

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**DIÊGO SOUZA MAGALHÃES**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS ESPÉCIES  
*Astronium fraxinifolium* Schott. e *Anadenanthera macrocarpa* Benth SOB DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS.**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**MAIO-2013**

**DIÊGO SOUZA MAGALHÃES**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS ESPÉCIES  
*Astronium fraxinifolium* Schott. e *Anadenanthera macrocarpa* Benth SOB DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,  
como requisito parcial para a obtenção do  
Grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

**Orientador: Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

**MAIO-2013**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS ESPÉCIES  
*Astronium fraxinifolium* Schott. e *Anadenanthera macrocarpa* Benth SOB DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS.**

---

Orientador: Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - CCAAB

---

Prof. Dr. Elton Silva Leite

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - CCAAB

---

Everton Luiz Poelking

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - CCAAB

**Cruz das Almas, 10 de Maio de 2010.**

## **DEDICATÓRIA**

À Deus, pela proteção e pelo amor eterno.

A todos aqueles que contribuíram para realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha existência e proteção;

À minha mãe Maria Souza Silva, ao meu pai Natalino da Silva Magalhães e aos meus irmãos Tiago Souza Magalhães e Tiara Souza Magalhães, pelo apoio incondicional e colaboração para essa realização;

À minha namorada Rafaela Daltro pelo apoio e companheirismo;

Ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela minha formação;

Ao meu orientador Prof. Deoclides Ricardo de Souza, pela orientação, apoio e conselhos dados;

Ao meu Co-orientador professor Elton Silva Leite, pelos conselhos e ensinamentos;

Ao professor Marcelo e ao mestre Crispiniano pelas colaborações dadas até essa etapa;

Ao Professor Jesus Delgado pelo apoio

Aos demais professores que compõem o Curso de Engenharia Florestal no qual tive a oportunidade de adquirir um pouco de seus conhecimentos;

Aos grande companheiro de república: Messias, Éber, Micael, Rose e Laiara,

Aos demais aqui não citados, mas com certeza lembrados

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo Anadenanthera macrocarpa; Blocos I aos 36, 48 e 60 meses .....	40
Figura 2 -Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo Anadenanthera macrocarpa; Blocos II aos 36, 48 e 60 meses .....	40
Figura 3- Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo Anadenanthera macrocarpa; Blocos IV aos 3, 4 e 5 anos .....	41
Figura 4- Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo Anadenanthera macrocarpa; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos .....	41
Figura 5-Mapas de distribuição espacial da Altura Total Anadenanthera macrocarpa; Blocos II aos 3, 4 e 5 anos.....	44
Figura 6-Mapas de distribuição espacial da Altura Total Anadenanthera macrocarpa; Blocos I aos 3, 4 e 5 anos.....	44
Figura 7-Mapas de distribuição espacial da Altura Total Anadenanthera macrocarpa; Blocos IV aos 3, 4 e 5 anos'.....	45
Figura 8-Mapas de distribuição espacial da Altura Total Anadenanthera macrocarpa; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos' .....	45
Figura 9-Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo Astronium fraxinifolium; Blocos I aos 3, 4 e 5 anos .....	48
Figura 10-Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo Astronium fraxinifolium; Blocos II 3, 4 e 5 anos.....	48
Figura 11-Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo Astronium fraxinifolium; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos .....	49
Figura 12-Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo Astronium fraxinifolium; Blocos IV 3, 4 e 5 anos .....	49
Figura 13-Mapas de distribuição espacial da Altura Total do Astronium fraxinifolium; Blocos II aos 3, 4 e 5 anos.....	52
Figura 14-Mapas de distribuição espacial da Altura Total do Astronium fraxinifolium; Blocos I aos 3, 4 e 5 anos.....	52
Figura 15-Mapas de distribuição espacial da Altura Total do Astronium fraxinifolium; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos.....	53
Figura 16-Mapas de distribuição espacial da Altura Total do Astronium fraxinifolium; Blocos IV aos 3, 4 e 5 anos .....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de variância da sobrevivência, Diâmetro à Altura do Solo e Altura Total da espécie <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico vermelho) cultivado no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2013 .....	28
Tabela 2-Comparação das médias de Diâmetro à Altura do Solo (DAS), da espécie <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico vermelho) em diferentes anos, cultivadas no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2013.....	29
Tabela 3 - Análise de variância da sobrevivência, diâmetro à altura do solo e altura total da espécie <i>Axtronium Flaxinifolium</i> (Gonçalo Alves) cultivado no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2013 .....	30
Tabela 4 - Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para os diâmetros à altura do solo (DAS) para <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Angico Vermelho) nos diferentes Blocos aos 3, 4 e 5 anos.....	38
Tabela 5-Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para a Altura Total (Ht) para <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Angico Vermelho) nos diferentes Blocos aos 3, 4 e 5 anos .....	42
Tabela 6 - Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para a Diâmetro à altura do solo (DAS) para <i>Astronium fraxinifolium</i> (gonçalo -alves) nos diferentes Blocos 3, 4 e 5 anos.....	46
Tabela 7 - Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para a Altura Total (Ht) para <i>Astronium fraxinifolium</i> (gonçalo-alves) nos diferentes Blocos aos 3, 4 e 5 anos.....	50

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO .....	7
ABSTRACT GENERAL .....	8
INTRODUÇÃO .....	9
LITERATURA CONSULTADA.....	10
Espécie Nativas .....	10
Influência do Espaçamento.....	12
Geoestatística .....	14
Semivariogramas .....	15
Krigagem.....	16
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	18
CAPÍTULO I .....	23
Avaliação do crescimento das espécies <i>Astronium fraxinifolium</i> (gonçalo-alves) e <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico vermelho) sob diferentes espaçamentos .....	23
RESUMO .....	23
ABSTRAC .....	24
INTRODUÇÃO .....	25
MATERIAL E MÉTODOS .....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
CONCLUSÃO .....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
CAPÍTULO II.....	33
DETERMINAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO DIÂMETRO E ALTURA DAS ESPÉCIES <i>Astronium fraxinifolium</i> (GONÇALO ALVES) E <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (ANGICO VERMELHO) SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.....	33
RESUMO .....	33

ABSTRACT .....	34
INTRODUÇÃO .....	35
MATERIAL E MÉTODO .....	35
RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	38
CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
Anexo I - Semivariogramas.....	56

## RESUMO

MAGALHÃES, Diêgo S., Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Maio de 2013. **Avaliação do crescimento e variabilidade espacial das espécies, *Astronium fraxinifolium* e *Anadenanthera macrocarpa***. 68 f. Orientador: Deoclides Ricardo de Souza Co-orientador: Elton Silva Leite.

O presente trabalho teve como objetivos avaliar o crescimento em diâmetro e altura; e determinar a variabilidade espacial das espécies *Astronium fraxinifolium* Schott. (gonçalo-alves) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) sob diferentes espaçamentos. A pesquisa foi conduzida no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia. O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos, constituídos pelos espaçamentos 6,0 x 1,5 m; 6,0 x 2,0 m; 6,0 x 2,5 m e 6,0 x 3,0 m, onde foram avaliados a sobrevivência, o diâmetro à altura solo (DAS) e a altura total (Ht), aos 3, 4 e 5 anos. Utilizou-se a geoestatística por meio de semivariogramas e krigagem para determinação das variações espaciais dos diâmetro a altura do solo, (DAS) e altura total (Ht) e geração de mapas de crescimento de diâmetro 'a altura do solo e altura total. Observou-se maior desenvolvimento no diâmetro para o angico vermelho nos maiores espaçamentos. Verificou-se variabilidade espacial com o aumento das idades e concentração dos maiores diâmetros das espécies estudadas nos maiores espaçamentos.

## ABSTRACT GENERAL

MAGALHÃES, Diêgo S., Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Maio de 2013. **Evaluation of Growth and Spatial Variability of Species *Astronium fraxinifolium* (Goncalo Alves) *Anadenanthera macrocarpa* (angico Red)**. 68 f. Advisor: Ricardo de Souza Deoclides Co-ador: Elton Silva Leite.

