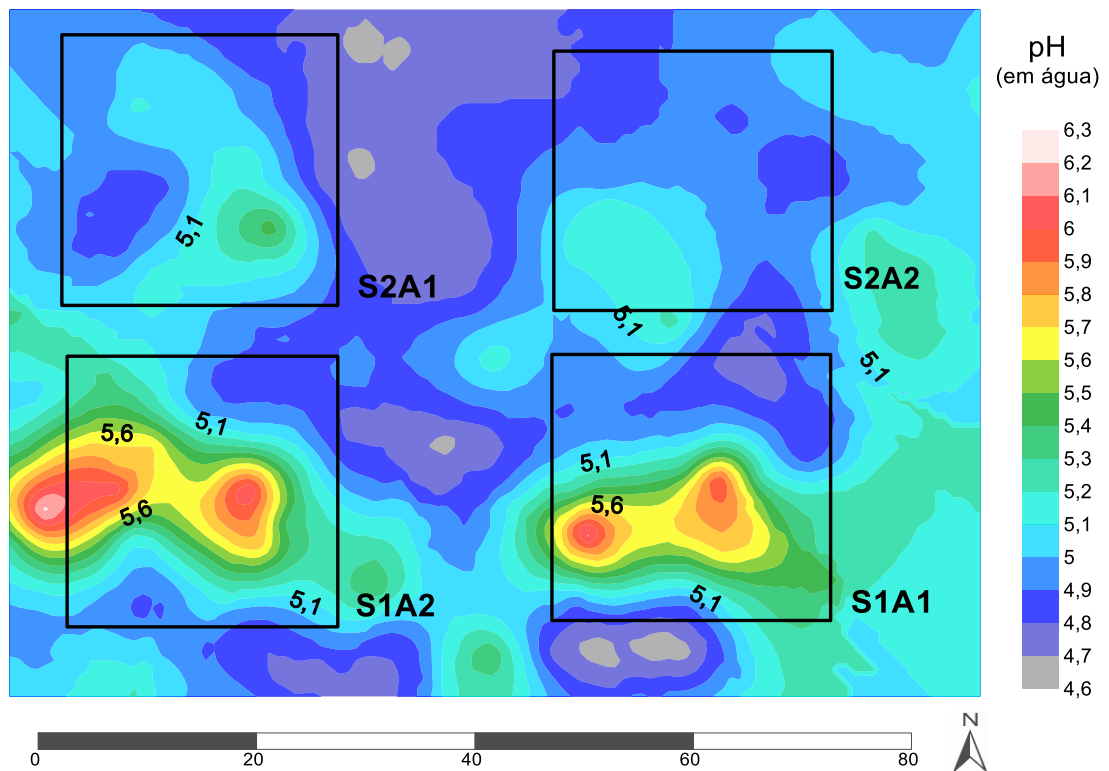
De acordo com análise de variância, todas as variáveis apresentaram diferença significativa para um dos tratamentos. Os resultados para P, K,  $Mg^{2+}$ , CTC, SB, m, MO e teor de argila apresentaram diferença para tipo de consórcio (S1: cupuaçu + pupunha; S2: cupuaçu + pupunha + bacaba). Para a área de copa (A1: área de copa < 150 m<sup>2</sup>; A2: área de copa > 150 m<sup>2</sup>) o  $Al^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$  e argila foram diferentes. A interação entre os tipos de consórcios e as áreas de copa foi significativa para as variáveis pH,  $Ca^{2+}$ ,  $H+Al^{3+}$ , V e PAR

Na Figura 10 tem-se a variabilidade espacial do pH em água. De modo

geral, observa-se diferença entre os tipos de SAF, sendo que no consórcio de cupuaçuzeiro com pupunheira (S1) houve valores mais elevados, diferente do S2 que apresentou solo mais ácido. Consolidando estatisticamente a variabilidade espacial comprovada pela geoestatística, foi observado através da análise de variância interação significativa entre os tratamentos, sendo o consórcio de cupuaçuzeiro com pupunheira com a área de copa superior a 150 m<sup>2</sup> (S1A2) (5,26) superior aos demais tratamentos (Tabela 11). De acordo com Venegas et al. (1999), o solo dos tratamentos S1A1 e S1A2 apresentam acidez média (pH entre 5,1 a 6,0), enquanto que em S2A1 e S2A2 ocorre elevada acidez (pH entre 4,5 a 5,0). Nota-se que o consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2) apresentou maior acidez independente da área de copa das plantas. Freitas et al. (2015), em estudo sobre os atributos químicos do solo de dois SAFs diferentes (cupuaçuzeiro + bacabeira; cupuaçuzeiro + espécies arbóreas) e um fragmento florestal, obtiveram os maiores resultados de pH em SAF com bacabeira. Nos consórcios estudados (S1 e S2), provavelmente, a acidez do solo foi mais influenciada por fatores como a quantidade de matéria orgânica do que o tipo de espécie cultivada.

A elevada acidez é uma das características dos solos da Formação Solimões (AMARAL et al., 2000), que além de baixos valores de pH, também apresentam elevados teores alumínio (WADT et al., 2010). Amaral et al. (2000) citam que os Argissolos Vermelho-Amarelos de Nova Califórnia (RO) apresentam pH da ordem de 4,0 a 5,3, estando em conformidade os valores encontrados no presente trabalho. A faixa de pH ideal para a cultura do cupuaçuzeiro é entre 6,0 a 6,5 (VENTURIERI et al., 1993), superior ao observado na maior parte da área estudada.

**Figura 10** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial do pH do solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

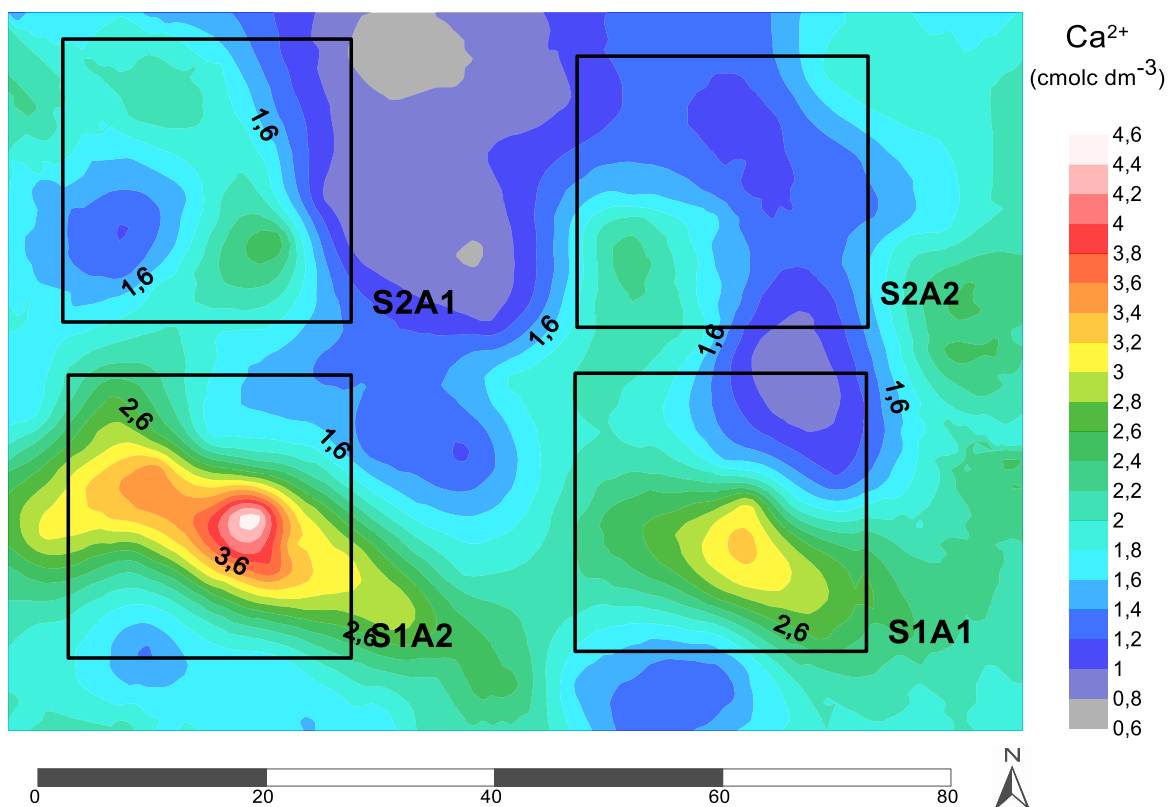


Os valores observados para  $\text{Ca}^{2+}$  variaram entre 0,84 a 4,09  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , sendo que os maiores valores estão localizados no S1A2 (cupuaçuzeiro com pupunheira com área de copa maior que 150  $\text{m}^2$ ) (Figura 11). De modo geral, nota-se que grande parte do mapa (72%) apresenta valores entre 1,21 a 2,40  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , faixa considerada como mediana para quantidade deste nutriente (VENEGAS et al., 1999). As folhas do cupuaçuzeiro são ricas em cálcio, contribuindo para o aumento do nutriente no solo (LOCATELLI et al., 2001). Couto (2010) observou valores semelhantes de  $\text{Ca}^{2+}$  em sistemas agroflorestais em Nova Califórnia. Corrêa (2005) cita que o cupuaçuzeiro apresenta grande deposição de serapilheira e alta eficiência na ciclagem de P, K e  $\text{Ca}^{2+}$ , o que contribui para resultados medianos mesmo em áreas sem manejo de adubação. Oliveira (2006), em estudo sobre a qualidade química do solo em sistemas agroflorestais, observou que o consórcio com a presença do cupuaçuzeiro apresentou maior teor de cálcio no solo.

A avaliação dos tratamentos mostrou haver interação significativa entre os

fatores, sendo o consórcio as plantas de cupuaçu e pupunha com a maior área de copa (S1A2) superior aos demais tratamentos (Tabela 11), mesma tendência observada para o pH. Malavolta (2006) cita que solos ácidos apresentam menores teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e K, sendo que valores de pH acima de 5,5 favorecem a disponibilidade e aproveitamento pelas plantas. Observando as variáveis pH e  $\text{Ca}^{2+}$ , é possível afirmar que no S1 (cupuaçuzeiro com pupunheira) a área de copa influenciou diretamente os resultados, provavelmente devido a influência da luminosidade sobre a decomposição e liberação de nutrientes no solo. Nunes e Pinto (2012) observaram que a menor luminosidade resultou em maior umidade e temperatura constantemente amena em áreas reflorestadas, o que favoreceu a proliferação de microrganismos decompositores e a liberação de nutrientes. Já no caso do S2, devido à presença de mais um componente, a bacabeira, esse consórcio apresenta maior dreno de nutrientes, influenciando os teores dos elementos químicos no solo.

**Figura 11** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017





**Tabela 11** - Valores de pH, cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}^{3+}$ ) e saturação de bases (V) em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

	A1*	A2	CV
pH			
S1**	5,14 Ab	5,25 Aa	5,13
S2	4,98 Ba	4,96 Ba	3,54
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )			
S1	1,98 Ab	2,46 Aa	33,10
S2	1,66 Ba	1,44 Ba	25,79
$\text{H} + \text{Al}^{3+}$ ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )			
S1	6,20 Aa	5,52 Bb	14,06
S2	5,97 Aa	5,90 Aa	11,14
V (%)			
S1	27,96 Ab	33,36 Aa	20,40
S2	28,31 Aa	26,30 Bb	19,09

\*A1: área de copa das palmáceas menor que  $150 \text{ m}^2$ ; A2: área de copa das palmáceas maior que  $150 \text{ m}^2$ .

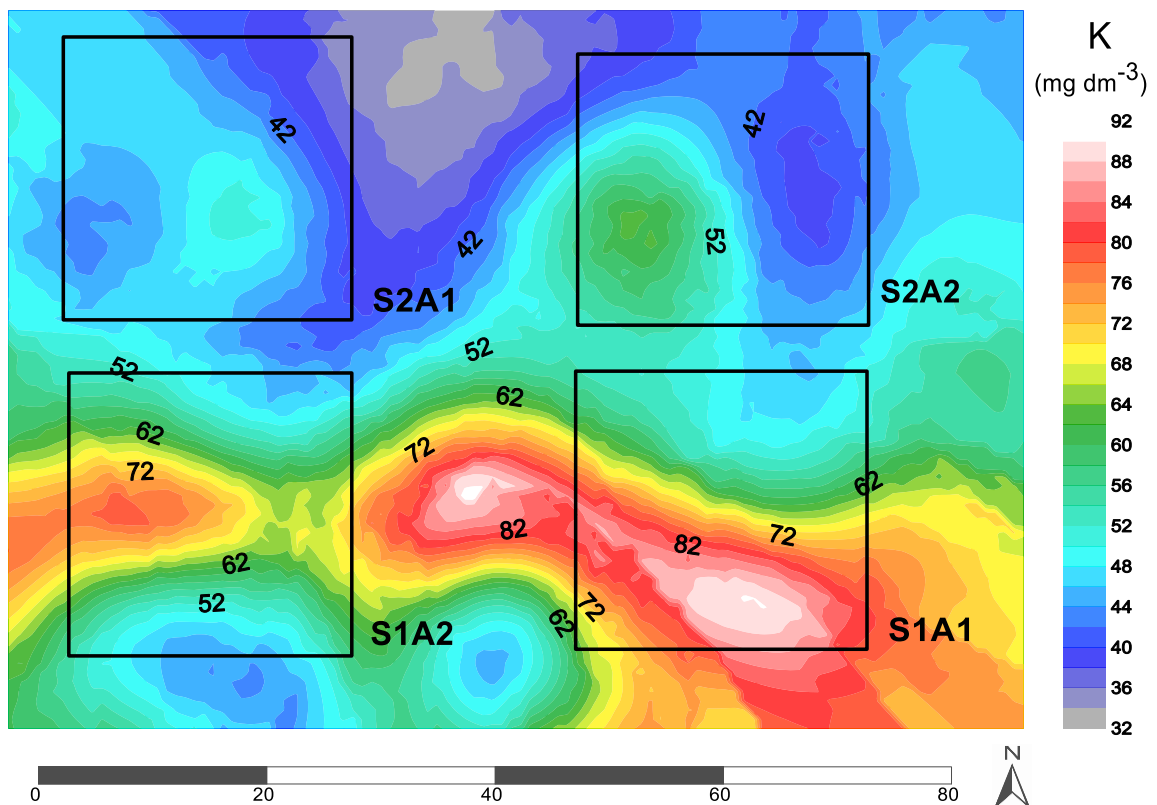
\*\* S1: consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2: consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira.

\*\*\* Para cada variável, médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao potássio, houve variação nos valores entre  $33,68$  a  $89,29 \text{ mg dm}^{-3}$  na área estudada. Observando a Figura 12, constata-se diferença entre os S1 (cupuaçuzeiro e pupunheira) e S2 (cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira) para este nutriente, tendo o primeiro consórcio maior disponibilidade de K. O contraste na variabilidade espacial foi confirmado pela análise de variância (Tabela 12) apresentando diferença significativa entre os sistemas agroflorestais sem influencia da maior ou menor área de copa das palmáceas. O S1 foi superior, possuindo valor médio de  $62,46 \text{ mg dm}^{-3}$ . A densidade de indivíduos entre os SAFs, provavelmente, é um dos fatores que acentuam a diferença nas características químicas entre os solos, uma vez que no S2, com maior número de plantas devido a presença da bacabeira, há maior demanda e absorção de

nutrientes. Ayres e Alfaia (2007), em estudo sobre os efeitos da adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais, observaram incremento de 56% no número de frutos produzidos por planta com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup>, e concluíram o fornecimento deste nutriente aumenta a produtividade desta frutífera. Os valores obtidos para K tanto no S1 quanto no S2 (45,39 mg dm<sup>-3</sup>) são classificados como médios, de acordo com Venegas et al. (1999). Figueiredo et al. (2000a) citam valores mínimos de 40 mg dm<sup>-3</sup> de K no solo para não prejudicar a produção de frutos. O potássio é o segundo nutriente encontrado em maior quantidade nas folhas de cupuaçuzeiro (AYRES; ALFAIA, 2004; FIGUEIREDO et al., 2000a; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004). Sendo esta espécie a responsável pela maior parte da deposição de resíduos nos consórcios avaliados, pode-se dizer que a matéria orgânica é a principal fonte deste elemento nos sistemas agroflorestais.