This study aims to evaluate the growth in diameter and height and determine the spatial variability of two species native woody, *Anadenanthera macrocarpa* Benth.(angico red) e *Astronium fraxinifolium* Schott.(Gonçalo-alves) under different spacings. The research was conducted at the Experimental Campus of the Federal University Reconcavo of Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia. The study was divided into two chapters, Chapter I titled Growth evaluation using test average of two native species, *Astronium fraxinifolium* (Goncalo Alves) and *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) as a function of spacing. The experimental design was a randomized block with four replications and four treatments, according to spacing 6.0 x 1.5m, 6.0 x 2.0m, 6.0 x 2.5m, 6.0 x 3, 0 m, where the characteristics were evaluated for survival, diameter at stem (DAS) and total height (Ht) at 3, 4 and 5. there was a further development in diameter to the largest Red angico treatments, while the other variables not influenced by spacing Already Chapter II titled by geostatistical analysis in determining the spatial variability of diameter and height *Astronium fraxinifolium* (Goncalo Alves) and *Anadenanthera macrocarpa* (Red angico) under different spacings We used the semivariogram analysis to determine spatial variations of diameter at ground height (DAS) and total height (Ht) for the realization of maps delineating was used for growth through kriging. we observed an increase in spatial variability with increasing age and concentration of the species mairões diameter *Anadenanthera macrocarpa* (angico Red) larger in treatments.

## INTRODUÇÃO

Com o aumento da população humana no planeta torna-se necessário o aumento da produção de energia e de alimentos causando o aumento da pressão sob matas nativas e redução dos diferentes tipos de ecossistema naturais e como resultado, mais degradação ambiental, resultando em problemas como enchentes alterações no balanço hídrico e climático, perda de biodiversidade, perda de água potável e da saúde da população Vital (2009)

O desmatamento das florestas brasileiras causa impactos ambientais negativos como exposição do ambiente aos fatores erosivos, seca e enchentes. Assim, a maioria das espécies florestais podem ter limitações de restabelecimento nestas áreas pela escassez de nutrientes no solo e condições ambientais desfavoráveis (Figueredo e Varela, 2006).

As espécies *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) são consideradas potenciais para recuperação dessas áreas pela capacidade de produção de sementes facilmente dispersas pelo vento e regeneração natural em solos secos e úmidos e desenvolvimento em solos rasos, compactados, mal drenados.

A Geoestatística é uma ferramenta que se aplica aos recursos florestais na geração de mapas de classes de produtividades e determinação das variabilidade espacial utilizando principio de Choc que descreve que os pontos mais próximos são semelhantes. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivos avaliar o crescimento em diâmetro e altura; e determinar a variabilidade espacial das espécies *Astronium fraxinifolium* Schott. (gonçalo-alves) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) sob diferentes espaçamentos

## LITERATURA CONSULTADA

### *Espécie Nativas*

Espécies nativas apresentam suas populações naturais dentro dos limites de sua distribuição geográfica, participando de ecossistemas onde apresentam seus níveis de interação e controles demográficos.

As espécies arbóreas nativas de valor comercial e uso múltiplo, em programas de reflorestamento são apontadas como alternativas em diversos trabalhos, porém ainda existe um baixo índice de plantio de espécies nativas devido à falta de mudas, e desconhecimento de técnicas corretas de manejo, especialmente para o plantio em pequenas áreas, evidenciando a necessidade de se estudar a silvicultura de espécies florestais nativas de rápido crescimento e que apresentem valor econômico (ALVINO, 2006).

Segundo Nunes (2010) em um estudo sobre a sobrevivência de quatro espécies nativa lenhosas em solo degradado, dentre elas o angico vermelho e Gonçalo-alves, obteve porcentagem de sobrevivência bastante heterogênea, variado para as espécies, chegando a 100% para o gonçalo-alves e próximo de 70% para o angico vermelho, indicando serem espécies de grande potencial para a recuperação de solos degradados, por isso, no presente trabalho, foram utilizadas as seguintes espécies: a *Anadenanthera macrocarpa* e o *Astronium fraxinifolium* e suas características principais estão descritas abaixo:

*Anadenanthera macrocarpa* tem origem nos Estados da Bahia, Alagoas, Ceará, Espírito Santo, Sergipe e Mato Grosso do Sul, também é conhecido como angico do Morro, angico pedra ou angico-preto, pertencem à família das Fabaceae-Faboideae são árvores de grande porte podendo atingir de 15 a 20 m quando adulta. Também conhecida como angico vermelho é a espécie de angico mais comum na América do Sul, com maior abrangência, ocorrendo desde o norte da Argentina até o sul da Bolívia; no Brasil o Angico vermelho está presente em todos os Estados. Sendo uma espécie comprovadamente calcícola, de crescimento rápido e tolerante a solos arenosos e rasos e são muito usados para recomposição de matas ciliares (CARVALHO, 1995).

De acordo com Sugai *et al* (2010) raízes de angico vermelho cultivados em solo degradado ou em solo preservado possuem uma alta colonização de micorrizas, e que a mistura de *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* que são altamente eficiente em promover benefícios no crescimento e na nutrição de *Anadenanthera macrocarpa*,

independentemente do tipo de solo. Considerando como condição que melhor reflete a produção, as doses de macronutrientes recomendadas para produção de mudas são: N (50 a 200 mg dm<sup>-3</sup>); P (150 a 250 mg dm<sup>-3</sup>); K (50 mg dm<sup>-3</sup>); Ca (0,8 cmolc dm<sup>-3</sup>); Mg (0,2 a 0,8 cmolc dm<sup>-3</sup>); e S (20 a 80 mg dm<sup>-3</sup>), e que o melhor solo para produção de mudas de angico vermelho é o Latossolo Vermelho-amarelo álico. Gonçalves *et al* (2008)

Madeiras da *Anadenanthera macrocarpa* possuem uma alta densidade, compacta e não elástica de grande durabilidade, por isso é muito empregada em construção civil e marcenaria. Porém, como dito por Lorenzi (2000), o angico vermelho possui grandes utilidades na construção civil e para a produção de carvão e por ser uma espécie que possui um bom crescimento em solos de baixa qualidade torna-se uma das principais espécies para reflorestamento de áreas degradadas.

Conforme Thomas e Martins (2006), a espécie supracitada possui tronco de 40-60 cm de diâmetro, revestido por casca que varia de uma forma quase lisa e clara até rugosa ou muito fissurada e preta, com folhas composta bipinadas, de 10-25 jugas; pinas de 7-11 cm de comprimento, com foliólulos rígidos. As suas flores são amarelo-esbranquiçadas, reunidas em umbelas globosas e longo-pedunculadas. O fruto é não comestível e do tipo legume deiscente, achatado, de superfície áspera e cor marrom, contendo 5-10 sementes orbiculares dotadas de pleurograma, a sua dispersão é de forma autocórica, florescendo entre os meses de setembro e novembro com a planta quase sem folhas. Os frutos (vagens) amadurecem em agosto-setembro.

Souza e Lima (1985), em seu trabalho feito com maturação de sementes de angico vermelho, observou que o melhor período de colheita de sementes se dá entre 159 e 229 dias após a frutificação e após 250 dias não foi possível analisar, visto que quase todas as sementes estavam abertas e já haviam caído e que 220 dias após a frutificação ocorreu mudança de coloração de verde avermelhado para verde amarronzado e aos 250 dias para marrom escuro.

O *Astronium fraxinifolium* tem origem nos Estados de Minas Gérias, Goiás, Mato Grosso e nos Cerrados da Amazônia, também é conhecida pelos nomes vulgares de gonçalo-alves, chibatã, aratanha, aroeira-do-campo, batão, cubatã-vermelho, ubatã, pertence a família Anacardiaceae e são árvores de grande porte podendo atingir até 12 m de altura com tronco de 60-80 cm de diâmetro. (LORENZI, 2000)

O *A. Fraxinifolium* possui folhas compostas de 6 a 13 cm de comprimento e 4 a 5 cm de largura e variando o número de fólhos entre 7 a 11 pubescentes, são plantas pioneiras, xerófitas e preferem solos secos e rochosos e produz todo ano grande quantidade de sementes que são levadas facilmente pelo vento, por isso muito utilizado em recuperação de áreas degradadas. (AGUIAR, 2001).