**Figura 12** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de potássio (K) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



**Tabela 12** - Fósforo (P), potássio (K), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), capacidade de troca catiônica (CTC), soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO) e teor de argila em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

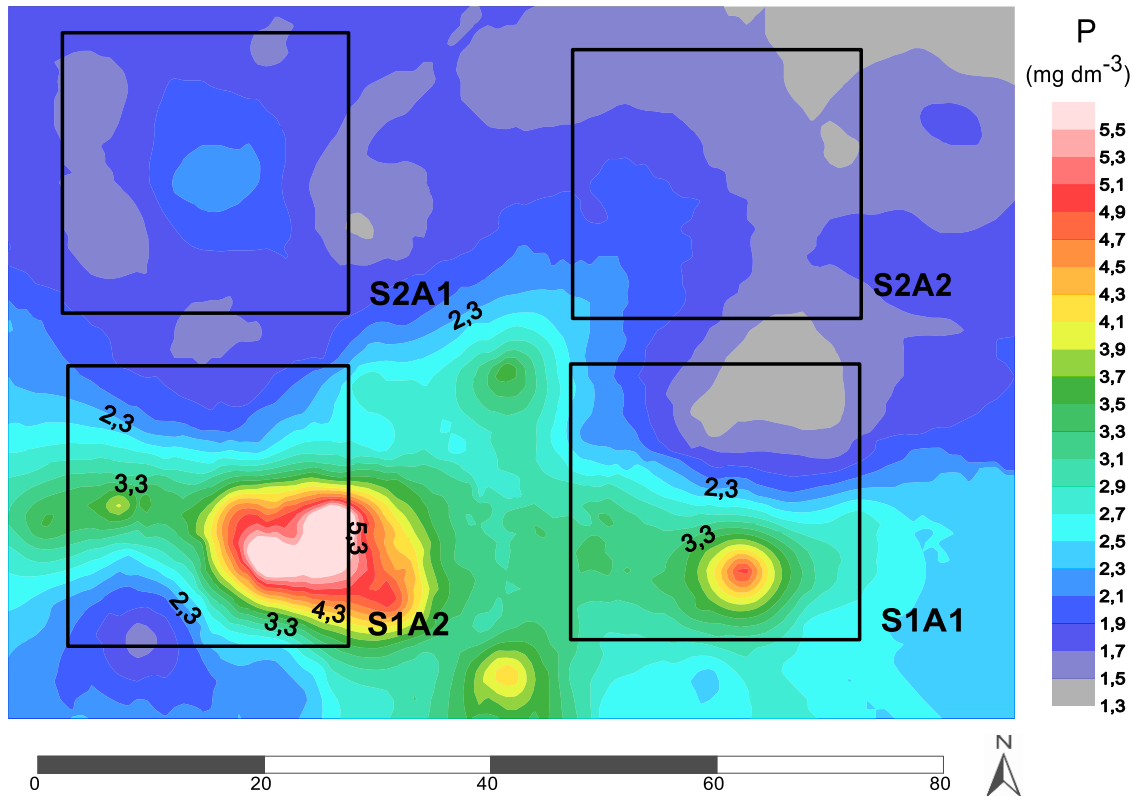
	P	K	$Mg^{2+}$	CTC	SB	m	MO	Argila
	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	
S1*	2,71 a	62,46 a	0,74 a	4,67 a	2,91 a	39,81 b	2,24 a	31,75 a
S2	1,74 b	45,39 b	0,60 b	4,01 b	2,34 b	43,40 a	1,97 b	29,23 b
CV1	30,90	18,11	17,62	6,21	21,71	15,04	8,84	52,94
CV2	27,23	14,63	17,39	3,55	18,19	11,04	7,40	51,36

\* S1: consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2: consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira.

\*\* Para cada variável, médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

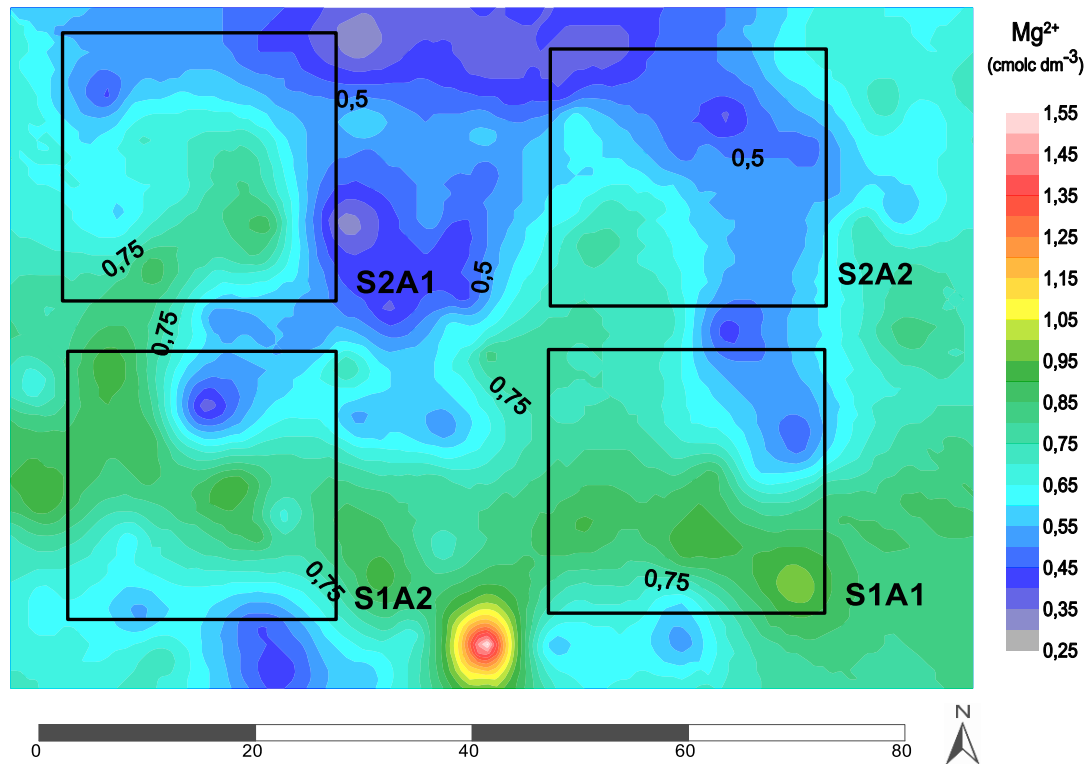
Quanto aos teores de fósforo, estes variaram entre 1,39 a 5,36 mg dm<sup>-3</sup>, valores considerados muito baixo ( $\leq 6,6$  mg dm<sup>-3</sup>), de acordo com Venegas et al. (1999). Ayres e Alfaia (2004) citam que apesar deste nutriente não ser tão limitante a produção de frutos como é o K, a adubação com 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> resultada em ganhos significativos na produtividade do cupuaçuzeiro em solos com teores muito baixos de fósforo. Segundo McGrath et al. (2000) os ganhos em produtividade com incremento de P são devido este nutriente ter grande participação nos tecidos reprodutivos do cupuaçuzeiro, sendo que 40% da absorção de P é direcionada para a reprodução. Observando o mapa de isolinhas da disponibilidade de P (Figura 13) nota-se que o S1 apresenta maiores valores que o sistema com cupuaçu, pupunha e bacaba, inclusive com os resultados mais altos (5,36 mg dm<sup>-3</sup>). Por meio da análise de variância foi possível atestar estatisticamente este contraste observado pela geoestatística (Tabela 12). Houve diferença significativa entre o tipo de consórcio, sendo o sistema com cupuaçuzeiro e pupunheira (S1) (2,71 mg dm<sup>-3</sup>) superior estatisticamente ao S2 (1,74 mg dm<sup>-3</sup>). O maior número de indivíduos no sistema com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2) contribui para as diferenças nos teores de nutrientes no solo, uma vez que ocorre o aumento do dreno de nutrientes sem o aumento da fonte.

**Figura 13** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de fósforo (P) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



A distribuição espacial para os teores de magnésio no solo estão apresentados na Figura 14. Em geral, a maior parte da área apresenta teores de Mg<sup>2+</sup> variando entre 0,60 a 1,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, valores considerados médios a alto (VENEGAS et al., 1999). Apesar da pouca variação, observa-se que no S1 existe maior disponibilidade deste nutriente. Esta diferença na variabilidade espacial foi significativa quando comparada pela estatística clássica (Tabela 12 e 13). Não houve interação significativa entre os tratamentos, porém foi observada diferença significativa tanto para o tipo de SAF quanto para a área de copa. O consórcio de cupuaçuzeiro e pupunheira apresentou o maior resultado para magnésio, com 0,74 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> contra 0,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> do tratamento com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2). Quanto à área de copas das plantas consorciadas com o cupuaçuzeiro (pupunheira e bacabeira) o A1 (0,69 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) foi superior ao com maior área de copa (A2) (0,64 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

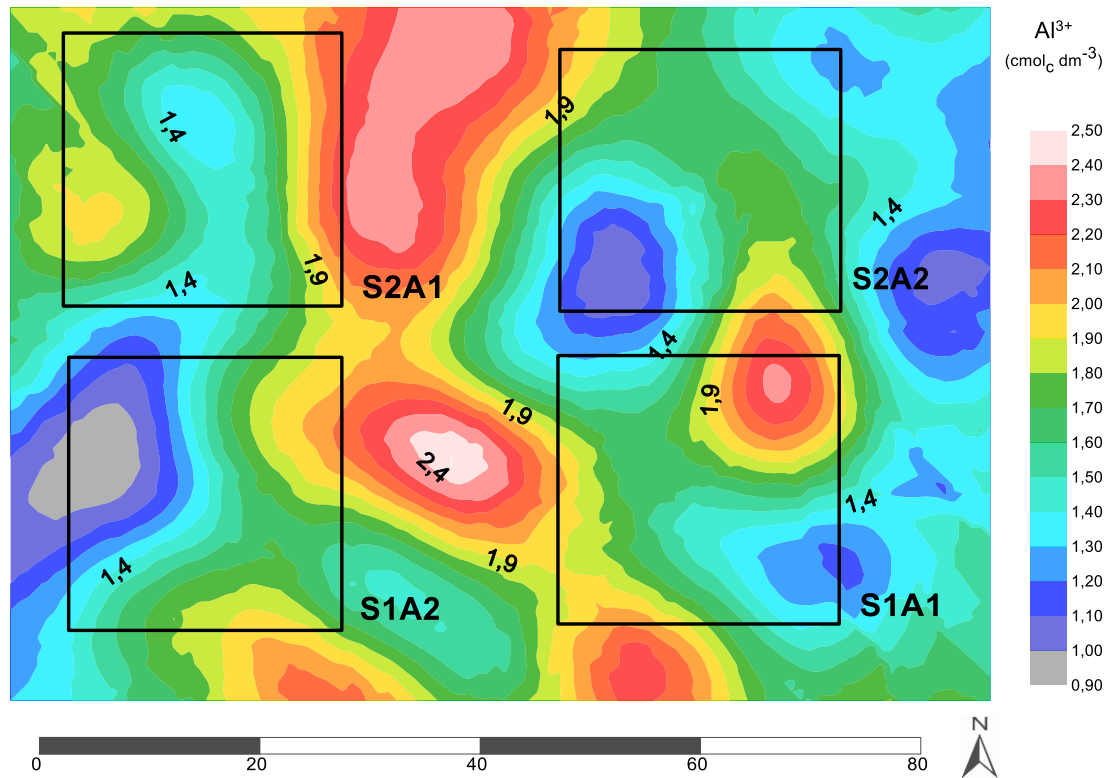
**Figura 14** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de magnésio ( $Mg^{2+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



O alumínio apresentou uma grande variação na área estudada (Figura 15), sendo possível observar manchas bem definidas para os teores deste elemento. Os valores observados são classificados como alto (1,01 a 2,00  $cmol_c\ dm^{-3}$ ) e muito alto (> 2,01  $cmol_c\ dm^{-3}$ ), exceto por uma pequena área ao final do S1A2 que apresentou resultados medianos (0,98  $cmol_c\ dm^{-3}$ ) (VENEGAS et al., 1999). De acordo com Wadt et al. (2010), os elevados teores de  $Al^{3+}$  são uma característica dos solos da Formação Solimões, porém, os altos valores não resultam em efeitos fitóxicos como os que seriam esperados em outros solos. Os autores citam que esta baixa fitotoxicidade do  $Al^{3+}$  pode ser consequência da menor atividade deste na solução, devido os altos teores de cálcio e de magnésio, ou também por conta da força de retenção do alumínio às superfícies de troca catiônica. Nos SAFs avaliados os valores para ambos nutrientes,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , foram medianos. Devido a grande variação, observando apenas o mapa de isolinhas torna-se difícil notar diferença entre os tratamentos avaliados, porém, de acordo com a análise de variância houve superioridade significativa do A1 quanto ao A2, sem interação com o tipo de SAF (Tabela 13). Portanto, o tratamento com maior área de copa apresentou menor teor de alumínio

( $1,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Observa-se que os maiores valores de  $\text{Al}^{3+}$  acompanham a redução do pH no solo (Figura 10). De acordo com Zambrosi et al. (2007), em condições de pH mais elevado, ocorre a precipitação  $\text{Al}^{3+}$  na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Ayres e Alfaia (2007) observaram teores variando entre 0,99 a  $1,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em área de SAF com cupuaçuzeiro em Nova Califórnia.

**Figura 15** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



Na Figura 16 é apresentada a variabilidade espacial da acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}^{3+}$ ). É possível observar pequenas manchas com valores abaixo de  $5,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , uma vez que 93% da área possui valores entre  $5,01$  a  $8,71 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , os quais são classificados como solo com alta acidez potencial (VENEGAS et al., 1999). De acordo com análise de variância, houve interação significativa entre o tipo de SAF e a área de copa, com o S1A2 inferior estatisticamente aos demais tratamentos (Tabela 11). Butzke (2015) observou diminuição nos valores de  $\text{H}+\text{Al}^{3+}$ , de  $7,97$  para  $4,85 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , após 21 anos de implantação do SAF, concluindo que a matéria orgânica contribuiu para esta redução, através da complexação do alumínio livre em solução.