Caldeira (2007) destaca a grande importância que a *A. Fraxinifolium* possui na medicina popular, tendo em vista sua casca adstringente tão utilizada no tratamento de hemorroidas, as suas folhas utilizadas no tratamento de alguns tipos de doença de pele (ação anti-séptica) suas raízes são utilizadas no preparo de chás para combater reumatismo e seus frutos contra dor de dente, Já Lorenze (2002) aponta a importância da mesma para a construção civil, pois são madeiras muito pesadas, compactas, rígidas, difíceis de trabalhar, de grande durabilidade sob condições naturais, com alburno diferenciado de cor branca. O cerne apresenta listras negras de forma diversas. Sua madeira é própria para construção civil e naval, marcenaria, confecção de dormentes, corrimões, balaustre, esteios, roda d'água e portas de fino acabamento.

### ***Influência do Espaçamento***

O espaçamento é uma das decisões mais importantes e mais difíceis para o silvicultor, pois, tal decisão vai influenciar diretamente na qualidade e nos custos do produto final e nas tomadas de decisões futuras, tais como, desbastes e mecanização das atividades, por isso é preciso muita precaução para selecionar o espaçamento inicial.

Conforme Valera & Kageyama (1988), o espaçamento ótimo é aquele capaz de produzir o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função da espécie do sítio e do potencial genético do material reprodutivo que for utilizado.

Segundo Martins & José Júnior (1999), o espaçamento influencia diretamente no produto final, comprovando esse fato em seu estudo com Amora Preta, onde a produção final caiu cerca de 20% quando se mudou o espaçamento de 3x1m para 3 x0,5m. Entretanto há muitas diferenças em relação ao espaçamento e a forma que influencia no crescimento das árvores, mostrando casos que ocorreu redução da altura média em árvores de angico vermelho devido à diminuição do espaçamento.

Yuyama & Chávez. (2005) que observaram, em um estudo com Pupunheira, que no uso de espaçamento muito pequeno obtinha-se como produto final troncos com

valores muito reduzido de diâmetro a altura do peito (DAP) e grande número de árvores dominadas, comprometendo o volume final. Já Rondon (2002), enfatiza ainda que a competição por luz, umidade e nutrientes depende grandemente do número de troncos por unidade de área e que a combinação de fatores ambientais e genéticos específicos de cada espécie faz com que as copas das árvores se desenvolvam de forma mais ou menos intensa, causando assim o aumento ou diminuição da competição por espaço em povoamentos equianos.

No entanto Miranda e Nahuz (1999), a partir de seu experimento sobre espaçamentos para *Eucalyptus grandis* e *E. Saligna*, afirma que um maior crescimento volumétrico será obtido nos menores espaçamentos. No entanto, no caso da espécie *E. saligna* Smith o espaçamento afetou o crescimento em volume e diâmetro, não afetando as suas alturas. Os estudos realizados por Guimarães (1960) mostraram, entretanto, que a sobrevivênciaa do *E. saligna*, aos 8 anos de idade, aumentou conforme aumento do espaçamento, enquanto que nos espaçamentos inferiores a 2 m<sup>2</sup>/planta a sobrevivência foi de 38%, nos maiores que 4,5 m<sup>2</sup>/planta ela foi aproximadamente 56%.

As árvores diminuem a produção quando plantada de forma muito adensada, porém se aumentar muito o espaçamento irá diminuir a produção final devido ao pequeno número de árvores na área..

Segundo Campus & Uchida (2002), as principais empresas florestais brasileiras tem escolhido seus espaçamentos de 3 x 3m para possibilitar o uso de máquinas nas atividades de implantação, manutenção e exploração dos seus plantios. Durante os primeiros meses de um plantio o principal fator de competição são ervas daninhas, não havendo competição intra específica, e cujo controle é feito através de tratamentos silviculturais com capina, roçada e uso de herbicidas, em alguns anos as árvores do plantio começa a se sobressair e sombrear por completo as ervas daninhas, impedindo o desenvolvimento das mesmas, no entanto quando o plantio é feito de forma muito espaçada, o sombreamento das ervas daninhas fica comprometido.

Segue no mesmo entendimento Oliveira *et al* (2007), que concluiu que comunidades com espaçamentos reduzidos tentem a ocorrer maior infestação de plantas do tipo C4, devido a área ser mais sombreada que utilizando espaçamentos maiores. Os espaçamentos reduzidos em plantios florestais são mais indicados quando se objetiva a implantação de sistemas silvipastoris, já para sistemas agrossilvipastoris recomenda-se espaçamentos maiores.

O espaçamento é inversamente proporcional à idade de corte, pois, plantios densos normalmente os desbaste e o ciclo de corte são mais curtos, já que a competição ocorre mais cedo que em plantios menos adensados, causando interrupção no desenvolvimento das plantas. Os números de árvores dominadas e mortas aumentam conforme a idade do plantio sendo mais acentuado em plantios muito adensados. E causam a estagnação do crescimento do plantio acarretando a paralisação do capital investido no plantio ficando sem rendimentos, podendo até acarretar em prejuízos, com isso se faz necessário o corte mais cedo do plantio, ou desbastes muito cedo, porém o corte de árvores novas pode levar a uma exportação excessiva de nutrientes levando a perda de fertilidade comprometendo o ciclo seguinte, além de colher madeira de propriedade mecânicas e físicas comprometidas.

Para a implantação de povoamentos muito adensados, faz-se necessária aquisição de um número maior de mudas por hectare, aumenta o consumo de fertilizante, acarretando no aumento do capital inicial para a implantação do povoamento, aumentando assim o valor final do produto. Também pode ocorrer dificuldade na exploração, dificuldade para o acesso para realização dos tratamentos silviculturais. Porém ocasiona um maior volume de madeira por hectare também ocorre o sombreamento mais rápido das ervas daninha, diminuindo gastos com controle das mesmas.

#### ◦ **Geoestatística**

Atualmente os métodos mais utilizados para análise de dados georreferenciados são os que utilizam pontos e polígonos para aplicar formatos vetoriais e assim representar as características estudadas, e dentre estes métodos destacam-se os que se baseiam na interpolação destas características.(ALVARENGA e MELLO, 2010)

Filipine (2009) ressaltou que a Geoestatística recebeu esse nome por se tratar de uma ferramenta desenvolvida por um Engenheiro de Minas Sul-Africano, fornecendo assim bases da Geologia para aprimoramento da estatística simples. O fundamento basilar desta ferramenta consiste na semelhança entre pontos próximos. Lima e Oliveira (2008) Lima e Oliveira (2008) afirmam que a Geoestatística, que analisa a distância entre os pontos estudados, é fundamental, pois somente as informações obtidas pela variância não fundamentam explicações de fenômenos ocorridos em seus estudos.

Kanegae e Mello (2007), afirmam, que diferentemente da estatística clássica que trata as parcelas de forma descontínuas, a geoestatística preconiza o tratamento das parcelas de formas contínuas e portanto, por meio de interpoladores é possível realizar a estimativa de pontos não amostrados, o que a torna uma excelente ferramenta para a análise das características de povoamentos florestais, pois, as mesmas se apresentam distribuídas na maioria das vezes de forma espacial.

No entanto é necessário fazer a seguinte indagação: como conceitos da Geologia contribui com a Ciência Agrária? A resposta é simples e podemos verificar no seu próprio conceito definido por Filipine (2009), para este a Geoestatística é uma ferramenta desenvolvida pela ciência do Solo fornecendo assim bases da Geologia para aprimoramento da estatística simples, Justificando sua utilização em qualquer outra ciência” Também as principais variáveis da ciência agrária podem se apresentar de formas modificadas no espaço, como profundidade e permeabilidade dos solos ou áreas de escape de pragas, esta afirmação é ratificada por Barbosa, *et all I*(2012), ao afirmar que quando as variáveis espaciais são muito pequenas o manejo destas pode ser feito pela média simples, contudo, se estes atributos se distribuem de forma muito homogênea, faz-se necessário o manejo de forma variável, acarretando redução dos custos de produção.

#### ◦ **Semivariogramas**

Semi-Variâncias (Variâncias) e semi-variogramas (Variogramas) são erroneamente tratados como sinônimos, mas, como destacado Bottega e Queiroz (2003) Semi-Variâncias são as medidas do grau de dependência entre as variáveis, que estão sujeitas às distâncias entre os dados analisados. Os semi-variogramas são Gráficos das Semi-Variâncias em relação as distâncias entre as amostras. Grego, Rodrigues *et all* (2012) acrescentam que a partir de determinada distância a Semi-variância não aumentará mais, estabilizando-se num ponto onde são iguais aos valores das médias, a área do gráfico a partir deste ponto é chamada de *pattamar*; e o valor da semivariância na interseção do eixo Y tem o nome de “efeito peppita” e representa a variabilidade da propriedade em estudo em espaçamentos menores do que o amostrado.