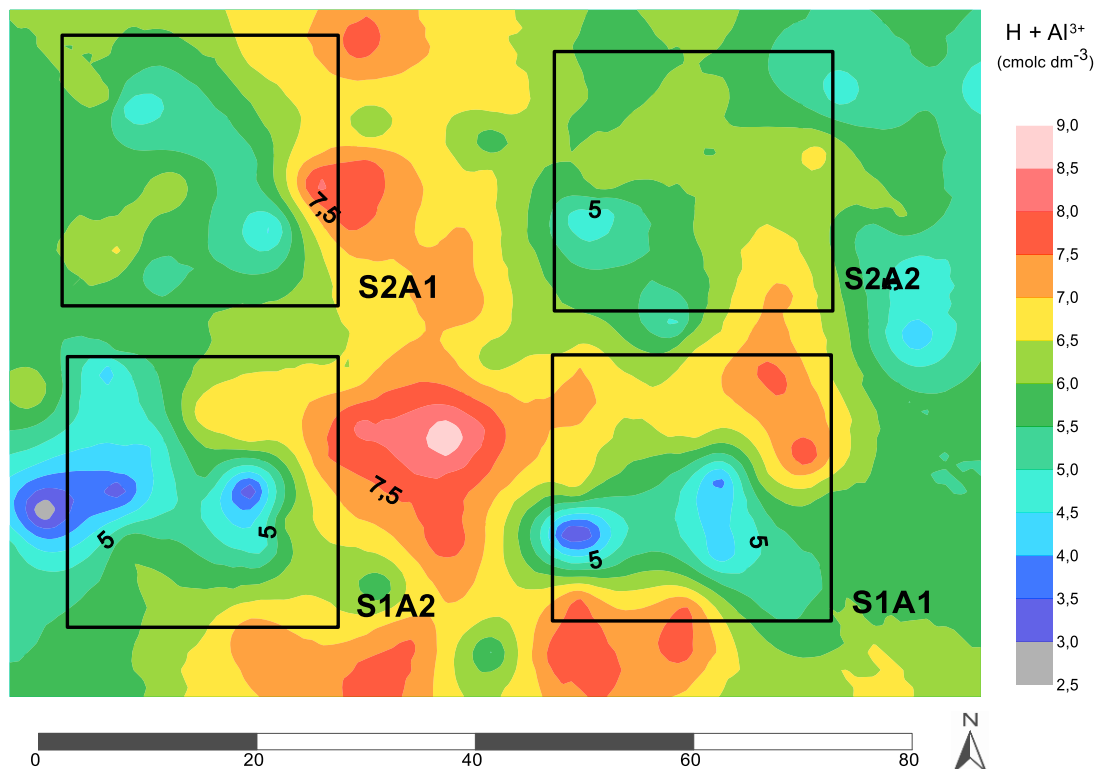
**Tabela 13** - Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e teor de argila em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

	$\text{Al}^{3+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	Argila (%)
A1*	1,71 a	0,69 a	31,00 a
A2	1,52 b	0,64 b	29,99 b
CV1	18,23	17,62	52,94
CV2	15,16	17,39	51,36

\* A1: área de copa abaixo de  $150 \text{ m}^2$ ; A2: área de copa acima de  $150 \text{ m}^2$ .

\*\* Para cada variável, médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

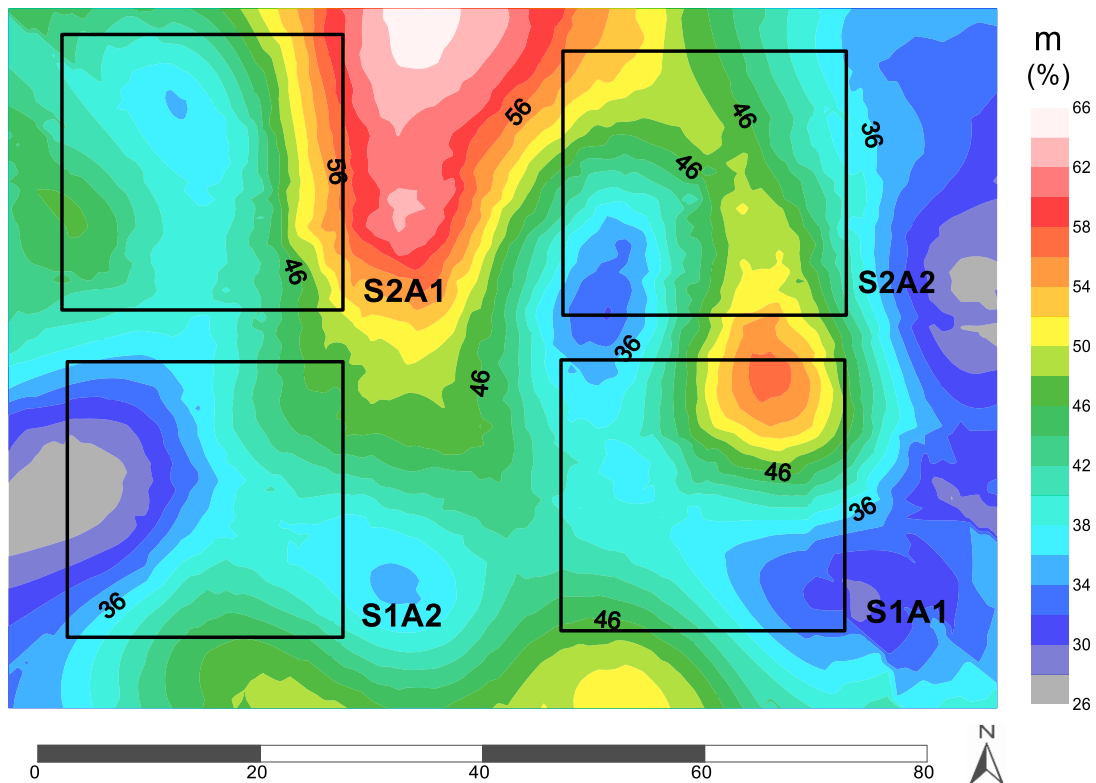
**Figura 16** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}^{3+}$ ) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



Com variação entre 26,72 a 55,41%, a distribuição espacial da saturação por alumínio (m) está apresentada na Figura 17. Observa-se que para esta variável que houve valores baixos (15,1 a 30%), médios (30,1 a 50,0%) e altos (50,1 a 75%) (VENEGAS et al., 1999), sendo os mais elevados encontrados no

S2 (cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira). Comparando os tratamentos, houve diferença significativa entre os consórcios, sem interação com as áreas de copas (Tabela 12). O S1 apresentou menor valor para esta variável (39,81%). Os teores de  $Al^{3+}$  condicionam uma maior saturação, a qual associada a um solo distrófico evidencia a necessidade da aplicação de corretivos.

**Figura 17** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação por alumínio (m%) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

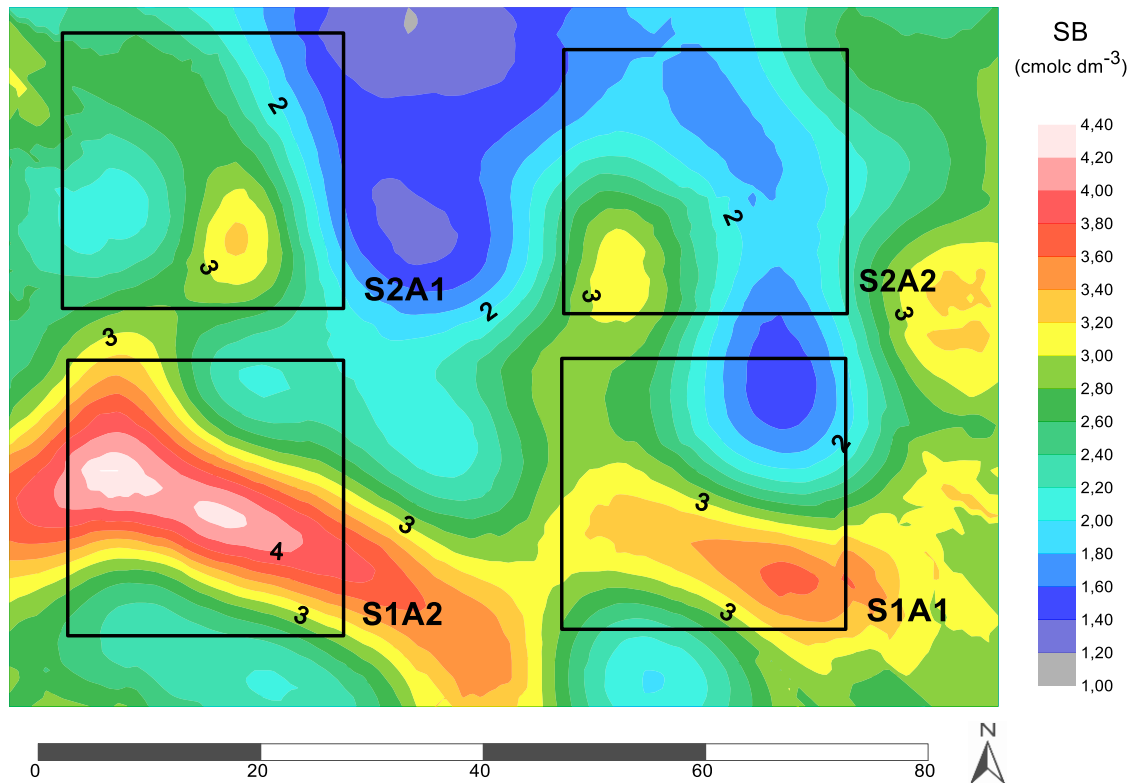


Quanto à soma de bases (SB) se observa manchas bem definidas dos diferentes valores encontrados na área (Figura 18), com picos no S1. Esta diferença entre os SAFs para os resultados de SB foi significativa independente da área de copa, com superioridade do consórcio de cupuaçuzeiro com pupunheira (S1) que apresentou média de  $2,91 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Tabela 12). Como visto anteriormente, o S1 foi superior ao S2 nos teores de K,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , o que explica diretamente o resultado para SB. De acordo com Venegas et al. (1999), os valores obtidos são considerados medianos. Amaral et al. (2000) observaram em Argissolos Vermelho-Amarelos em Nova Califórnia SB variando entre 0,94 a



3,75  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , com os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  contribuindo mais de 80% deste valor. Em ambos os SAFs avaliados (1 e 2) a contribuição destes nutrientes para a soma de bases foi ainda maior, mais que 90%.

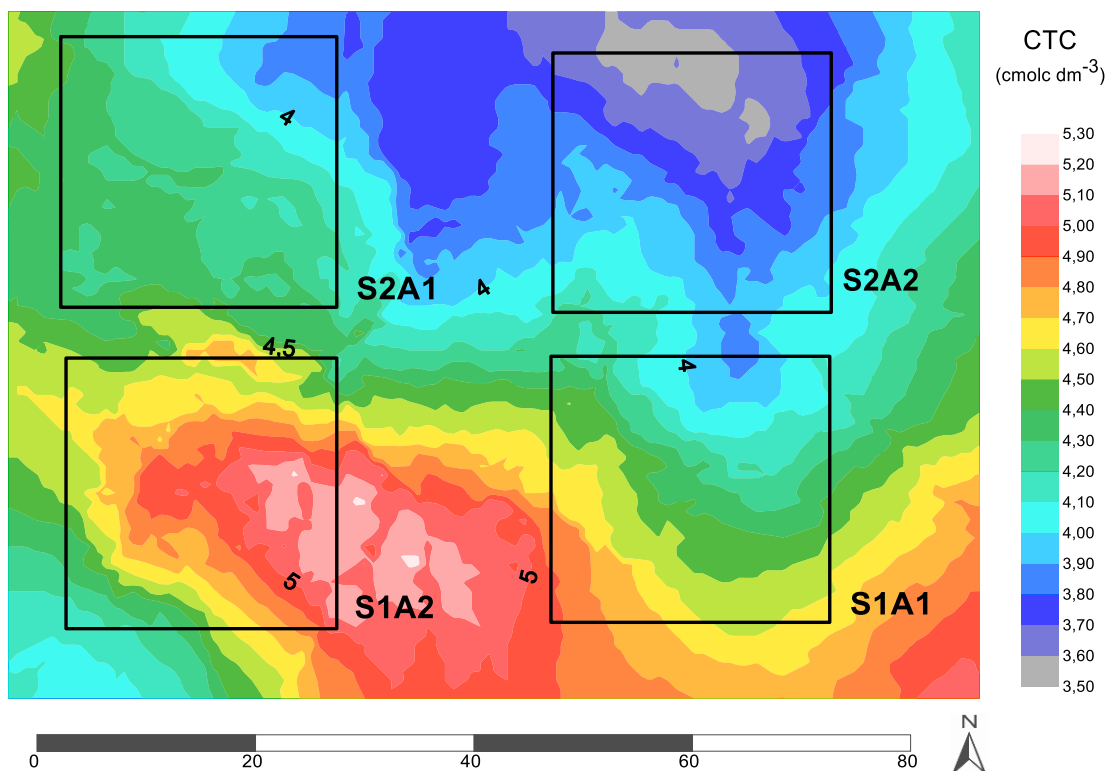
**Figura 18** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da soma de bases (SB) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



Seguindo o comportamento da SB, a capacidade de troca catiônica (CTC) no consórcio com a presença de bacabeira (S2) ( $4,01 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) foi estatisticamente inferior que a do S1 ( $4,67 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) (Tabela 12) sem interação com as áreas de copas. O resultado obtido para CTC no S2 é classificado como mediano, enquanto que o valor do SAF com cupuaçuzeiro e pupunheira (S1) é considerado bom ( $> 4,61 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) (VENEGAS et al., 1999). Em solos sob condições tropicais a caulinita e os óxidos de ferro e alumínio são importantes componentes da fração mineral podendo contribuir pouco para a capacidade de troca de cátions, enquanto que a matéria orgânica pode representar mais de 80% do valor total da CTC (RONQUIM, 2010). Observando o mapa de isolinhas (Figura 19) nota-se uma grande área no S1 (cupuaçuzeiro com pupunheira) com os valores mais elevados do local ( $4,7$  a  $5,3 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) contrastando com os

resultados obtidos para o S2. McGrath et al. (2001), em estudo sobre as alterações nos solos em SAF com cupuaçuzeiro e pupunheira com seis anos de idade em Nova Califórnia (RO), observaram que o consórcio obteve resultados mais elevados que a floresta adjacente para CTC,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e pH, demonstrando o potencial destas espécies na ciclagem de nutrientes. Possivelmente, a diferença observada entre os consórcios está associada a quantidade de matéria orgânica no solo, além de que no S2 há mais um componente extraindo nutrientes (caso da bacabeira).

**Figura 19** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da capacidade de troca catiônica (CTC) no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

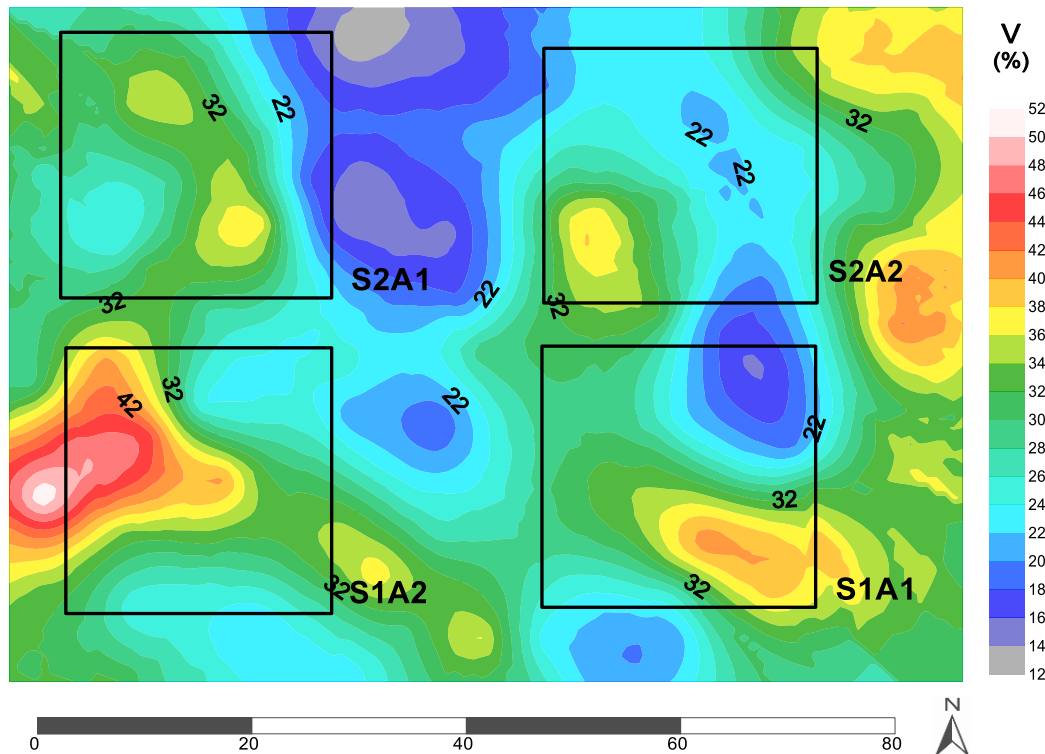


Considerando as cotas altimétricas do terreno, percebe-se uma relação entre a altitude e o comportamento da CTC, do alumínio e do pH. As diferenças de relevo na área determinam a direção do escoamento e acúmulo de água nos consórcios. As variações no teor de  $\text{Al}^{3+}$  no solo (Figura 15) podem ser decorrentes das regiões de acúmulo hídrico, em que o alumínio tem maiores valores, inversamente proporcional aos resultados para pH e CTC (Figuras 10 e 19). Quanto a CTC, área com acúmulo de água irá favorecer a lixiviação das bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e K), sendo as cargas do solo ocupadas pelo alumínio, que apresenta menor lixiviação por sua baixa solubilidade,

resultando em redução da CTC e aumento do teor de  $Al^{3+}$ . Silva et al. (2004), em estudo sobre o teor de alumínio em solo irrigado e sequeiro, observaram maiores valores para as áreas irrigadas, comprovando este referido efeito.