Segundo Rosa (2003) o “efeito Peppita” é inversamente proporcional à dependência das amostras e destaca os modelos de Semi-Variogramas mais utilizados são os descritos baixo:

- Modelo Linear: este modelo não apresenta *Pattamar*, e é muito simples, sua

$$C = C_0 + C_1 \cdot h$$

curva pode ser representada por:

- Modelo Esférico: É um dos mais utilizados na análise de dados Geológicos e em outras situações. Tem a forma matemática dada pela fórmula

$$C_0 + C_1 \left[ 1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right],$$

- Modelo Exponencial: A curva segue a seguinte representação:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - e^{(-3h/a)}]$$

- Modelo Gaussiano:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - e^{(-3h^2/a^2)}]$$

#### ◦ **Krigagem.**

Segundo Andriotti (2002), a krigagem permite ao pesquisador estimar a real distância entre os valores atribuídos e os valores reais, ou seja permite avaliar a dimensão do erro existente, porém como o método de interpolação na avaliação de amostras só pode ser utilizado quando forem produzidos os Semivariogramas. Este modelo é descrito em Inglês como - *Best Linear Unbiased Estimator* – ou seja melhor estimador linear não enviesado indicando que o erro é mínimo. dentre as diversas vantagens associadas ao método de Kriger a maior é para geração e comparação de mapas de valores preditos .

Também, segundo Carvalho e Meurer (2011) O método de Krig é muito eficiente para a interpolação de dados de variáveis distribuídos de forma espacial, e por isso merece destaque pois, o mesmo utiliza o princípio da primeira lei da Geografia de Tobler, onde dados próximos possuem maior semelhança que pontos mais afastados.

Lima e Oliveira (2008) utilizando Geostatística e o método de Krigagem para analisar tendência e disposição de pontos com maiores resistência a penetração no solo

de trilhas de tratores de colheita florestal e obtenção dos mapas perceberam que os métodos geoestatísticos aplicados mostram-se viáveis para o estudo da variabilidade espacial.

Segundo Mello e Diniz 2009 o método de Krig utiliza as informações geradas no Semi-Variograma para localizar valores predefinidos associados na função de Z, localização esta que não foi previamente amostradas, porém, como LIMA e SOUZA (2010), destacam, é necessário cautela pois, o método de Krig é uma correlação entre as função modelada pelos pontos do Semi-Variograma e que o raio de dependência deste pontos são definidas pelo Alcance, então conclui-se que apenas toma-se observações dentro deste raio para a estimativa de locais não amostrados.

Lima e Silva (2006) enfatizam que os métodos mais usuais são a krigagem simples, krigagem ordinária e a Krigagem universal, onde a primeira é utilizada quando a média do processo é assumida como uma constante conhecida para cada localização da área, a segunda por sua vez, considera a média para cada localização da área e ultima permite que a média, desconhecida, seja diferente de uma localização e ainda existe a co-krigagem que consiste em empregar informações de co-variáveis para efetuar a predição de Z.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALVARENGA, Luiz, H; MELLO, José, M. **Desempenho da Estratificação no Fragmento de Cerrado Stricto Sensu Utilizando Interpolador Geoestatístico.** Lavras: Set 2010. 8. v.
- ALVINO, F. de O. **Influência do espaçamento e da cobertura do solo com leguminosas sobre o crescimento do *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke (paricá).** UFRA, 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA. Mar. 2006.
- ANDRIOTTI, José L S; Notas de Geoestatística. **Acta Geológica Lepoldênsia.** São Paulo- SP, v. 55 p 3 -14, 2002.
- BASTOS, E. A. et al. **Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos.** Engenharia Agrícola, v. 22, n. 01, p. 43-50, 2002
- BARBOSA, Carlos E M *et all.* Interrelação da Produtividade de Madeira do Pinus com Atributos Físicos Químicos de um Latossolo do Cerrado Brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa v.36, n.1, p.25-35, 2012.
- BOTEAGAE, Eduardo; QUEIROZ, Daniel M. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 1-9, jan-mar, 2013
- BORGES, L; KIEHL, J C; SOUZA, L S., Alteração De Propriedades Físicas E Atividade Microbiana De Um Latossolo Amarelo Álico Após O Cultivo Com Fruteiras Perenes E Mandioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 4, p 1019 a 1025, jun. 1999.
- BORTOLOZO, Fernando R; MORAES, Mario L. T; SÁ, Marco E. Determinação de parâmetros genéticos em população de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) através das características fisiológicas da semente Ananda Virgínia de Aguiar. **SCIENTIA FORESTALIS**, n. 60, p. 89-97, dez. 2001.
- CAMPOS, João C C; LEITE, Helio G. Crescimento, Produção e Mortalidade. In: \_\_\_\_\_, **Mensuração Florestal, Perguntas e Respostas.** 3 ed. Viçosa: UFV, 2009, p 290 – 312.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, v. 1, p. 1039, 2003.

- CARVALHO, Margarida M; et al. **Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em sub-bosque de Angico vermelho ( *Anadenanthera Macrocarpa*).** Pasturas Tropicales vol.17, abr. 1995
- CALDEIRA JUNIOR; et al. Capacidade de recuperação de área degradada pelo Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium Schott*) sob adubação com lodo de esgoto e silicato. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre: n. 1, p. 480- 482, jul. 2007.
- CAMPUS, Moacir A. A; UCHIDA, Toshihiro. Influência do Sombreamento no crescimento de mudas de 3 espécies amazônica. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília: v. 37, n. 3, p. 281 – 288, mar 2002
- FIGUEIREDO, M.F.M e VARELA, V. P; Aspectos Morfológicos de Frutos, Semente, Germinação e Plântulas de Duas Espécies Florestais da Amazônia. *Dinizia excelsa* Dukce (Angelin Pedra). E *Cedrelinga catenaeformis* DUCKE (Cedro Rana)– Leguminosae: Mimosoideae **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, nº 1, p.54-62, 2006
- FILIPINNI, José Maria, A: **uma Nova Chance Para a Agricultura de Precisão: A Variabilidade Espacial**. Piracicaba 2009 disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=22337&secao=Artigos%20Especiais> > Acessado em: 6 Abril 2013. A
- FILIPINNI, José Maria, A: **uma Nova Chance Para a Agricultura de Precisão: A Variabilidade Espacial**. Piracicaba 2009 disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=22337&secao=Artigos%20Especiais> > Acessado em: 6 Abril 2013. B
- GAMA, N. S. 1992. **Estudos ecofisiológicos em *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., (Leguminosae, Caesalpinoideae) na região semiárida do Estado de Alagoas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- GRECO Célia R; RODRIGUES, Cristina A G *et al. Variabilidade Espacial do Solo e da Biomassa Epígea de Pastagem, Identificada Por Meio de Geostatística*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p. 1404-1412, set. 2012 (A)
- GRECO Célia R; RODRIGUES, Cristina A G *et all. Variabilidade Espacial do Solo e da Biomassa Epígea de Pastagem, Identificada Por Meio de Geostatística*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p. 1404-1412, set. 2012 (B)
- GONÇALVES, Elzimar O; PAIVA, Haroldo N, Crescimento De Mudas De Angico-Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) Sob Diferentes Doses De macronutrientes. **Revista Árvore, Viçosa**: v. 32, n. 6, p. 1029-1040, ago 2008

- KANEGAE, Honório Jr, *et all.* Avaliação da Continuidade Espacial de Características Dendométricas em Diferentes Idades de Povoamentos Clonais de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa v. 31, n. 5, p 895 – 899, Abril 2007
- LEVINE, Daniel .M. et al. **Estatística: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. 811p.
- LIMA, Julião S; OLIVEIRA, Paulo C. *Et all.* Métodos Geoestatísticos no estudo da Resistência do Solo à Penetração em Trilha de Tráfego de Tratores na Colheita de Madeiras. **Revista Árvore**, Viçosa n.5, p.931- 938 Agosto 2008.
- \_\_\_\_\_; SILVA, José T O. Estudo da Viabilidade de Métodos Geoestatísticos na Mensuração da Variabilidade Espacial da Dureza da Madeira de Parajú (*Manilkara* sp). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.651-657, 2006
- \_\_\_\_\_; SOUZA, Gustavo S. Amostragem e variabilidade Espacial de Atributos Químicos do Solo em Áreas de Vegetação Natural em Regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.127-136, 2010.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002 v.1, 3 ed. Pag 2
- \_\_\_\_\_. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002 v.1, 3 ed. Pag 174
- MARTINS, Fernando P; Jose Jr, Mário J. **Influência Do Espaçamento Na Produtividade Da Amora-Preta, Cv. Ébano, Em Jundiáí**. Campinas, jun.1999 2. v
- MELLO, José M; DINIZ Frederico S. Continuidade Espacial para Características dendrométricas (Número de Fustes e Volumes em Plantios de *Eucalyptus grandis*1. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.185-194, 2009.
- MELLO, José. M.; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. F.; RIBEIRO Júnior, P. J. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 113-126, 2005.
- MELLO, José. M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal. 2004**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

- MIRANDA, Maria J A C; NANHUZ, Marcio A R. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna Smith* nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **SCIENTIA FORESTALIS**. Viçosa: n. 55, p. 107-116, jun. 1999
- NUNES, Crispiniano C S. **Sobrevivência E Crescimento Inicial De Quatro Espécies arbóreas Nativas Cultivadas Em Solos Degradados**. Cruz das Almas: 2010. 74 p. Dissertação ( Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais) Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
- OLIVEIRA, Tadário K; MACEDO, Renato L G, et al. Produtividade De *Brachiaria Brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) *Stapf Cv. Marandu* Sob Diferentes Arranjos Estruturais De Sistema Agrossilvipastoril Com Eucalipto. **CIÊNCIA AGROTECNICA**. Lavras, v. 31, n. 3, p. 748-757, maio. 2007.
- RONDON, Eliazel V. **Produção de Biomassa e crescimento de Árvores de Schizolobium amazonicum (Huber) Ducke Sob Diferentes espaçamentos na Região de Mata**. Revista Árvore; Sociedade de Investigações Florestais. Viçosa: v. 26, n. 5, p. 573-576, Nov 2002
- SIMÕES, J.W.; BRANDI, R.M.; MALINOVSKY, J.R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília: IBDF/PNUD/FAO, 1976. 74p
- SOUZA, Sonia M; LIMA, Paulo C.F. Maturação De Sementes De Angico (*Anadenanthera Macrocarpa (Benth) Brenan*). **Revista Brasileira de Sementes**, Petrolina: vol. 7, n. 2, p. 93-100, abr. 1985.
- SALLES, Thiago T; LEITE, Helio G; OLIVEIRA NETO, Silvio N. et al Modelo de Clutter na modelagem de crescimento e produção de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília: v. 47, n. 2, p. 253-260, fev. 2012.
- THOMAS, Cláudio; MARTINS, César A. **Comparação De Equações volumétricas Ajustadas Com Dados De Cubagem E Análise De Tronco**. Santa Maria: 2006 Disponível em : <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/534/53416307/53416307.html>> Acesso em: 20 mai. 2012.
- VALERA, Feraanado P; KAGEYAMA, Paulo Y. Interação **Genótipo X Espaçamento Em Progenies De Eucalyptus Saligna Smith**. Piracicaba: ago.1988. 1. V.

- VITAL, M. H. F; *et all.* Florestas Independentes No Brasil **Produtos Florestais** Rio de Janeiro, n. 29, p. 77-130, mar. 2009
- YUYAMA, Karou C; WANDERS F. **Efeito Da Densidade De Plantas E Da Adubação Npk Na Produção Inicial De Palmito De Pupunheira.** Manaus: jan 2005 3 v.
- ROSA, Gilmar. **Avaliando a Qualidade dos Estimadores de Variograma (Variograma Experimental) e do Método de Mínimos Quadrados Ponderados para Estimação dos Parâmetros do Modelo de Variograma Teórico do Processo.** Piracicaba: 2003 Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de concentração) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SILVA, Lucia M.B; BARBOSA, Dilosa C A. **Crescimento E Sobrevivência De *Anadenanthera Macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosae), Em Uma Área De Caatinga, Alagoinha, PE.** Recife: Abr. 2000. 2. Ed.
- STÜRMER, Leandro K; Rossato, Otavio B. et al. variações nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, n. 2, p. 241-250, abr.-jun., 2011.

## CAPÍTULO I

### **Avaliação do crescimento das espécies *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) sob diferentes espaçamentos**

#### **RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivos avaliar o crescimento em diâmetro e altura das espécies *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) sob diferentes espaçamentos. A pesquisa foi conduzida no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia. O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos, constituídos pelos espaçamentos 6,0 x 1,5 m; 6,0 x 2,0 m; 6,0 x 2,5 m e 6,0 x 3,0 m. Foram avaliadas a sobrevivência, o diâmetro à altura do solo (DNS) e a altura total (Ht), aos 3, 4 e 5 anos de idade. As espécies estudadas não apresentaram diferença significativa entre as médias da sobrevivência, altura e diâmetro nos períodos avaliados, exceto para a interação idade x tratamento para diâmetro do angico vermelho. Isso indica que os espaçamentos podem estar influenciando no crescimento dos diâmetros a altura do solo para o angico vermelho.

**CHAPTER I**  
**USE OF AVERAGE TEST FOR ASSESSING THE INFLUENCE OF SPACING ON**  
**THE DEVELOPMENT OF TWO NATIVE SPECIES, *Astronium fraxinifolium***  
**(GONÇALO ALVES) And *Anadenanthera macrocarpa* (angico red).**

**ABSTRAC**

Spacing is one of the most important decisions and harder to forester, because such a decision will directly influence the quality and cost of the final product and in making future decisions, such as thinning and mechanization of activities, so it takes great care to select the initial spacing. To evaluate the influence of spacing on the development of species *Astronium fraxinifolium* (Goncalo Alves) and *Anadenanthera macrocarpa* (angico red) We used statistical design was a randomized block with four replications and four treatments (spacing). The seedlings were grown by the method of sowing and transplanted at spaced 6.0 x 1.5 m, 6.0 x 2.0m, 6.0 x 2.5m, 6.0 x 3.0m. We evaluated the survival, diameter at ground height (DNS) and total height (HT), at 3, 4 and 5 years of age were compared by Tukey test at 5% significance, The evaluations were performed at 3, 4 and 5 years old. The species studied showed no significant difference between the means of survival, height and diameter in different periods evaluated, presenting significant interaction only for Diameter angico Red, showing that the spacing only influenced the development of the Diameter Height of soil due angico Red time.

## INTRODUÇÃO

O equilíbrio entre oferta e demanda de madeira no país é questão de grande importância para a economia e a ecologia brasileiras. Ao mesmo tempo em que a relação entre oferta e demanda determina o preço da madeira, afetando diretamente a competitividade de uma gama de indústrias, também é fator-chave para a redução do desmatamento das matas nativas dos diferentes biomas nacionais.

Segundo Levine (2000) estatística descritiva é um conjunto de métodos utilizado na descrição do comportamento de determinadas variáveis em um grupo de dados, que permitem sistematizar, e analisar os dados de determinados estudos, porém Bastos(2000) entende que a estatística descritiva é apenas a etapa inicial da análise utilizada para descrever e resumir grandes quantidades de dados

O espaçamento causa grande interferência nas não só nas características quantitativas como também nas características qualitativas, influenciando de forma bastante significativa no seu crescimento das árvores principalmente no diâmetro, independente de suas características genéticas. Segundo Gama (1992) o espaçamento de um plantio é a principal tomada de decisão, pois afetam a formação das florestas, seus tratos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e conseqüentemente, os custos de produção (Simões et al., 1976). Portanto, de grande importância para o desenvolvimento das árvores sob os aspectos tecnológico, silvicultural e econômico.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento em diâmetro e altura das espécies *Astronium fraxinifolium* e *Anadenanthera macrocarpa* sob diferentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia ( $12^{\circ}40'19''$  latitude sul e  $39^{\circ}06'23''$  de longitude oeste de Greenwich e com altitude média de 220 m), Cruz das Almas, Bahia.