Já para a saturação por bases (V) houve interação significativa entre o tipo de consórcio e a área de copa, com uma maior variabilidade espacial na área (Figura 20). De acordo com a análise estatística, o tratamento com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2), com a maior área de copa das palmáceas (S2A2) foi estatisticamente inferior aos demais (26,30%) (Tabela 11). De acordo com Venegas et al. (1999), os valores obtidos para saturação por bases são considerados baixo, sendo classificado como distrófico ( $V < 50\%$ ). Behera e Shukla (2015) observaram que o aumento da saturação por bases está relacionado, positivamente, ao teor de matéria orgânica no solo. Por atuar como fonte de nutrientes e de carbono, a MO afeta diretamente os atributos químicos do solo, como acidez, CTC, V%, SB.

**Figura 20** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da saturação por bases no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



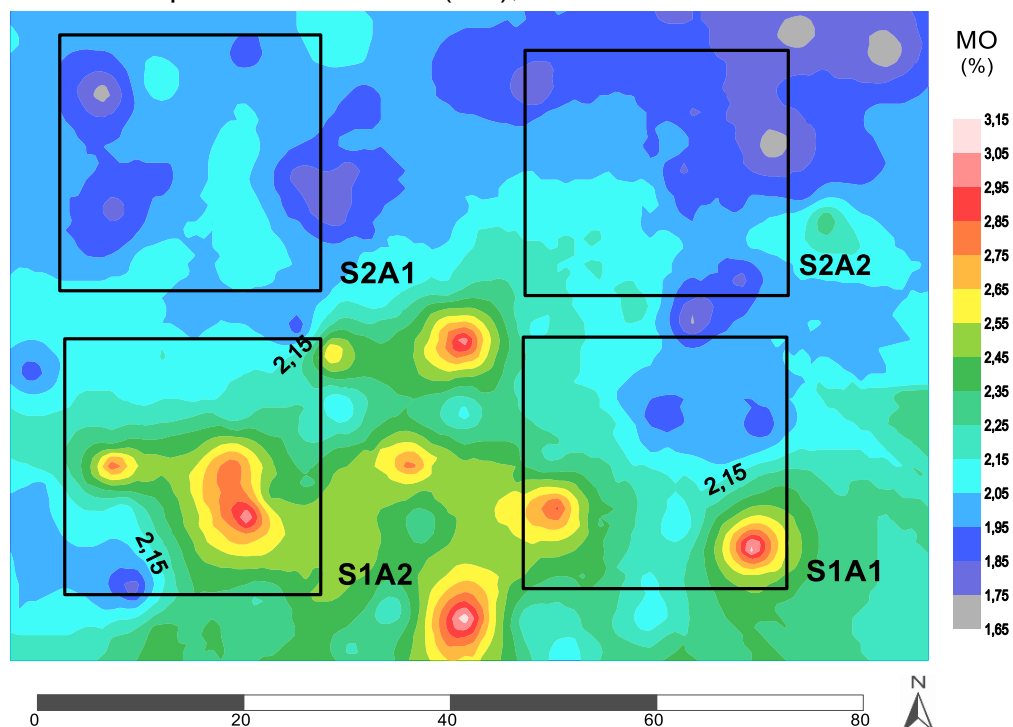
Na Figura 21 é apresentada a variabilidade espacial da matéria orgânica no solo (MO). Os valores para MO variaram entre 1,74 a 2,84%, com os maiores resultados no S1. A análise de variância confirmou esta diferença na quantidade de

MO disponível na área (Tabela 12). O S2 (1,97%) foi inferior estatisticamente ao S1 (2,24%). Por meio dos valores obtidos para MO é possível compreender os resultados obtidos para outras variáveis.

A matéria orgânica contribui para melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, através da redução do pH (EBELING et al., 2008), aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) (MATOS et al., 2012), dos teores de carbono orgânico (LEITE et al., 2010), da atividade da biomassa microbiana (SILVA et al., 2015), da infiltração e retenção de água (SOBRINHO et al., 2003), da disponibilidade de N, P e K (RHEINHEIMER et al., 1998) e da redução da acidez do solo e de elementos tóxicos como o alumínio ( $Al^{+3}$ ) e metais pesados (CHAVES; CALEGARI, 2001), tornando a adição e/ou manutenção da MO uma alternativa sustentável para a melhoria da qualidade do solo e aumento da produtividade das culturas.

Na Tabela 14 observam-se os resultados para a correlação de Pearson entre os atributos do solo. Com exceção da saturação por alumínio (m), as demais variáveis apresentaram correlação significativa com a MO, demonstrando sua influência nos atributos químicos do solo.

**Figura 21** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da matéria orgânica no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



A matéria orgânica e o pH do solo apresentaram correlação significativa e positiva (0,598). A MO é capaz de estabilizar os valores de pH (SANTOS et al., 2015). A elevação do pH através da adição de resíduos orgânicos ocorre por meio da complexação do  $H^+$  e  $Al^{3+}$  livres com compostos orgânicos aniônicos e o aumento de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e K, refletindo no aumento da CTC e redução da acidez (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Portanto, a MO apresenta correlação positiva com estes nutrientes e, consecutivamente, com a CTC, e negativa com  $Al^{3+}$  e  $H+Al^{3+}$ , como observado na Tabela 14.

A correlação negativa entre matéria orgânica e os teores de  $Al^{3+}$  e  $H+Al^{3+}$  podem ser observado por meio de uma comparação entre as Figuras 15 e 16 com o mapa de isolinhas da matéria orgânica (Figura 21). Nota-se que nos locais de maior quantidade de MO ocorre menor teor destes elementos.

De acordo com Chiba et al. (2010) em solo tropical, o conteúdo de matéria orgânica representa a fonte mais importante de cargas elétricas apresentando correlação significativa com a CTC. No presente estudo foi observado resultado semelhante (Tabela 14), com correlação positiva de 0,753. Ferreira et al. (2016), em trabalho sobre a variabilidade espacial da matéria orgânica e da CTC, concluíram que estas variáveis possuem correlação linear positiva, onde o aumento em 3,9% de MO resultou em um acréscimo de  $1,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na capacidade catiônica. Veiga et al. (2014) observaram que a presença de cupuaçuzeiro em SAFs proporcionou CTC maior que em área de floresta nativa, sendo as plantas de cupuaçu responsáveis pela deposição anual de  $1,41 \text{ t ha}^{-1}$  de serapilheira, contribuindo para o maior teor de MO no solo.

Na Tabela 14 observa-se que a correlação entre MO e P foi positiva e altamente significativa (0,842), demonstrando que o maior teor de matéria orgânica contribui para maior disponibilidade de fósforo. Pereira et al. (2010) citam que a adoção de sistemas de manejo que contribuam para a elevação dos teores de MO podem proporcionar melhor aproveitamento do P pelas culturas, pela formação de complexos que bloqueiam os sítios de adsorção na superfície dos óxidos de ferro e de alumínio. De modo geral, a estrutura da MO é composta por proporções inferiores a 2% de P, porém, os teores de nutrientes na fração orgânica são fortemente influenciados pelo tipo de resíduo depositado no solo (DICK et al., 2009). Os teores de nutrientes nas folhas do cupuaçuzeiro apresentam a seguinte

ordem decrescente:  $\text{Ca}^{2+}$ , K,  $\text{Mg}^{2+}$  e P, apresentando cerca  $0,98 \text{ g kg}^{-1}$  de fósforo (FIGUEIREDO et al., 2000b; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004).

Além de contribuir para o aumento da CTC, a matéria orgânica contribui para redução das perdas de potássio por lixiviação, devido maior quantidade de K trocável do que na solução e maior capacidade de armazenamento (WERLE et al., 2008). Na Tabela 14 é possível observar correlação positiva entre a MO e K (0,591) confirmando que o maior aporte de MO colabora para o aumento da disponibilidade de potássio. Além disso, a presença de espécie que deposita resíduos com teores de K elevado, como o cupuaçuzeiro, favorece a ciclagem deste nutriente (VEIGA et al., 2014).

A diferença nos teores de MO entre os SAFs embasa os resultados das demais variáveis, que indicaram atributos químicos edáficos superiores no S1. Devido à capacidade de influenciar os teores de nutrientes e elementos tóxicos no solo, possivelmente, a MO foi uma das responsáveis pelas diferenças observadas na área estudada.

Além de contribuir para a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, a matéria orgânica também desempenha papel ambiental dentro dos agroecossistemas. Os SAFs contribuem com o maior aporte de resíduos orgânicos, facilitando a manutenção da matéria orgânica do solo, tornando o sistema menos dependente de insumos externos e fortalecendo a sustentabilidade da atividade, demonstrando ser uma opção viável tanto para a produção de alimentos quanto para ganhos ambientais.

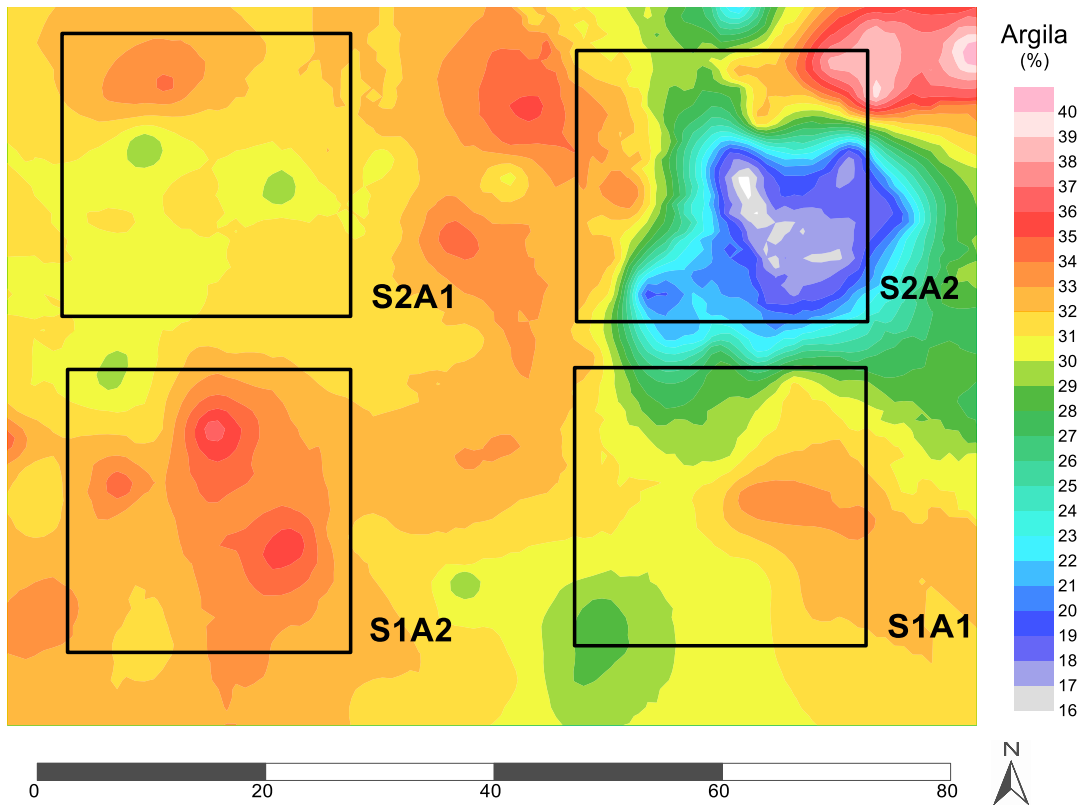
**Tabela 14** - Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e a luminosidade (PAR) em consórcios agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m	PAR
MO	0,598**	0,842**	0,591**	0,732**	0,349**	-0,194**	-0,221**	0,767**	0,215**	0,469**	-0,015 <sup>NS</sup>	0,351**
pH		0,658**	0,649**	0,899**	0,345**	-0,492**	-0,733**	0,560**	0,348**	0,740**	-0,262**	0,142 <sup>NS</sup>
P			0,688**	0,782**	0,246**	-0,135 <sup>NS</sup>	-0,285**	0,765**	0,181 <sup>NS</sup>	0,490**	-0,055 <sup>NS</sup>	0,220 <sup>NS</sup>
K				0,668**	0,280**	-0,270**	-0,288**	0,585**	0,317**	0,536**	-0,254**	0,404**
Ca					0,298**	-0,509**	-0,681**	0,716**	0,268**	0,816**	-0,157 <sup>NS</sup>	0,128 <sup>NS</sup>
Mg						-0,174 <sup>NS</sup>	-0,193**	0,372**	0,810**	0,297**	-0,545**	0,538**
Al							0,726**	-0,047 <sup>NS</sup>	-0,216**	-0,812**	0,224**	-0,103 <sup>NS</sup>
H+Al								-0,137 <sup>NS</sup>	-0,205*	-0,797**	0,244**	-0,007 <sup>NS</sup>
CTC									0,228*	0,472***	-0,017 <sup>NS</sup>	0,153 <sup>NS</sup>
SB										0,248**	-0,728**	0,478**
V											-0,199**	0,126 <sup>NS</sup>
m												-0,301**

\*\* e \* significativos a 1 e 5%, respectivamente, e NS não significativo.

Na Figura 22 é apresentado o mapa de isolinhas da variabilidade espacial dos teores de argila no solo na área experimental, os quais variaram entre 16 a 40%. Observa-se que o consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira (S1) possui os maiores valores para esta variável. Visualmente, também é possível notar contraste entre o tratamento com maior área de copa ( $> 150\text{m}^2$ ) e o com área de copa menor que  $150\text{m}^2$  (A1). Por meio da análise de variância foram confirmadas, estatisticamente, tais diferenças entre os tratamentos (Tabelas 12 e 13), tanto entre os consórcios (S1 e S2) quanto entre as áreas de copa (A1 e A2).