O clima da região segundo Koppen é classificado como sendo do tipo tropical quente e úmido. O solo é classificado como Latossolo Amarelo Álico Coeso, de textura argilosa e relevo plano. A precipitação média é de 1.224 mm por ano, a temperatura média anual de  $24,5^{\circ}$  C e a umidade relativa do ar de aproximadamente 82% sendo que o trimestre mais chuvoso ocorre nos meses de maio-junho-julho e; A temperatura é influenciada, principalmente, pela sua baixa altitude e proximidade do litoral. Os meses mais quentes são os de verão e outono, com a média mais alta ocorrendo nos meses de janeiro e fevereiro. A amplitude térmica média anual é pequena, em torno de 4,3 (Almeida 2000)

O ensaio foi implantado com mudas produzidas, no viveiro do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, pelo método de semeadura direta em sacos plásticos de 15 x 28 cm contendo substrato de terra vegetal (80%), esterco de curral (20%) e 4,5 kg de fertilizante NPK 4-14-8 mais micronutrientes (fritas), por metro cúbico do composto. Não se tem controle sobre a procedência das sementes utilizadas para a produção das mudas.

No preparo do solo foram feitas capinas manuais nas linhas de plantio para eliminar a vegetação rasteira e facilitar abertura de covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 metros, visando o mínimo de revolvimento do solo.

O controle de formigas foi monitorado periodicamente na área e com eventual aplicação de formicida granulado e em pó. As plantas invasoras foram controladas com três capinas manuais nas linhas de plantio e três gradagens entre e ao redor dos blocos.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) e dividido em quatro blocos com quatro tratamentos sendo eles, espaçamento de 6x1,5m 6x2m, 6x2,5m e 6x3m com quatro repetições cada, num esquema de parcelas subdivididas. Obtenção dos dados

Para a verificação da influência dos tratamentos foram estudadas as variáveis diâmetro a altura do solo (DAS) e altura total (Ht)

Para diminuir os erros de medições causados pela forma do tronco da árvore foram realizadas duas medições perpendiculares do diâmetro a altura do solo (DAS) de cada árvore com uma suta e obteve a média aritmética aos 3 e 4 e 5 anos.

Foi estimado o diâmetro médio quadrático ao nível do solo que expressa a média da população florestal, conforme expressão:

onde: *DAP* é diâmetro a 1,30 m ao nível do solo; *n*: número de árvores medidas nas parcelas; *Dg*: diâmetro médio quadrático.

As alturas total (*Ht*) foram medias através de fita métrica para árvores com altura máxima de 2,5 metros e para árvores maiores foram realizadas medições com clinómetro, a altura total foi considerada desde a base do solo até o galho mais alto das amostras. De posse da altura total de cada árvore considerou a média aritmética das alturas de cada tratamento. Para avaliação da sobrevivência (*SOB*) foi feita contagem de árvores remanescentes em cada parcela, e dividida pelo número de árvores implantadas no campo, conforme a fórmula a baixo:

$$D_g = \sqrt{\frac{\sum DAS^2}{n}}$$

As alturas total (*Ht*) foram medias através de fita métrica para árvores com altura máxima de 2,5 metros e para árvores maiores foram realizadas medições com clinômetro, a altura total foi considerada desde a base do solo até o galho mais alto das amostras. De posse da altura total de cada árvore considerou a média aritmética das alturas de cada tratamento. Para avaliação da sobrevivência (*SOB*) foi feita contagem de árvores remanescentes em cada parcela, e dividida pelo número de árvores por tratamento.

Os dados de sobrevivência, diâmetro do tronco à altura do solo (*DAS*) e altura total (*Ht*), aos 3, 4 e 5 anos foram submetidos aos testes estatísticos de Lilliefors e Cochran a 5% de significância para verificar a distribuição normal e homocedasticidade, respectivamente. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância.

O teste de Cochran indicou que os dados de *DAS*, *Ht* e *SOB* das espécies apresentou distribuição homogênea. O teste de Lilliefors indicou que o diâmetro a altura do solo do gonçalo-alves e da sobrevivência do angico vermelho não apresentam normalidade. Para essas variáveis utilizou-se transformação logarítmica para o diâmetro e a transformação arco-seno para sobrevivência.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos quadrados médios da sobrevivência (SOB), diâmetro quadrático à altura do solo (DAS) e altura total (Ht) estão apresentados (Tabela 1). Observam-se valores médios não significativos ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas. O DAS teve a interação espaçamento x idade significativa (Tabela 1).

**Tabela 1 - Análise de variância da sobrevivência, Diâmetro à Altura do Solo e Altura Total da espécie *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) cultivado no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2013**

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		SOB	DAS	HT
Bloco	3	0,407*	22,121*	1,290 <sup>ns</sup>
Espaçamento (a)	3	0,022 <sup>ns</sup>	8,920 <sup>ns</sup>	0,104 <sup>ns</sup>
Residuo (a)	9	0,063	5,205	0,512
Idade(b)	2	0,007 <sup>ns</sup>	96,930**	5,082**
axb	6	5,782 <sup>ns</sup>	1,139*	0,009 <sup>ns</sup>
Residuo (b)	24	7,228	0,424	0,018
Média geral		76,470	8,951	3,213
CV (a)		23,700	25,470	22,272
CV (b)		0,001	7,280	4,273

\*\*e\* significativo a 1 e 5% , respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo a 5%

O angico vermelho apresentou crescimento aos cinco anos de 3,77m de altura total e diâmetro de 11,0 cm. A sobrevivência foi de (73%). Esses resultados indicam que espécie *Anadenanthera macrocarpa* apresenta bom desenvolvimento com potencial de ser recomendada para produção madeireira e recuperação de solos degradados. De acordo Sugai *et al* (2010) o angico vermelho possuem uma eficiente colonização de micorrizas que resulta em benefícios para crescimento, independentemente do tipo de solo.

Na Tabela 2, observam-se as médias do diâmetro á altura do solo das plantas do angico vermelho.

**Tabela 2-Comparação das médias de Diâmetro à Altura do Solo (DAS), da espécie *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) em diferentes anos, cultivadas no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2013.**

Tratamento	diâmetro à altura do solo		
	3 anos	4 anos	5 anos
6,0 x 1,5	6,17 a	7,96 a	10,07 a
6,0 x 2,0	6,21 a	8,50 ab	10,82 ab
6,0 x 2,5	6,78 a	9,24 bc	11,55 b
6,0 x 3,0	6,85 a	10,02 c	13,26 c

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Na Tabela 2 verificou-se que não teve diferença significativa entre tratamentos aos 3 anos. As médias de DAS diferem entre si para com aumento das idades. Isso indica início de ocorrência de competição entre plantas. De acordo com Brasil e Ferreira (1971), espaçamentos mais adensados influenciam a morfologia das árvores e crescimento em diâmetro, independente das características genéticas da planta.

Os valores dos quadrados médios da sobrevivência (SOB), diâmetro quadrático à altura do solo (DAS) e altura total (Ht) do gonçalo-alves estão apresentados (Tabela 3). Observam-se valores médios não significativos ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas. O DAS e Ht apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para idade (Tabela 3).

**Tabela 3 - Análise de variância da sobrevivência, diâmetro à altura do solo e altura total da espécie *Axtronium Flaxinifolium* (Gonçalo Alves) cultivado no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2013**

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		SOB	DAS	H
Bloco	3	0,004 <sup>ns</sup>	0528*	1,635*
Espaçamento (a)	3	0,033 <sup>ns</sup>	0,033 <sup>ns</sup>	0,212 <sup>ns</sup>
Residuo (a)	9	0,062	0,133	0,188
Idade(b)	2	0,001 <sup>ns</sup>	1,213**	1,559**
Axb	6	1,156 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Residuo (b)	24	2,891	0,004	0,006
Média geral		95,871	7,194	14,260
CV% (a)		16,590	27,480	2,650
CV% (b)		0,001	5,590	1,733

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

O gonçalo-alves apresenta 96,0% de sobrevivência, indicando potencial para uso em programas de reflorestamento, tendo em vista que, espécies florestais nativas que apresentam taxa de sobrevivência superior a 75% são recomendadas para programas de reflorestamento Knowles e Parrotta (1995). A elevada taxa de sobrevivência indica o potencial de adaptação ecológica nas condições edafocológicas de cultivo.