**Figura 22** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial do teor de argila no solo (0 – 20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



O consórcio de cupuaçuzeiro com pupunheira (S1) apresentou teor de argila, com média de 37,75%, superior estatisticamente ao SAF com presença de bacabeira (S2). Esta variável apresentou tendência similar à matéria orgânica, a qual também foi superior no S1. Além das substâncias húmicas presentes na matéria orgânica, a argila também possui superfície de troca, influenciando diretamente no teor de nutrientes no solo e, consecutivamente, na capacidade de troca de cátions (CTC), uma vez que a

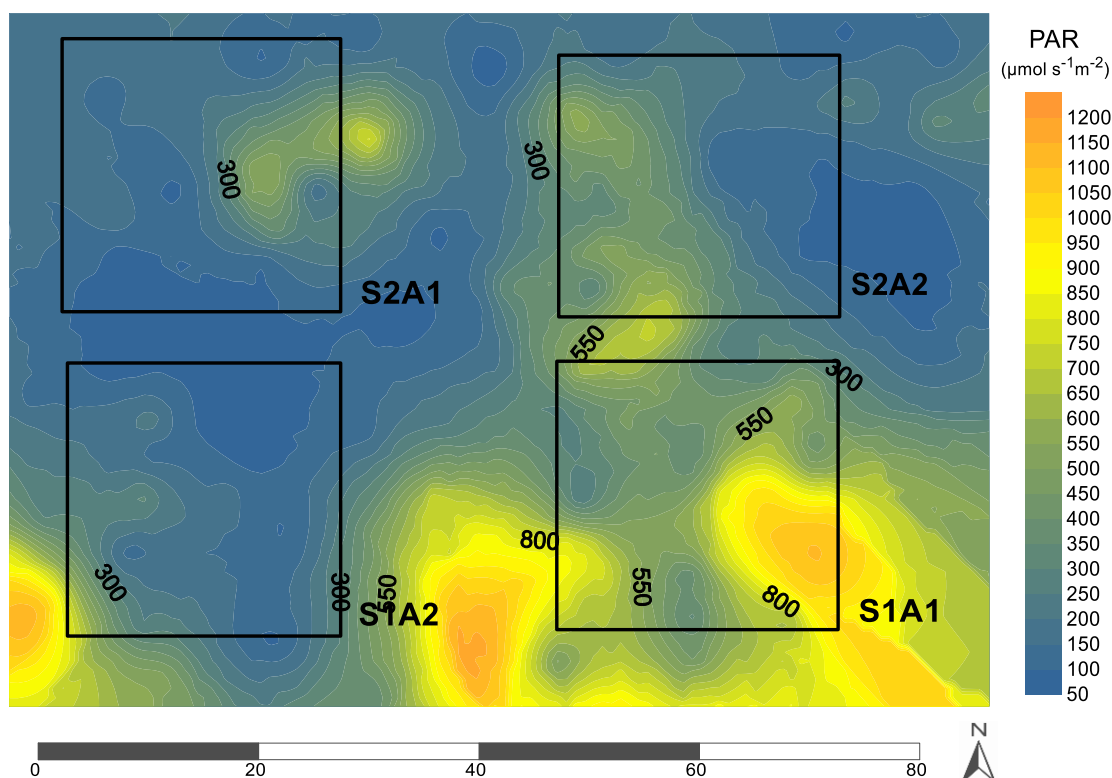


CTC de um solo, de uma argila ou da matéria orgânica representa a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) (RONQUIM, 2010). De acordo com a variabilidade espacial da matéria orgânica e da argila é possível compreender a dinâmica das cargas negativas do solo da área experimental, e consecutivamente, o comportamento dos cátions.

A variabilidade espacial da luminosidade está apresentada na Figura 23, por meio do mapa de isolinhas elaborado com os dados interpolados pelo método de krigagem. Analisando a Figura 23, observa-se a ocorrência de maior incidência solar no S1. O cupuaçuzeiro é uma espécie umbrófila adaptada e exigente em sombreamento, sendo necessário adequar o nível de incidência solar para potencializar seu desenvolvimento e produção. As indicações de luminosidade para mudas de cupuaçuzeiro são de 50% de sombreamento (SILVA et al., 2007; SOUSA et al., 2015). Alves e Ferreira (2012) recomendam para plantas adultas luminosidade máxima em torno de 75%. O valor máximo observado na área estudada foi de  $1062,34 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  no S1A1, correspondente a 88% da incidência solar no local. Comparando os tratamentos, houve interação significativa entre os tratamentos das parcelas e subparcelas. O S1A1 foi o que apresentou maior incidência solar, com  $591,50 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (Tabela 15). No S2A2 foi observada a menor incidência solar ( $190,19 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ), sendo inferior estatisticamente aos demais tratamentos e obviamente influenciado pela maior quantidade de palmeiras e maior área de copa destas na parcela em questão. Observa-se grande amplitude de luminosidade dentro de A1, mesmo estando na mesma faixa de área de copa ( $\leq 150 \text{ m}^2$ ), isso ocorre devido a presença de mais um componente no S2, a bacabeira. Nota-se que, independente da área de copa, o S1 apresenta maior luminosidade, e que o tamanho da área de copa influencia a incidência solar nos SAFs.

O potássio apresentou correlação positiva de 0,404 com a luminosidade. Além do incremento proporcionado pela matéria orgânica, possivelmente, a PAR influencia o conteúdo de K nas folhas cupuaçuzeiro. Dias et al. (2010), em estudo sobre o teor foliar de nutrientes em cupuaçuzeiros em pleno sol e em sistema agroflorestal, observaram maior valor de K nas folhas de plantas cultivadas em monocultivo, associando este resultado a maior disponibilidade de luz. Para outros nutrientes (N, P,  $\text{Ca}^{2+}$ ) não foi observada tal tendência. Dessa forma, o maior conteúdo de potássio nos resíduos vegetais depositados no solo, contribui para teor do nutriente no solo.

**Figura 23** - Mapa de isolinhas da variabilidade espacial da luminosidade (PAR) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



**Tabela 15** - Valores de luminosidade (PAR) em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

SAF	A1	A2	CV (%)
( $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ )			
S1	591,50 Aa	278,12 Ab	60,24
S2	244,47 Ba	190,19 Bb	59,75

\* A1: área de copa abaixo de 150 m<sup>2</sup>; A2: área de copa acima de 150 m<sup>2</sup>.

\* S1: consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2: consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira.

\*\* Para cada variável, médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O maior coeficiente de correlação da luminosidade foi observado com o magnésio (0,538). Observando os resultados da variabilidade espacial (Figura 14) e análise de variância (Tabela 12 e 13) deste nutriente, nota-se que tanto para o tipo de consórcio (S1 e S2) como para a área de copa (A1 e A2), os tratamentos que

apresentaram teor de magnésio superior (S1 e A1) também tem maior incidência de radiação solar (Figura 23 e Tabela 15), provavelmente, devido conteúdo mais elevado deste nutriente nas folhas de cupuaçuzeiro, principal componente da matéria orgânica dos SAFs. O  $Mg^{2+}$  faz parte das moléculas de clorofila, influenciando diretamente a fotossíntese das plantas. Figueirêdo et al. (2002) observaram maior taxa fotossintética em cupuaçuzeiros cultivados a pleno sol. Vale ressaltar, que apesar deste resultado as plantas de cupuaçu cultivadas sem sombreamento apresentam retardo no crescimento e redução na produção (REISDORFF et al., 2000). Dias et al. (2010) observaram maior teor foliar de magnésio para cupuaçuzeiro cultivado a pleno sol do que em sistema agroflorestal.

### 3.4 DESEMPENHO DO CUPUAÇUZEIRO

A altura total das plantas de cupuaçu diferiu apenas quanto ao tipo de SAF, sendo estatisticamente iguais nas subparcelas de diferentes áreas de copa das pupunheiras e bacabeiras. No S1, a média de altura de plantas foi de 3,93 m, inferior ao S2 que apresentou plantas mais altas, média de 4,53 m (Tabela 16). Essa diferença de altura provavelmente está relacionada ao nível de sombreamento. Como observado na Figura 23, o S2 apresenta menor incidência solar, estimulando o estiolamento das plantas (MORAIS et al., 2003). De acordo com Taiz e Zeiger (2009) o excesso de sombra induz os vegetais a direcionarem recursos para o crescimento em altura. Ribeiro (2000) cita que a luminosidade afeta diretamente a altura do cupuaçuzeiro. Plantas cultivadas a pleno sol apresentam altura reduzida quando comparadas as sombreadas, isso devido um encurtamento dos ramos ortotrópicos.

Assim como a altura total, a circunferência do tronco (CT) foi maior no S2 (Tabela 16). Lima et al. (2005), em estudo sobre o efeito da adubação mineral em cupuaçuzeiro, obtiveram sem adubação CT de 24,53 cm, e com  $100 \text{ g planta}^{-1}$  de ureia circunferência de 26,3 cm em plantas de cupuaçu de seis anos de idade. Segundo Amaral et al. (2018), a relação entre altura total e circunferência do tronco permite visualizar a relação entre o crescimento primário e secundário, uma vez que relações mais equitativas refletirão árvores maiores e com boa ocupação horizontal de circunferência de tronco, permitindo uma melhor ocupação do estrato aéreo.

Quanto à área da copa dos cupuaçuzeiros, foi observada interação significativa (Tabela 17). O crescimento da área de copa é proporcional ao crescimento primário e secundário da planta, portanto com aumento do CT e da altura total a área da copa também cresce (TONINI; ARCO-VERDE, 2005). O S1A1 (cupuaçuzeiro e pupunheira com área de copa < 150 m<sup>2</sup>) foi inferior estatisticamente aos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si. Vale ressaltar, que na avaliação de luminosidade dos sistemas, este tratamento apresentou maior incidência solar (591,50  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ), indicando que o crescimento do cupuaçuzeiro é afetado pelo nível de sombreamento, uma vez que os maiores valores para altura total e a circunferência do tronco foram observados nos SAFs com menor luminosidade (Tabela 15). De acordo com Amaral et al. (2018) a relação entre área de copa e altura permite avaliar o grau de efetividade do sistema no que se refere a crescimento e ocupação da paisagem.

**Tabela 16** - Altura total (AT) e circunferência do tronco (CAP) do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

SAF	AT	CAP
S1	3,93 B	35,35 B
S2	4,53 A	42,86 A
CV1	29,99	35,03
CV2	29,47	29,97

\* S1: consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2: consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira.

\*\* Para cada variável, médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As variáveis de produtividade do cupuaçuzeiro apresentaram interação significativa entre os tratamentos (Tabela 17). O número de frutos foi superior estatisticamente no S1A2 e no S2A1, com 33,64 e 36,68 frutos planta<sup>-1</sup>, respectivamente. O mesmo foi observado para massa média de frutos, que apresentou 40,20 kg planta<sup>-1</sup> para S1A2 e 38,80 kg planta<sup>-1</sup> para S2A1. Nota-se que a intensidade luminosa teve grande influência para estas variáveis, pois apesar do S2 (cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira) apresentar atributos químicos do solo inferior ao S1, as produtividades foram bem próximas. Mesmo

os tratamentos sendo antagônicos, um com área de copa menor que 150 m<sup>2</sup> (A1) e outro maior que 150 m<sup>2</sup> (A2), observa-se que tanto no S1A2 quanto no S2A1 a PAR foi semelhante (Tabela 15), com 278,1  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  para S1A2 e 244,5  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  para S2A1. Ao comparar os dados de produtividade e luminosidade dos outros dois tratamentos, S1A1 e S2A2, tem-se menores valores de número e massa de frutos e extremos de luminosidade, com um valor mais elevado de 591,50  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (S1A1) e outro inferior, 190,19  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (S2A2). Avaliando as diferenças entre os tratamentos, pode-se afirmar que em área de copa menor que 150 m<sup>2</sup> (A1) os consórcios (S1 e S2) foram diferentes estatisticamente devido, principalmente, a incidência solar dos sistemas. Já no A2 (área de copa > 150 m<sup>2</sup>) além de luminosidades distintas os atributos químicos do solo, possivelmente, também contribuíram para o melhor desempenho do consórcio de cupuaçuzeiro com pupunheira (S1). Diante destes resultados, nota-se que os extremos de luminosidade (elevada no S1A1 e baixa no S2A2) são inadequados para o cupuaçuzeiro, sendo recomendados valores medianos.

Na Figura 24, observa-se a distribuição espacial da massa de frutos por planta na área experimental combinado com o mapa de isolinhas de luminosidade. Observa-se visualmente o resultado da análise de variância, que indicou maiores produtividade nos tratamentos S1A2 e S2A1.

A produtividade obtida foi satisfatória, principalmente considerando que não é realizada adubação destas plantas nos sistemas. Estes resultados são superiores aos citados por Venturieri et al. (1993), que sugeriram que o manejo e fertilização adequados podem aumentar a produtividade para 20 a 30 frutos planta<sup>-1</sup> e 20,10 a 29,93 kg planta<sup>-1</sup> em cupuaçuzeiros de sete anos. Em plantas de cinco anos de idade, Figueiredo et al. (2000b) obtiveram 14,28 frutos planta<sup>-1</sup> e 14,37 kg planta<sup>-1</sup>. Bastos et al. (2016b), avaliando a produção de frutos de cupuaçu em SAF de oito anos de idade em Tomé Açu (PA), obtiveram produção média de frutos de 8,35 kg planta<sup>-1</sup>. Com aplicação de NPK (60 kg ha<sup>-1</sup>; 100 kg ha<sup>-1</sup>; 160 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) em cupuaçuzeiro com dez anos de idade, Alfaia e Ayres (2004) obtiveram 21,5 frutos planta<sup>-1</sup> com massa de 21,14 kg planta<sup>-1</sup>. Já Costa (2006), em cupuaçuzeiros com média de 15 anos de idade, obteve 27,33 kg planta<sup>-1</sup>. Observa-se que existe correlação entre idade e produtividade. Araújo et al. (2007) cita que as plantas de cupuaçu iniciam a produção aos três anos

após a plantio e alcança a estabilidade aos nove anos, com o declínio iniciando por volta dos 18 anos. A fim de evidenciar a grandeza da diferença entre os tratamentos, na Tabela 18 estão apresentados os resultados acumulados de número e massa de frutos durante o período da safra (fevereiro a junho).

**Tabela 17** - Área de copa ( $m^2$ ), número médio de frutos (NMF) e massa média de frutos (MMF) do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

	A1*	A2	CV
Copa média dos cupuaçuzeiros ( $m^2$ )			
S1**	15,47 Bb	21,39 Aa	44,55
S2	23,02 Aa	21,09 Aa	36,12
Nº de frutos médio por planta			
S1	23,96 Bb	33,64 Aa	60,13
S2	36,68 Aa	21,64 Bb	57,85
Massa média de frutos ( $kg\ planta^{-1}$ )			
S1	24,67 Bb	40,20 Aa	65,71
S2	38,80 Aa	22,93 Bb	55,30

\*A1: área de copa das palmáceas menor que  $150\ m^2$ ; A2: área de copa das palmáceas maior que  $150\ m^2$ .

\*\* S1: consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2: consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira.