## **CONCLUSÃO**

As espécies estudadas apresentam potencial de crescimento em diâmetro e altura e adaptação ecológica nas condições edafoclimáticas de cultivo

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BRASIL, M.A.M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *E. alba* Reinw, *E. Saligna* Smith e *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e espaçamento. **IPEF**, n.2/3, p.129-149, 1971.
- KNOWLES, O. H. e PARROTTA, J. A. Amazon forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. *Commonwealth Forest Review* v. 74, n. 3, p. 230-243, 1995.
- MENANDRO, Marcus, S. EFICIÊNCIA DA REPICAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE LOURO (*Cordia trichotoma* VELL.) E GONÇALO-ALVES (*Astronium fraxinifolium* SCHOTT) IPEF; Belo Horizonte-mg n.37, p.69-72, dez.1987
- SUGAI, Maria A. A; COLLIER, Leonardo S; SAGGIN Jr, José O. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. *Solos e Nutrição de Planta*, Campinas: n. 2, p. 416-423, out. 2011.

## CAPÍTULO II

### **DETERMINAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO DIÂMETRO E ALTURA DAS ESPÉCIES *Astronium fraxinifolium* (GONÇALO ALVES) E *Anadenanthera macrocarpa* (ANGICO VERMELHO) SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

#### **RESUMO**

Ao contrário da estatística convencional, a Geoestatística descreve a correlação espacial entre as unidades amostrais, possibilitando a geração de mapas que evidenciam a diferenciação que ocorre entre as variáveis de estudo com relação a sua posição. Para se verificar a variabilidade espacial do diâmetro à altura do solo (DAS) e a altura total (Ht) das espécies *Astronium fraxinifolium* (Gonçalo Alves) e *Anadenanthera macrocarpa* (Angico Vermelho) sob diferentes espaçamentos aos 3, 4 e 5 anos, foram georreferenciados os indivíduos por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) geodésico e estimados os valores da altura total (Ht) e do diâmetro à altura do solo (DAS). De posse desses dados e utilizando o *software* Gs+ foram elaborados os semivariogramas, para ajustá-los, no entanto, foi utilizado o modelo exponencial e através de interpoladores foram elaborados os mapas de Krigagem. A partir dos semivariogramas e mapas de Krigagem obtidos, pode-se observar a existência, ou não, da variabilidade espacial nos blocos, com isso percebeu-se que a variabilidade espacial do DAS e HT aumenta com o aumento da idade.

**CHAPTER II - ESPAÇAMENTOS GEOESTATÍSTICA DIFFERENT IN DETERMINING THE SPATIAL VARIABILITY OF THE DIAMETER AND HEIGHT OF SPECIES *Astronium fraxinifolium* (GONÇALO ALVES) And *Anadenanthera macrocarpa* (angico RED) UNDER DIFFERENT SPACING**

**ABSTRACT**

Unlike the conventional statistics, geostatistics to describe the spatial correlation between the sampling units, allowing the generation of maps that show the differentiation that occurs between the study variables with respect to its position. To verify the spatial variability of the diameter at ground height (DAS) and total height (Ht) species *Astronium fraxinifolium* (Goncalo Alves) and *Anadenanthera macrocarpa* (Red angico) under different spacings at 3, 4 and 5 years, were the georeferenciados individuals through Posicionamento System (GPS) geodetic and estimated values of the total height (Ht) and diameter at ground level (DAS). With these data and using the software + Gs were prepared semivariogram, to set them, however, was used Medelo exponential and through interpolation maps were prepared Kriging. From the semivariogram and kriging maps obtained, one can observe the existência or not the variabilidde space in blocks, it was realized that the spatial variability of the DAS and HT increases with increasing age..

## INTRODUÇÃO

Para promover a otimização do uso dos recursos florestais é fundamental conhecê-los, quantificá-los e monitorá-los de maneira adequada. Isso só é possível utilizando técnicas de amostragem que permitem a obtenção de informações confiáveis com custos oportunos, onde o monitoramento dos recursos é realizado por uma amostra representativa da população (MELLO et al., 2009)

A estatística clássica tem como principal fundamento o entendimento de que as parcelas são unidades independentes entre si, diferentemente da Geoestatística que entende que os valores apresentados em cada parcela são resultados da interação da sua localização no espaço

As estatísticas descritivas tradicionais que normalmente são aplicados ao inventário florestal e que tem como base a média e a variância para fundamentar uma variável que levam em consideração a correlação entre pontos vizinhos e com isso pode não determinar suficientemente as relações que existem entre as unidades amostrais . Ao contrario da estatística descritiva Geoestatística, descreve a autocorrelação espacial entre as unidades amostrais, possibilitando a geração de mapas com diferentes classes de produtividade sem viés estatístico, surgindo assim como grande aliada para aumentar a precisão nos inventários florestais (MELLO, 2004).

O objetivo do presente Capítulo foi determinar a variabilidade espacial do diâmetro à altura do solo (DAS) e altura total (Ht) de duas espécies lenhosas, *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) e *Astronium fraxinifolium* (Gonçalo Alves) sob diferentes espaçamentos.

## MATERIAL E MÉTODO

Para o Georreferenciamento dos indivíduos foi utilizado o Sistema de Posicionamento Global (GPS) do tipo Geodésico, no qual foi marcado a Coordenada do perímetro da área (*Po*) e transformada em coordenadas UTM. Com auxílio de fita mediu-se a distância das demais árvores ao perímetro e com o auxílio do software Auto-Cad subtraiu-se as medidas das distâncias das árvores em relação ao perímetro, encontrando, assim, as coordenadas UTM de todas as árvores formando uma malha amostral com 768 pontos. Utilizou-se a informação da coordenada (latitude, longitude) do indivíduo e o valor de suas variáveis, desta forma, em cada ponto de amostragem obteve-se o valor da altura total e diâmetro à altura do solo de

todos os pontos, inclusive nos pontos onde as árvores estavam mortas, atribuindo-se para estas valores de HT e DAS igual a zero.

A dependência espacial das amostras foram estudadas através de técnicas da Geoestatística com fundamento nas pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca, onde a Semi-Variância da diferença é influenciada somente pela da distância entre as amostras. Para realizar as análises dos Semi-Variogramas, foi utilizado o *software* Software especializado, GS+ (ROBERTSON, 1998). As Semi-Variâncias obtidas em razão da da distância entre os pontos foram encontradas por meio da seguinte equação:

$$g^*(h) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} (Z(x_i) - Z(x_{i+h}))^2$$

Onde  $N$  é o número de pares experimentais;  $Z(x_i)$  é o valor determinado de cada ponto ; e  $Z(x_{i+h})$  é o valor de um ponto somado uma distância num ponto mais uma distância ( $h$ ). O gráfico de gama asterisco ( $g^*$ ) em função da distância ( $h$ ) é denominado Semi-Variograma

O Semivariograma foi utilizado para se modelar a estrutura de variabilidade do presente estudo, tendo como resultados valores dispostos no mesmo em forma de pares de Semi-Variância e Distâncias arranjados em um gráfico da relação semi-Variância ( $y$ ) em relação à Distância ( $x$ ). Para propriedades com alta dependências entre os dados estima-se que os valores de  $Z(x_1) - Z(x_2)$  seja crescente em relação à distância até um determinado ponto, a partir deste ponto ocorrerá um estabilização que é conhecida como *pattamar*, este ponto possui a peculiaridade de apresentar Semi-Variância aproximadamente a variância dos dados. A distância do Eixo ( $y$ ) até o Ponto de *Pattamar* é conhecido como Alcance e representa o raio da área onde os valores são parecidos chegando a se correlacionar, e como apontado por Grego, Rodrigues *et all* (2012) o ponto onde a curva corta o eixo ( $y$ ) é chamado de efeito *Peppita* (Co). Este ponto representa onde a variabilidade da área é menor que os espaçamentos utilizados, assim quanto maior o efeito *peppita* menor a variabilidade espacial da área em questão. O modelo de semivariograma utilizado foi o exponencial. Farias e Nociti (2003)

Outro Parâmetro determinado pelo semivariograma foi o alcance, que indica o raio da área onde as variáveis em estudo possuem dependência espacial. Esse parâmetro permite a determinação de valores para espaçamentos menores que o próprio alcance pois as amostras possuem correlação entre si.

Para diminuir o efeito *Peppita*, ponto onde a curva se encontra com o eixo ( $y_0$ ), causando uma descontinuidade na origem, os semivariogramas foram escalonados, causando uma melhor compreensão das comparações entre os semivariogramas.