\*\*\* Para cada variável, médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

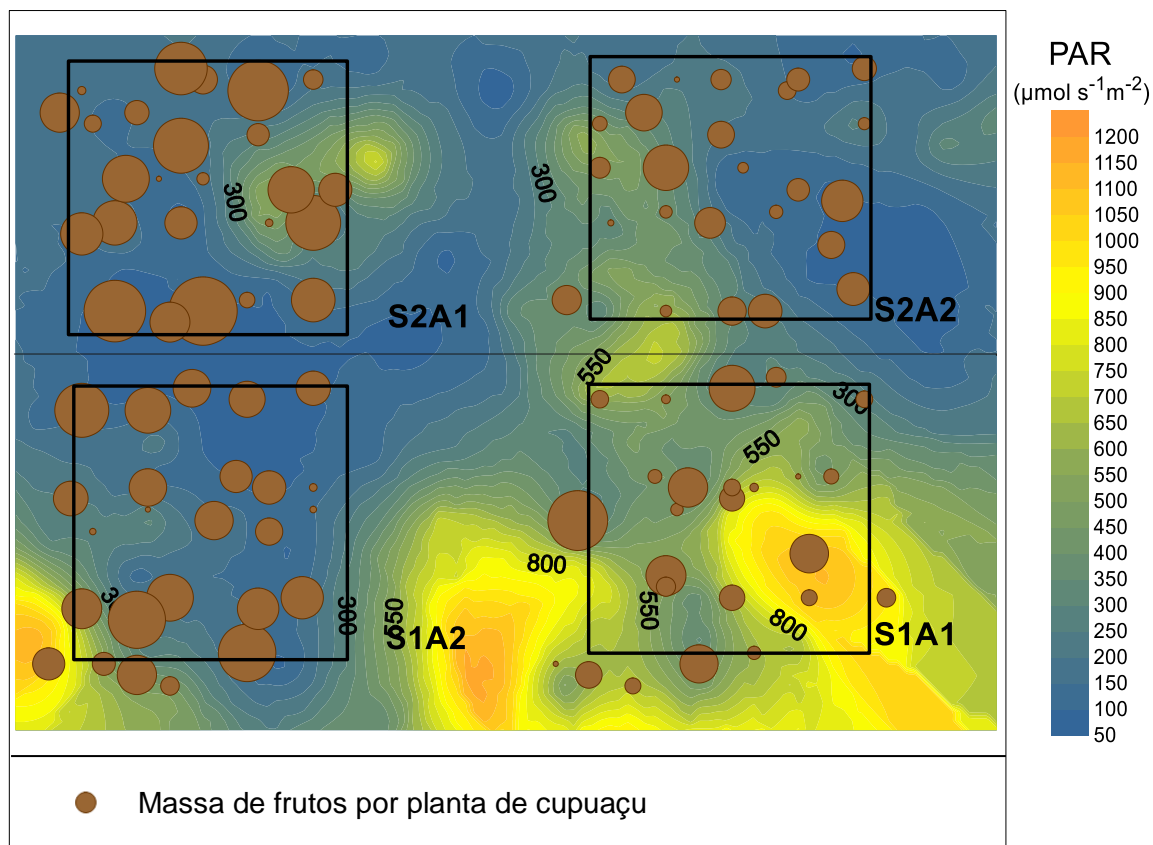
**Tabela 18** - Produção acumulada do cupuaçuzeiro durante o período da safra (fevereiro a junho) em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

	A1*	A2
Nº total de frutos		
S1**	599	841
S2	917	541
Massa total (kg)		
S1	616,75	1005,02
S2	970,10	573,35

\*A1: área de copa das palmáceas menor que  $150\ m^2$ ; A2: área de copa das palmáceas maior que  $150\ m^2$ .

\*\* S1: consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira; S2: consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira.

**Figura 24** - Estrutura espacial da massa de frutos por planta de cupuaçu em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



A massa individual do fruto apresentou diferença significativa entre os tratamentos da subparcela (área de copa < ou >  $150 \text{ m}^2$ ). Na Tabela 19 observa-se que a maior área de copa (>  $150 \text{ m}^2$  – A2) proporcionou maior massa individual dos frutos de cupuaçu (1,12 kg). Neste tratamento houve menor incidência solar (Tabela 15), demonstrando que o sombreamento influencia a massa individual dos frutos Figueiredo et al. (2000b) observaram massa de fruto de 1,01 kg em cupuaçuzeiro consorciados com seringueira (*Hevea brasiliensis*) e pupunheira. Alfaia e Ayres (2004) obtiveram massa individual de fruto de 0,940 kg em monocultivo adubado com NPK. Reisdorff et al. (2000) cita que a maior incidência solar reduz número e massa dos frutos, confirmando os resultados obtidos no presente trabalho.

Falcão e Lleras (1983), em trabalho pioneiro sobre aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupuaçu, observaram MIF de 1,03 kg, mas com

grande amplitude entre as plantas com variação de 0,84 a 1,80 kg. No presente trabalho também foi observada tal tendência de variação, com massa mínima de 0,73 kg e máximo de 2,21 kg. Carvalho e Müller (2005), em trabalho sobre a caracterização de frutíferas nativas da Amazônia, citam que o cupuaçu é a espécie do gênero *Theobroma* com maior tamanho de frutos, com massa média de 1,3 kg. Costa et al. (1997), em estudo realizado em Rio Branco, Cruzeiro do Sul e Mâncio Lima (AC), obtiveram massa do fruto de 1,4 kg. Já Bastos et al. (2016a), em estudo sobre a caracterização morfológica de frutos de cupuaçu em Tomé Açu (PA), obtiveram valor média mais elevados de 1,6 kg.

**Tabela 19** - Massa individual de frutos (MIF) do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017

Tratamento	MIF (kg)	CV (%)
A1*	1,01 b	34,62
A2	1,12 a	21,09

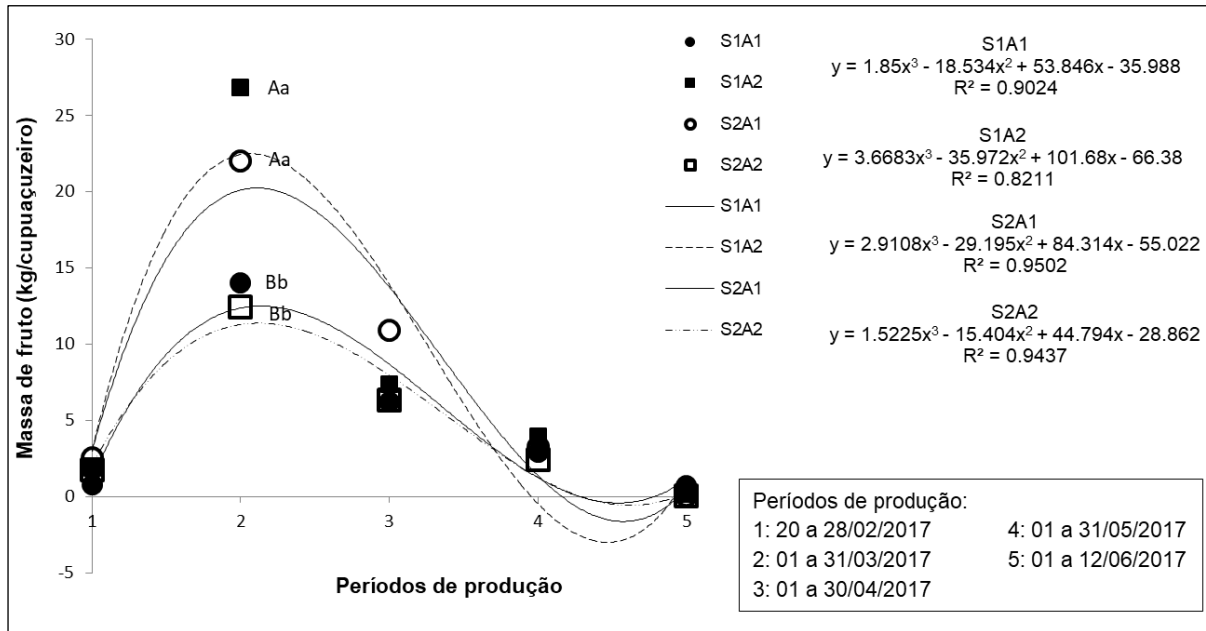
\*A1: área de copa das palmáceas menor que 150 m<sup>2</sup>; A2: área de copa das palmáceas maior que 150 m<sup>2</sup>.

\*\* Para cada variável, médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 25 está apresentado o comportamento da produção ao longo de todo o período da safra. De acordo com a análise de variância, houve diferença estatística apenas no segundo período de avaliação, com superioridade dos tratamentos S1A2 e S2A1, assim como para número e massa de frutos (Tabela 17). As equações de regressão foram ajustadas ao modelo cúbico, com uma segunda elevação da produção no quinto período de produção. Este comportamento é típico do cupuaçuzeiro, que apresenta frutos temporões no final da safra (MÜLLER et al., 1995; VENTURIERI et al., 1993). Gondim et al. (2001) citam que o pico da produção do cupuaçuzeiro ocorre entre fevereiro e março, com a presença de frutos temporões entre junho e julho, de acordo com o observado no presente estudo.



**Figura 25** – Comportamento produtivo do cupuaçuzeiro ao longo da safra em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas em propriedades no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2017



De modo geral, nota-se que a incidência luminosa foi fator determinante para o crescimento e produtividade do cupuaçuzeiro nos SAFs, tanto em solos com atributos químicos mais elevados (S1), quanto em solos com menores teores de nutrientes (S2). O melhor desempenho produtivo foi observado nos tratamentos S1A2 e S2A1 ( $p > 0,05$ ), os quais apresentaram  $278,12$  e  $244,47 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  de luminosidade.

## 4 CONCLUSÕES

Em consórcios agroflorestais com pupunheira e cupuaçuzeiro os teores de nutrientes, matéria orgânica e outros atributos do solo são superiores ao sistema que incluir a bacabeira como componente adicional.

A área de cobertura das copas de pupunheira e bacabeira consorciadas com o cupuaçuzeiro influencia a luminosidade do sistema, o crescimento e rendimento das plantas de cupuaçu, com maior desempenho produtivo em níveis de luminosidade moderados ou intermediários.

## REFERÊNCIAS

- 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**, v. 26, p. 320-325, 2004.
- 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).
- AQUINO, R. L.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 397-406, 2014.
- ARAÚJO, A. C.; RAMOS, J. V.; FRAIFE FILHO, G. A.; ARAÚJO, L. V.; MIDLEJ, R. R. A cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) como alternativa de diversificação da região produtora de cacau da Bahia: um estudo de viabilidade financeira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina. **Conhecimento para a Agricultura do Futuro: anais**. Brasília: SOBER, 2007.
- ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira**. 2008. 209 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ASSUMPÇÃO, H. C. P.; HADLICH, G. M. Estatística descritiva e estacionaridade em variáveis geoquímicas ambientais. **Revista Engenharia Sanitária**, v. 22, n. 4, jul/ago, p. 671-677, 2017.
- AYRES, M. I.; ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.7, p. 957-963, jul, 2007.
- BARROS, A. V. L.; 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: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 9, p. 7-38, 2009.
- BASTOS, A. J. R.; TEIXEIRA, A. L.; FERNANDES, J. R. Q.; ALVES, R. M. Caracterização física de frutos de acessos de cupuaçuzeiro procedentes de plantios comerciais do município de Tomé Açu, Pará (clones elites II). In: SIMPÓSIO DE ESTUDO E PESQUISA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 5., Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: UEPA, 2016a.
- BASTOS, A. J. R.; TEIXEIRA, A. L.; RODRIGUES, J. D. B.; FERNANDES, J. R. Q.; ALVES, R. M. Avaliações da produção de frutos e da ocorrência de “vassoura de bruxa” em híbridos de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) em três ambientes de cultivo no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., São Luís. **Anais...** São Luís: SBF, 2016b.
- BEHERA, S. K.; SHUKLA, A. K. Spatial distribution of surface soil acidity, electrical conductivity, soil organic carbon content and exchangeable potassium, calcium and

magnesium in some cropped acid soils of India. **Land Degradation & Development**, v. 26, n. 71–79, 2015.

BÖRNER, J. Serviços ambientais e adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia: elementos metodológicos para análises econômicas integradas. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestral na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 411-434.

BUTZKE, A. G. **Dinâmica de atributos químicos em diferentes tipos de solo sob sistemas agroflorestais**. 2015. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção vegetal). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2015.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CARNEIRO, J. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FIDELIS, R. R.; SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, p. 1-11, 2016.

CARVALHO, J. C. B.; ESPIDONLA, 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, set. 2017.

CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. **Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. (Comunicado técnico, 139).

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, set./out. 2001.

CHIBA, M. K.; VIEIRA, S. R.; GONZÁLEZ, A. P.; DECHEN, S. C. F.; MARIA, I. C. Alterations and spatial variability of soil fertility in successive years under no tillage system. **Bragantia**, v. 69, p. 29-38, 2010.

CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestral com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil**. 2005. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

COSTA, E. L. **Exportação de nutrientes em fruto de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.)**. 2006. 41f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

COSTA, J. G.; LEDO, A. S.; OLIVEIRA, M. N. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuaçuzeiro no estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, n. 3, p. 313-318, dez., 1997.

COUTO, W. H. **Indicadores edáficos e potencial agrícola em áreas do Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) na Amazônia Ocidental**. 2010. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.

Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.

DIAS, J. R. M.; PEREZ, D. V.; SILVA, L. M.; LEMOS, C. O.; WADT, P. G. S. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 64-71, jan. 2010.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. 1 ed., Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 429-439, 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FALCÃO, M. A.; LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupuaçu - *Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum. **Acta Amazonica**, v. 13, n. 5-6, p. 725-735, 1983.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, dez, 2008.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em função de relações do K com o Ca e com o Na, em solução nutritiva. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 84-89, 2001.

FERREIRO, J. P.; ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; ABREU, C. A.; VIEIRA, S. R.; VÁZQUEZ, E. V. Spatial variability of soil organic matter and cation exchange capacity in an oxisol under different land uses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 1, p. 1-34, 2016.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum) em um Sistema Agroflorestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., Manaus, 2000. **Resumos**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, p.48-50, 2000a.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Efeito de níveis de adubação na fertilidade do solo e na produção do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em um sistema agroflorestal na Amazônia Central. **Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1-2, p. 61-70, jan./dez. 2000b.

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; FERREIRA, C. S.; ROCHA NETO, O. G.; SILVA, E. S. A. Taxa fotossintética de cupuaçuzeiros cultivados ao sol e à sombra. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 12., 2002, Belém. **Anais...**, Belém, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002.

FREITAS, J. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, F. A. Avaliação de atributos químicos do solo em ambientes de terra firme e várzea no município de Santana, Amapá. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 27-33, 2015.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+ - Geostatistics for the Environmental Sciences**. Michigan, 1 CD-ROM, versão 7.0. 2000.

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

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

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; XAVIER, M. A. Spatial variability of some biometric attributes of sugarcane plants (variety IACSP93-3046) and its relation to physical and chemical soil attributes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, Suplemento, p. 107-119, 2010.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, Princeton, vol. 11, n. 1, p. 1-21, 1969.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

LIMA, M. M. **Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiências de macronutrientes em plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*)**. 2002. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2002.

LIMA, S. S.; VIEGAS, I. J. M.; FRAZÃO, D. A. C.; NAIFF, A. P. M. Avaliação do efeito da adubação mineral em plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) na fase de produção. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 8., 2005, Belém, PA. **Ciência e tecnologia com inclusão social: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, R. C. **Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 22 p. 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 638p.

MCGRATH, D. A.; DURYEA, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 83, n. 3, p. 271-284, fev., 2001.

MCGRATH, D. A., DURYEA, M. L., COMERFORD, N. B., CROPPER, W. P. Nitrogen and phosphorus cycling in an Amazonian agroforest eight years following forest conversion. *Ecological Applications*, v. 10, n. 6, p. 1633–1647, 2000.

MEDRI, W. **Análise exploratória de dados**. 2011. 82 f. Curso de Estatística, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011. Disponível em: <[http://www.uel.br/pos/estatisticaeducacao/textos\\_didaticos/especializacao\\_estadistica.pdf](http://www.uel.br/pos/estatisticaeducacao/textos_didaticos/especializacao_estadistica.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 18.

- MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.
- NUNES, F. P.; PINTO, M. T. C. Decomposição do folheto em reflorestamento ciliar na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 423-431, jul./set. 2012.
- OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1063-1068, 2004.
- OLIVEIRA, A. S. **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Alta Floresta – MT**. 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.
- PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, maio, 2010.
- PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals of Botany**, v. 114, p. 1571–1596, 2014.
- QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SALES, F. A. L.; LIMA, L. R.; DUARTE, L. M. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 586-595, out-dez, 2017.
- RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 3–50, 1998.
- REISDORFF, C. GASPAROTTO, L. LIEBEREI, R. Development and production of cupuaçu plants (*Theobroma grandiflorum*) on degraded areas: implications of water relations. In: **German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – Achievements and Prospects of Cooperative Research**, Hamburg, 2000.
- RIBEIRO, G. D. **A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia**. 2. ed., Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2000. 43p. (Documentos, 48).
- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, p. 713-721, 1998.
- RODRIGUES, K. M.; HURTADO, S. M. C.; DECHEN, S. C.; VIEIRA, S. R. Spatial variability in soil fertility and particle size and their effects on sugarcane yield. **Sugar Tech**, v. 18, p. 39-48, 2015.
- RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 8).

ROVEDA, M.; PELISSARI, A. L.; GENÚ, A. M.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ROIK, M. Modelagem geoestatística da estrutura espacial arbórea e dos atributos do solo em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p.67-76, jan./mar. 2018.

SANTOS, A. M. G. **Aproveitamento de resíduos das culturas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*) como adubo orgânico em sistemas agroflorestais na Amazônia**. 2003. 49f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2003.

SANTOS, J. J. N.; ARAÚJO NETO, C. L. A.; CARIBÉ, R. M.; MONTEIRO, V. E. D.; MELO, M. C. Interrelações entre matéria orgânica, pH, teor de água em solo de cobertura de aterro experimental. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Confea, 2015.

SILVA, C. A.; SOUZA, M. A. S.; TEIXEIRA, I.; LIMA, L. M.; BORGES, E. N. Saturação de alumínio em diferentes regiões do cafeeiro na cafeicultura tecnificada do cerrado. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 4., 2004, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Univap, 2004.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, T. K.; KUSDRA, J. F.; KÖLN, F. T.; LIMA, A. A.; COSTA, K. B. A. Decomposition of ground biomass of secondary forest and yield of annual crops in no tillage system. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.6, p. 568-576, nov-dez, 2015.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, T. K.; 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., 2016. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2016.

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

SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SOUZA, Z. M.; AQUINO, R. E.; SILVA, D. P.; SILVA, J. F. Variabilidade espacial dos atributos do solo sob agroflorestal na região de Humaitá, AM. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 1, p. 33-41, 2018.

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.

SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. de. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.

SOUZA, L. A. S.; SILVA, M. F. F.; JARDIM, M. A. G.; SOUSA, A. C. Mortalidade de paricá, açaí e cupuaçu em sistemas agroflorestais implantado sem área de floresta secundária. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na



- Floresta Ombrófila Densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.89-98, 2013.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 40, p. 48-56, 2010.
- SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, v. 44, p. 261-268, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, jul., 2005.
- TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 5, n. 2, p. 99-114, jun. 1949.
- TSUKAMOTO FILHO, A. A.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORAIS, A. R. Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius) plantado em diferentes tipos de consórcios no município de Lavras, Minas Gerais. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 041-053, 2001.
- VALENTE, D. S. M.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A.; SANTOS, F. L.; SANTOS, N. T. Spatial variability of apparent electrical conductivity and soil properties in a coffee production field. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 6, p. 1224-1233, nov./dez. 2014.
- VEIGA, J. B.; SILVA, A. C. S.; RIBEIRO, I. J. S.; OLIVEIRA, A. S.; ROBOREDO, D.; CAIONE, C. Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional Sobre a Qualidade Química do Solo na Amazônia Mato-grossense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, nov., 2014.
- VENEGAS, V. H. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 1. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, v. 1, p. 25-32, 1999.
- VENTURIERI, G. A.; RONCHI-TELES, B.; FERRAZ, I. D. K.; LOURDE, M.; HAMADA, N. **Cupuçu**: a espécie, sua cultura, usos e processamentos. Belém: Clube do Cupu, 1993.108 p.
- VIEIRA, C. R. **Crescimento inicial de espécies florestais na omissão de macronutrientes**. 2011. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R., ed. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.1-54, 2000.
- 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.
- VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for

geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.

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.

WARRICK A. W., NIELSEN D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel D, (Ed.) **Applications of soil physics**. New York, Academic Press p. 319-344, 1980.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297-2305, 2008.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 487-495, 2007.

ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO-ZANÃO, M.P.; GUIMARÃES, E.D. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, v.57, n.3, p.429-438, 2010.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos e experiências comprovam que os sistemas agroflorestais são uma opção viável de sistema de produção que conciliam a produção de alimentos com a redução de impactos ambientais. Porém, para o melhor desempenho produtivo e maior adoção desse tipo de uso da terra pelos produtores, são necessárias informações sobre os componentes e as diversas interações que ocorrem entre eles em diferentes tipos de consórcios. Neste aspecto, os resultados deste trabalho apresentam sua contribuição e podem subsidiar pesquisas futuras relacionadas a estas temáticas.

Os consórcios agroflorestais do Projeto Reça são direcionados para a obtenção de produtos para a comercialização. Nota-se que devido esta tendência, os SAFs não apresentam espécies de serviço, tendo predominância de espécies comerciais.

A utilização da geoestatística como ferramenta de avaliação da variabilidade espacial em SAFs possibilita ampliar as informações de acordo com o arranjo das espécies consorciadas, o que contribui para planejamento e implementação de técnicas de manejo específicas. No presente trabalho, os parâmetros dos semivariogramas juntamente com os mapas de isolinhas demonstraram que o modelo de amostragem foi apropriado para a análise da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, teor de argila e luminosidade nos sistemas agroflorestais estudados.

Diante da diversidade de espécies utilizada em SAFs na Amazônia é necessário avaliar outros sistemas, considerando outras combinações e arranjos de plantas a fim de gerar informações sobre as interações entre os componentes bióticos e abióticos e contribuir com o avanço do conhecimento científico e com recomendações técnicas no âmbito da agrossilvicultura.

## REFERÊNCIAS GERAIS

- ALBUQUERQUE, M. F. C. The sustainable use of biodiversity and its implications in agriculture: the agroforestry case in the brazilian legal framework. In: MAUERHOFER, V. (Ed.). **Legal aspects of sustainable development: horizontal and sectorial policy issues**. Springer, p. 585-606, 2016.
- 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**, v. 26, p. 320-325, 2004.
- ALMEIDA, J. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 437-445, 2005.
- ALMEIDA, L. S.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. A.; CARVALHO, J. O. P.; GONÇALVES, D. C. M.; ARAÚJO, G. C. Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 2, p. 185 – 194, 2012.
- ALTIERI, M. A.; FUNES-MONZOTE, F. R.; PETERSEN, P. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 1, p. 1–13, 2012.
- ALVES, R. M. **Caracterização genética de populações de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum., por marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos**. 2002. 159 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- ALVES, R. M. **Implantação de um pomar de cupuaçuzeiro com a cultivar BRS Carimbó**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 42 p.
- ALVES, R. M.; FERNANDES, J. R. Q. A cultivar de cupuaçuzeiro BRS Carimbó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBF, 2012.
- 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).
- AMARAL, E. F.; OLIVEIRA, T. K.; BARDALES, N. G.; ARAÚJO, E. A.; OLIVEIRA, C. H. A.; SILVA, D. V.; MORENO, N. M. C. **Caracterização de sistemas agroflorestais com o uso de ferramentas de geoestatística**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2018. 33p.
- ANDRADE NETO, R. C.; NEGREIROS, J. R. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; CAVALCANTE, M. J. B.; ALÉCIO, M. R.; SANTOS, R. S. **Diagnóstico da potencialidade da fruticultura no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011. 38 p. (Documentos, 125).
- 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. **O agronegócio do Mercosul e sua inserção na economia mundial: anais**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1999.

ÂNGELO, D. D. **Do sonho à luta de sobrevivência na Amazônia: “a caminhada” das famílias camponesas do Projeto RECA**. 2014. 119 p. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Departamento de Sociologia, Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2014.

AQUINO, R. L.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geostatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 397-406, 2014.

ARAÚJO, A. C.; RAMOS, J. V.; FRAIFE FILHO, G. A.; ARAÚJO, L. V.; MIDLEJ, R. R. A cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) como alternativa de diversificação da região produtora de cacau da Bahia: um estudo de viabilidade financeira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina. **Conhecimento para a Agricultura do Futuro: anais**. Brasília: SOBER, 2007.

ARAÚJO, H. J. B. **Acervo Arbóreo Madeireiro das Áreas sob Manejo Florestal Comunitário do Projeto de Colonização Pedro Peixoto**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2015. 49 p. (Documentos, 139).

ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira**. 2008. 209 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial. **RESR**, Piracicaba - SP, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.

ASSUMPÇÃO, H. C. P.; HADLICH, G. M. Estatística descritiva e estacionaridade em variáveis geoquímicas ambientais. **Revista Engenharia Sanitária**, v. 22, n. 4, jul/ago, p. 671-677, 2017.

AYRES, M. I.; ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.7, p. 957-963, jul, 2007.

BARROS, A. V. L.; 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: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 9, jul./dez. 2009.

BASTOS, A. J. R.; TEIXEIRA, A. L.; FERNANDES, J. R. Q.; ALVES, R. M. Caracterização física de frutos de acessos de cupuaçuzeiro procedentes de plantios comerciais do município de Tomé Açu, Pará (clones elites II). In: SIMPÓSIO DE ESTUDO E PESQUISA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 5., Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: UEPA, 2016a.

BASTOS, A. J. R.; TEIXEIRA, A. L.; RODRIGUES, J. D. B.; FERNANDES, J. R. Q.; ALVES. Avaliações da produção de frutos e da ocorrência de “vassoura de bruxa” em híbridos de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) em três ambientes

de cultivo no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., São Luís. **Anais...** São Luís: SBF, 2016b.

BEHERA, S. K.; SHUKLA, A. K. Spatial distribution of surface soil acidity, electrical conductivity, soil organic carbon content and exchangeable potassium, calcium and magnesium in some cropped acid soils of India. **Land Degradation & Development**, v. 26, n. 71–79, 2015.

BENTES-GAMA, M. M.; RIBEIRO, G. D.; FERNANDES, C. F.; MEDEIROS, I. M. **Açaí (*Euterpe spp.*): características, formação de mudas e plantio para a produção de frutos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2005. 6 p. (Circular técnica, 80).

BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé-Açu, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1139-1147, 2011.

BÖRNER, J. Serviços ambientais e adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia: elementos metodológicos para análises econômicas integradas. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 411-434.

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 Pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, edição especial, n. 60, p. 67-76, dez. 2009.

BRILHANTE, M. O.; RODRIGUES, F. Q.; BRILHANTE, N. A.; PENEREIRO, F. M.; LUDEWIGS, T.; FLORES, A. L.; SOUZA, J. F. Avaliação da sustentabilidade de sistemas agroflorestais no Vale do Juruá, Estado do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** EMBRAPA Florestas, Curitiba, Paraná, 2004.

BUTZKE, A. G. **Dinâmica de atributos químicos em diferentes tipos de solo sob sistemas agroflorestais**. 2015. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção vegetal). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2015.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CARDOSO, I. M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F.; FERREIRA NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 69, p. 235–257, 2001.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; LACERDA, T. M.; NANNETTI, A. N. Chemical and physical attributes of a latosol and coffee crop nutrition in agroforestry and conventional management systems. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 122-131, 2014.

CARNEIRO, J. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FIDELIS, R. R.; SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, p. 1-11, 2016.

CARVALHO, J. C. B.; ESPIDONLA, 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, set. 2017.

CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. **Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. (Comunicado técnico, 139).

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1235-1242, set. 2012.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.

CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 279-288, 2009.

CASTRO, A. S.; ANDRADE, D. C. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2016.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, set./out. 2001.

CHIBA, M. K.; VIEIRA, S. R.; GONZÁLEZ, A. P.; DECHEN, S. C. F.; MARIA, I. C. Alterations and spatial variability of soil fertility in successive years under no tillage system. **Bragantia**, v. 69, p. 29-38, 2010.

COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, p. 31-36, 2007.

CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil**. 2005. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil**. 2005. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

COSENZA, D. N.; OLIVEIRA NETO, S. N.; JACOVINE, L. A. G.; RODRIGUES, C. R.; RODE, R.; SOARES, V. P.; LEITE, H. G. Avaliação econômica de projetos de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 527-536, 2016.

COSTA, E. L. **Exportação de nutrientes em fruto de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.)**. 2006. 41f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

COSTA, F. L. M.; RALISCH, R. A juventude rural do assentamento Florestan Fernandes no município de Florestópolis (PR). **RESR**, Piracicaba-SP, v. 51, n. 3, p. 415-432, jul/set 2013.

COSTA, J. G.; LEDO, A. S.; OLIVEIRA, M. N. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuaçuzeiro no estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, n. 3, p. 313-318, dez., 1997.

COSTA, J. R.; CASTRO, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 843 – 850, 2009.

COUTO, M. C. M.; KATO, O. R.; SANTANA, A. C. A evolução agrícola na comunidade Santa Luzia, município de Tomé-açu-PA: do monocultivo à diversificação da produção em sistemas agroflorestais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

COUTO, W. H. **Indicadores edáficos e potencial agrícola em áreas do Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) na Amazônia Ocidental**. 2010. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas esubstâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.1, n.1, p.27-36, 2001.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.

DIAS, J. R. M.; PEREZ, D. V.; SILVA, L. M.; LEMOS, C. O.; WADT, P. G. S. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 64-71, jan. 2010.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. 1 ed., Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

DUBOIS, J. C. L. **A origem e a importância sócio-econômica dos castanhais silvestres da Amazônia**. 2004. Disponível em: <<http://www.rebraf.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infol=22&sid=2>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

DUBOIS, J. C. Sistemas agroflorestais na Amazônia: avaliação dos principais avanços e dificuldades em uma trajetória de duas décadas. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 171-218.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 429-439, 2008.



EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FALCÃO, M. A.; LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupuaçu - *Theobroma grandiflorum* (Wild. ex. Spreng.) Schum. **Acta Amazonica**, v. 13, n. 5-6, p. 725-735, 1983.

FALESI, L. A.; AMARAL I. G; RODRIGUES V. L. Análise de Referências em Sistemas Agroflorestais no período de 1985-2009: Sistemas silviagrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2011. **Anais...** Belém, Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2011.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, dez, 2008.

FARIAS NETO, J. T.; CLEMENT, C. R.; RESENDE, M. D. V. Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção para produção de frutos em progênes de polinização aberta de pupunheira no Estado do Pará, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p.122-126, 2013.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in brazilian Amazonia: history, rates and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em função de relações do K com o Ca e com o Na, em solução nutritiva. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 84-89, 2001.

FERREIRO, J. P.; ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; ABREU, C. A.; VIEIRA, S. R.; VÁZQUEZ, E. V. Spatial variability of soil organic matter and cation exchange capacity in an oxisol under different land uses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 1, p. 1-34, 2016.

FERREIRO, J. P.; ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; ABREU, C. A.; VIEIRA, S. R.; VÁZQUEZ, E. V. Spatial variability of soil organic matter and cation exchange capacity in an oxisol under different land uses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 1, p. 1-34, 2016.

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; FERREIRA, C. S.; ROCHA NETO, O. G.; SILVA, E. S. A. Taxa fotossintética de cupuaçuzeiros cultivados ao sol e à sombra. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 12., 2002, Belém. **Anais...**, Belém, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum) em um Sistema Agroflorestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., Manaus, 2000. **Resumos**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, p.48-50, 2000a.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Efeito de níveis de adubação na fertilidade do solo e na produção do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em um sistema agroflorestal na Amazônia Central. **Ciências Agrárias**, v. 9, n, 1-2, p. 61-70, jan./dez. 2000b.

**FLORA DO BRASIL 2020.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 02 Fev. 2018

FRANKE, I. L. **A aprendizagem tecnológica e organizacional na performance do sistema produtivo e institucional do Reça.** 2005. 200 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

FREITAS, J. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, F. A. Avaliação de atributos químicos do solo em ambientes de terra firme e várzea no município de Santana, Amapá. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 27-33, 2015.

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

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+ - Geostatistics for the Environmental Sciences.** Michigan, 1 CD-ROM, versão 7.0. 2000.

GASPAROTTO, L.; ARAUJO, R.C.; SILVA, S.E.L. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais: programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. **Anais.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.57-75. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

GÓES, A. V. M.; AUGUSTO, S. G.; MARTINS, P. F. S. Caracterização do sistema radicular efetivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), da pupunheira (*Bactris gaesipaes* h. b. k.) e do açazeiro (*Euterpe oleraceae* mart.) em Latossolo Amarelo álico na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 41, p. 57-65, jan./jun. 2004.

GOMES, R. L. R.; SILVA, M. C.; COSTA, F. R.; LIMA JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, I. P.; SILVA, D. B. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 8, n. 5, p. 72-139, 2015.

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

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; XAVIER, M. A. Spatial variability of some biometric attributes of sugarcane plants (variety IACSP93-3046) and its relation to physical and chemical soil attributes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, Suplemento, p. 107-119, 2010.

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

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, Princeton, vol. 11, n. 1, p. 1-21, 1969.

HOMMA, A. K. O. Amazônia: os avanços e os desafios da pesquisa agrícola. **Parcerias Estratégicas**, Brasília-DF, v. 18, n. 36, p. 33-54, jan-jun 2013.

HOMMA, A. K. O.; NOGUEIRA, O. L.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. E. U.; NICOLI, C. M. L.; MATOS, G. B. Açai: novos desafios e tendências

IGLIORI, D. C. Economia Espacial da Conservação e do Desenvolvimento: Uma Análise sobre o Uso da Terra na Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 58, n. 1, p. 29-33, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Projeto PRODES**: monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>> Acesso em: 31 jan 2017.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 730–738, 2012.

JARDIM, F. C. S.; RIBEIRO, G. D.; ROSA, L. S. Avaliação preliminar de sistema agroflorestal no Projeto Água Verde, Albrás, Barcarena, Pará. **Revista 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.

LANDIM, P.M.B. **Sobre Geoestatística e mapas**. Terræ Didática, Campinas, v. 2, n. 1, p. 19-33, 2006.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

LIMA, M. M. **Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiências de macronutrientes em plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*)**. 2002. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2002.

LIMA, S. S.; VIEGAS, I. J. M.; FRAZÃO, D. A. C.; NAIFF, A. P. M. Avaliação do efeito da adubação mineral em plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) na fase de produção. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 8., 2005, Belém, PA. **Ciência e tecnologia com inclusão social: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, R. C. **Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F.; QUISEN, R. C. Estudo do comportamento produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA NA AMAZÔNIA, 1., 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: EMBRAPA/CPAA, 1996. p.160 (Documentos, 6).

LOPES, S. B. **Arranjos institucionais e a sustentabilidade de sistemas agroflorestais: uma proposição metodológica**. 2001. 184 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural), Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Porto Alegre, 2001.

LORENZ, K.; LAL, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p.443–454, 2014.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 31-36, 2007.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios gerais e planejamento de sistemas agroflorestais**. Rio Branco – AC: Embrapa Acre, 1998. 27 p. (Circular técnico, 22).

MACÊDO, J. L. V. Cultivo de fruteiras em sistemas agroflorestais. In: ENCONTRO DE FRUTAS NATIVAS DO NORTE E NORDESTE DO BRASIL, 1., 2007, São Luís. **Frutas nativas: novos sabores para o mundo**. São Luís: UEMA: SBF: EMBRAPA: SEBRAE: SEAGRO, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 638p.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente e Sociedade**, v.17, n.3, 2014.

MAY, P. H.; BOHRER, C. B.; NOLASCO, S.; CAMPAGNANI, S.; VINHA, V. G.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J. C. L.; MOYA, P. Sistemas agroflorestais e reflorestamento para captura de carbono e geração de renda. In: Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica – ECOECO, 6., 2005, Brasília. **Anais...Teresina: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, 2005.

MCGRATH, D. A., DURYEA, M. L., COMERFORD, N. B., CROPPER, W. P. Nitrogen and phosphorus cycling in an Amazonian agroforest eight years following forest conversion. *Ecological Applications*, v. 10, n. 6, p. 1633–1647, 2000.

MCGRATH, D. A.; DURYEA, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 83, n. 3, p. 271-284, fev., 2001.

MCGRATH, D. A.; DURYEA, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 83, n. 3, p. 271-284, fev., 2001.

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, v. único, p. 269-312, 2000.

MEDRI, W. **Análise exploratória de dados**. 2011. 82 f. Curso de Estatística, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011. Disponível em: <[http://www.uel.br/pos/estatisticaeducacao/textos\\_didaticos/especializacao\\_estadistic\\_a.pdf](http://www.uel.br/pos/estatisticaeducacao/textos_didaticos/especializacao_estadistic_a.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 18.

MENDONÇA, V. C. M.; DEL BIANCHI, V. L. Agronegócio do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) no município de Pinheiro-MA. **Revista Sodebras**, v. 9, n. 100, p. 62-65, abril, 2014.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.

MOTOMIYA, A. V. A.; CORÁ, J. E. ; PEREIRA, G. T. Uso da krigagem indicatriz na avaliação de indicadores de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 485-496, 2006.

MÜLLER, C.H.; CARVALHO, J.E.U. Sistemas de propagação e técnicas de cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.57-75. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 3, p. 97-128, 1985.

NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F.; RODIGHERI, H. R.; CORRÊA JÚNIOR, C.; BELLETTINI, S.; TESSMANN, D. J. **Cultivo da Pupunheira para Palmito nas regiões Sudeste e Sul do Brasil**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007. 9 p. (Circular técnica, 143).

NUNES, F. P.; PINTO, M. T. C. Decomposição do folheto em reflorestamento ciliar na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 423-431, jul./set. 2012.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1063-1068, 2004.

OLIVEIRA, A. S. **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Alta Floresta – MT**. 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006.

OLIVEIRA, B. S.; CARVALHO, M. A. C.; LANGE, A.; WRUCK, F. J.; DALLACORT, R. Atributos biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na região amazônica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.23, n.5, p. 448-456, 2015.

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

OLIVEIRA, T. C. **Caracterização, índices técnicos e indicadores de viabilidade financeira de consórcios agroflorestais**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2009.

OLIVEIRA, T. K. Sistemas integrados na Amazônia brasileira: experiências demonstrativas e resultados de pesquisa. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. de (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa; Senar, 2015. p. 71-95.

- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.
- PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, maio, 2010.
- PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.
- PORRO, R. Expectativas e desafios para a adoção da alternativa agroflorestral na Amazônia em transformação. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestral na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 33-52.
- PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals of Botany**, v. 114, p. 1571–1596, 2014.
- QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SALES, F. A. L.; LIMA, L. R.; DUARTE, L. M. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 4, p. 586-595, out-dez, 2017.
- RAMOS, A. R.; VENTURIERI, G. A.; CUCO, S. M.; CASTRO, N. M. The site of self-incompatibility action in cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 569-578, jul.-set., 2005.
- RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 3–50, 1998.
- RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. O.; SILVA, A. A. Caracterização de sistemas agroflorestais manejados no município de Monte Alegre, Pará. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, nov., 2013.
- REISDORFF, C. GASPAROTTO, L. LIEBEREI, R. Development and production of cupuaçu plants (*Theobroma grandiflorum*) on degraded areas: implications of water relations. In: **German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – Achievements and Prospects of Cooperative Research**, Hamburg, 2000.
- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, p. 713-721, 1998.
- RIBASKI, J. Sistemas Agroflorestais: Benefícios socioeconômicos e ambientais. In: Simpósio sobre Reflorestamento na Região Sudoeste da Bahia, 2., 2007, Vitória da Conquista. **Memórias... Vitória da Conquista: Embrapa Florestas**, 2007.
- RIBEIRO, G. D. **A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia**. 2. ed., Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2000. 43p. (Documentos, 48).
- RODRIGUES, K. M.; HURTADO, S. M. C.; DECHEN, S. C.; VIEIRA, S. R. Spatial variability in soil fertility and particle size and their effects on sugarcane yield. **Sugar Tech**, v. 18, p. 39-48, 2015.

RODRIGUES, M. A.; FERREIRA, M. C. Zoneamento ecológico-econômico, ordenamento territorial e dinâmica espacial do desmatamento da Amazônia brasileira entre 1999 e 2010: análise dos efeitos de instrumentos de política pública de meio ambiente no estado do Acre. IN: ENCUESTRO DE GEOGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 14., 2013. **Anais...** 2013.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 8).

ROVEDA, M.; PELISSARI, A. L.; GENÚ, A. M.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ROIK, M. Modelagem geoestatística da estrutura espacial arbórea e dos atributos do solo em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p.67-76, jan./mar. 2018.

SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; MUNIZ, P. S. B.; LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Aspectos socioeconômicos do Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) em Rondônia, Brasil. 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.

SAMBUICHI, R. H. R.; VIDAL, D. B.; PIASENTIN, F. B.; JARDIM, J. G.; VIANA, T. G.; MENEZES, A. A.; MELLO, D. L. N.; AHNERT, D.; BALIGAR, V. C. Cabruca agroforests in southern Bahia, Brazil: tree component, management practices and tree species conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 4, p.1055-1077, 2012.

SANTOS, A. M. G. **Aproveitamento de resíduos das culturas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*) como adubo orgânico em sistemas agroflorestais na Amazônia**. 2003. 49f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2003.

SANTOS, J. J. N.; ARAÚJO NETO, C. L. A.; CARIBÉ, R. M.; MONTEIRO, V. E. D.; MELO, M. C. Interrelações entre matéria orgânica, pH, teor de água em solo de cobertura de aterro experimental. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Confea, 2015.

SANTOS, S. R. M.; MIRANDA, I. S.; TOURINHO, M. M. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, p. 251-263, 2004.

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 JUNIOR, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 819-825, maio 2006.

SILVA, C. A.; SOUZA, M. A. S.; TEIXEIRA, I.; LIMA, L. M.; BORGES, E. N. Saturação de alumínio em diferentes regiões do cafeeiro na cafeicultura tecnificada do cerrado. In:

ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 4., 2004, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Univap, 2004.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, T. K.; KUSDRA, J. F.; KÖLN, F. T.; LIMA, A. A.; COSTA, K. B. A. Decomposition of ground biomass of secondary forest and yield of annual crops in no tillage system. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.6, p. 568-576, nov-dez, 2015.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, T. K.; 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., 2016. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2016.

SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações**. Itabuna: SBSAF, 2013. 308 p.

SILVA, P. T. E.; BRIENZA JUNIOR, S.; VALE, R. S.; BARROS, P. L. C.; CASTILHO, N. T. F. Potencial de utilização da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em sistemas em sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 7., 2009, Luziânia. **Diálogo e integração de saberes em sistemas agroflorestais para sociedades sustentáveis**. Luziânia: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, Brasília, DF: EMATER-DF: Embrapa, 2009.

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

SMITH, N. J.; DUBOIS, J.; CURRENT, D.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. **Experiências agroflorestais na Amazônia Brasileira: restrições e oportunidades**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília - DF, 1998. 146 p.

SOARES, J. E. C.; LEEUWEN, J.; GOMES, J. B. M. O desenvolvimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em plantios agroflorestais no município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 7., 2009, Luziânia. **Diálogo e integração de saberes em sistemas agroflorestais para sociedades sustentáveis**. Luziânia: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, Brasília, DF: EMATER-DF: Embrapa, 2009.

SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SOUZA, Z. M.; AQUINO, R. E.; SILVA, D. P.; SILVA, J. F. Variabilidade espacial dos atributos do solo sob agroflorestal na região de Humaitá, AM. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 1, p. 33-41, 2018.

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.

SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. de. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.

SOUSA, L. A. S.; SILVA, M. F. F.; JARDIM, M. A. G.; SOUSA, A. C. Mortalidade de



paricá, açaí e cupuaçu em sistemas agroflorestais implantado sem área de floresta secundária. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

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

SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.89-98, 2013.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 133-139, 2003.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 40, p. 48-56, 2010.

SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, v. 44, p. 261-268, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, jul., 2005.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORAIS, A. R. Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitheiro (*Euterpe edulis* Martius) plantado em diferentes tipos de consórcios no município de Lavras, Minas Gerais. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 041-053, 2001.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 5, n. 2, p. 99-114, jun. 1949.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@ambiente**, v. 5, n. 2, p.158-165, 2011.

VALENTE, D. S. M.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A.; SANTOS, F. L.; SANTOS, N. T. Spatial variability of apparent electrical conductivity and soil properties in a coffee production field. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 6, p. 1224-1233, nov./dez. 2014.

VAN LEEUWEN, J. O melhoramento participativo de espécies agroflorestais: uma proposta para a pupunheira (*Bactris gasipaes*) para a produção de fruto. In: Porro, R. (ed.) **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 805-825, 2009.

VAN LEEUWEN, J. Possibilidades e dificuldades para a agrossilvicultura na Amazônia, reflexões à base de experiências brasileiras. In: Ramírez, P. B. L. (org.). **Lineas estrategicas y áreas temáticas en investigación agroforestal en la Amazonía**. Universidad de la Amazonia, Florência-Caquetá, Colombia, 6p. Disponível em: <[https://www.inpa.gov.br/cpca/johannes/5\\_poss\\_dif\\_saf\\_Colomb\\_mai07.pdf](https://www.inpa.gov.br/cpca/johannes/5_poss_dif_saf_Colomb_mai07.pdf)> Acesso em: 31 jul 2017.

VASCONCELOS, A. I. T.; GARCIA, E. A. R.; FURTADO, C. F. C.; CABRAL, J. E. O. As dimensões da sustentabilidade dos Sistemas Agroflorestais – SAFs: um estudo no Projeto de Reflorestamento Consorciado e Adensado – RECA, Ponta do Abunã – RO. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 36, p. 73-93, 2016.

VEIGA, J. B.; SILVA, A. C. S.; RIBEIRO, I. J. S.; OLIVEIRA, A. S.; ROBOREDO, D.; CAIONE, C. Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional Sobre a Qualidade Química do Solo na Amazônia Mato-grossense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, nov., 2014.

VENEGAS, V. H. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 1. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, v. 1, p. 25-32, 1999.

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, C. R. **Crescimento inicial de espécies florestais na omissão de macronutrientes**. 2011. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

VIEIRA, M. V. M.; GIUNTI, O. D.; GRIS, C. F.; SILVA, A. V. Indicadores de sustentabilidade e influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre a qualidade do solo e do café arábica em Piumhi-MG. **Revista Verde**, Pombal – PB, v. 10, n.2, p. 229 - 238, abr-jun, 2015.

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

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.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 549 – 558, 2007.

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.

WARRICK A. W., NIELSEN D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel D, (Ed.) **Applications of soil physics**. New York, Academic Press p.

319-344, 1980.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297-2305, 2008.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 487-495, 2007.

ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO-ZANÃO, M.P.; GUIMARÃES, E.D. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, v.57, n.3, p.429-438, 2010.

## **APÊNDICES**

**Apêndice A** – Questionário aplicado aos agricultores de propriedades com sistemas agroflorestais no ramal Baixa Verde do Projeto Reça, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho (RO), 2016

**Projeto Concretizar (RECA)**

**Projeto SARAM (Embrapa Acre)**

**Ficha de levantamento para SAFs**

Nome do produtor: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1. Área total da propriedade: \_\_\_\_\_ (hectares)

Ponto GPS: \_\_\_\_\_

2. Quais espécies são plantadas em monocultivo

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

- Qual a área plantada (por espécie)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

- E o ano de plantio (idade)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

3. Área dos SAFs \_\_\_\_\_ (hectares)

Tem mais de um SAF na propriedade. ( ) sim ( ) não. Quantos? \_\_\_\_\_

- Qual idade ou ano de plantio do SAFs (anos)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

- Qual espécie principal neste SAFs:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

- Quais as outras espécies em ordem decrescente:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

- Qual espaçamento entre espécies:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

- Por que a escolha dessas espécies plantas na propriedade? (Deve estabelecer uma ordem de prioridade) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Desenhar os arranjos existentes na propriedade? (culturas, espaçamentos)