Com o interesse em conseguir maior precisão em detalhes do Semi-Variabilidade da amostras do estudo foi realizado o detalhamento da área, e este ultrapassou o permitido pela amostra, fazendo-se necessário o uso de interpoladores colhidos na literatura que melhor se adaptaram ao presente estudo possibilitando estimar valores para qualquer ponto de ( $x_0$ ) onde não se tem valores medidos.

A análises geoestatística foram realizadas para os quatro blocos do estudo (bloco I, II, III e IV) e diferenciaram em função dos tratamentos (6x1,5 m; 6x2,0m 5x2,5m e 6x3,0 m) e em função das duas espécies estudadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 4 estão relacionados os valores da Geoestatística para o diâmetro à altura do solo (DAS) aos 3, 4 e 5 anos para *Anadenanthera macrocarpa*.

**Tabela 4 - Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para os diâmetros à altura do solo (DAS) para *Anadenanthera macrocarpa* (Angico Vermelho) nos diferentes Blocos aos 3, 4 e 5 anos**

Bloco	Ano	SS(1)	R <sup>2</sup> (2)	IDE (%) (3)	Co(4)	Co+c(5)	Alcance (m)
1	5	116	0,72	86	5,6	40,4	2,4
	4	49,6	0,67	88	3,2	26,6	0,2
	3	10,4	0,72	50	7,0	14,0	4,7
2	5	116	0,72	86	5,6	40,4	2,4
	4	62,1	0,35	92	1,9	25,2	1,2
	3	12,9	0,50	92	1,24	14,6	1,4
3	5	88,4	0,70	93	5,6	40,4	7,4
	4	48,2	0,33	92	2,8	35,2	3,7
	3*	6,52	0,09	91	0,9	10,3	0,7
4	5	57,5	0,97	83	3,8	23,2	0,9
	4*	26,8	0,00	83	2,7	15,4	0,0
	3*	10,5	0,00	83	1,4	8,3	0,0

(\*) Peppita Puro (2) Coeficiente de determinação; (3) Índice de dependência espacial; (4) Efeito pepita (5) Patamar;

O modelo Exponencial não foi apropriado para o bloco I, ano 4; bloco III, ano 3 e bloco IV, anos 3 e 4 pois, segundo Guimarães (2004), para o modelo se apresentar de forma apropriada, o alcance do semivariograma tem que ter valor maior que a metade da menor distância observada no presente estudo, e esta foi de 1,5m (tabela 6). Os valores de R<sup>2</sup> ratificam esta observação, já que quando o R<sup>2</sup> é mais próximo de 1, evidenciam-se os melhores valores estimados da variabilidade espacial, e com isto os melhores ajustes.

Os R<sup>2</sup> são os coeficientes de determinação da regressão e variam entre 0 e 1, devendo estar sempre próximo de 1 para serem considerados modelos bem ajustados, indicando uma inclinação da reta próxima de 45°.

O blocos IV, aos 3 e 5 anos e o bloco III, aos 3 anos apresentaram um efeito raro, conhecido como “Efeito Peppita Puro”, este indica que a distribuição espacial do atributo na área de estudo é homogênea ou aleatória (GUIMARÃES, 2004), visto que o padrão esperado é uma semivariância maior nas menores distâncias e crescimento conforme diminuição das mesmas. Quando os dados não se comportam desta maneira, temos o efeito supracitado, desta

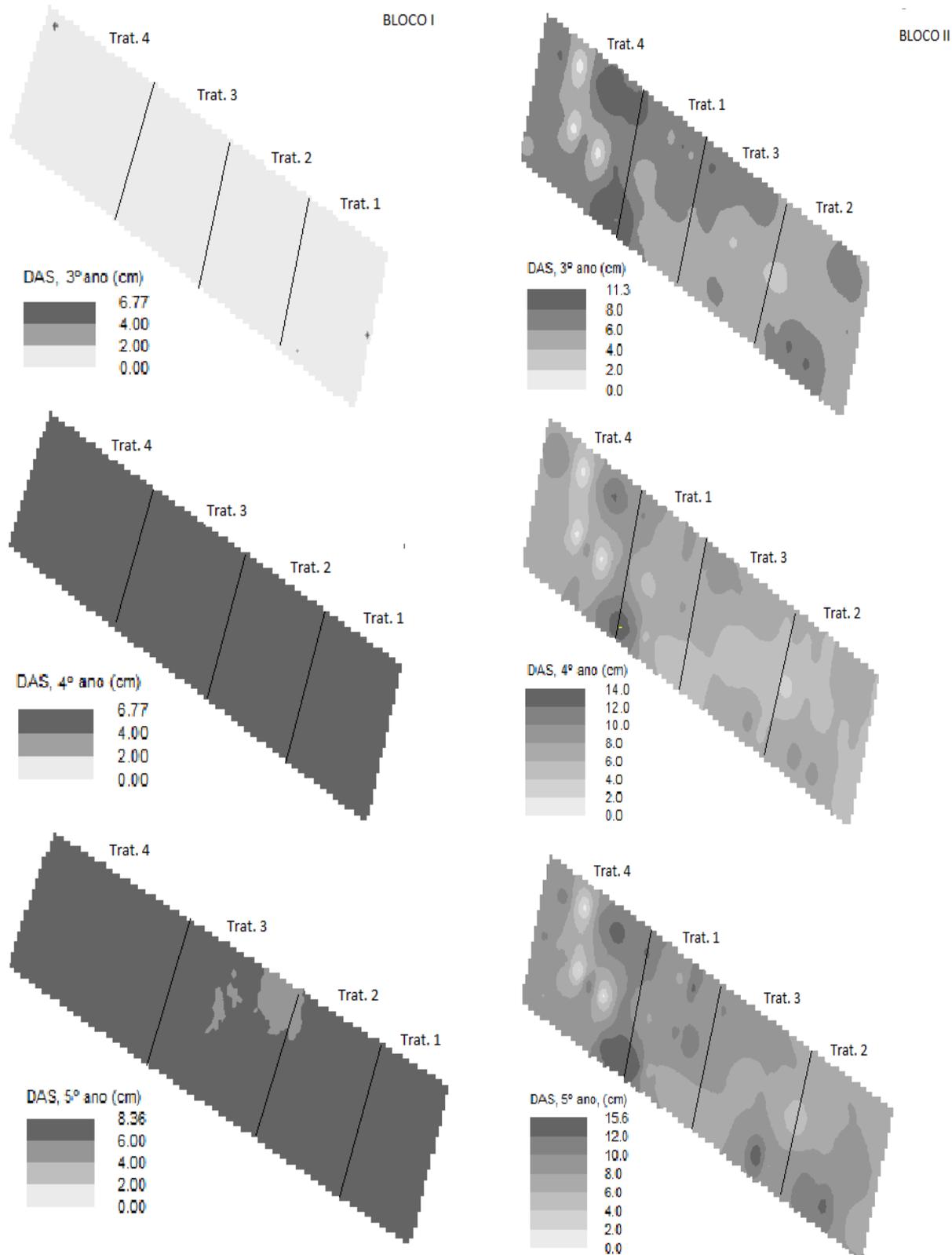
forma, mesmo que o IDE seja alto, os mapas gerados não terão precisão, e isso se refletirá no  $R^2$ , que no caso desses blocos, apresentou valores iguais ou muito próximos de zero, assim, os mapas gerados para estes dados não possuem valor algum.

O maior alcance foi observado para o Bloco I, ao 3º ano (4,7m), evidenciando uma melhor estimativa da precisão da variabilidade espacial. Tais resultados revelam que este bloco apresentou maiores variações espaciais para o diâmetro à altura do solo, refletindo diretamente no coeficiente de determinação dos valores das variáveis citadas.

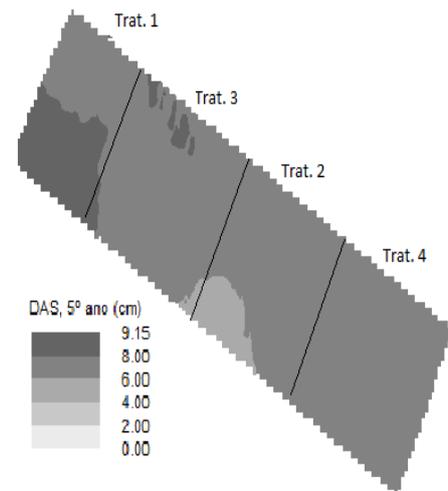
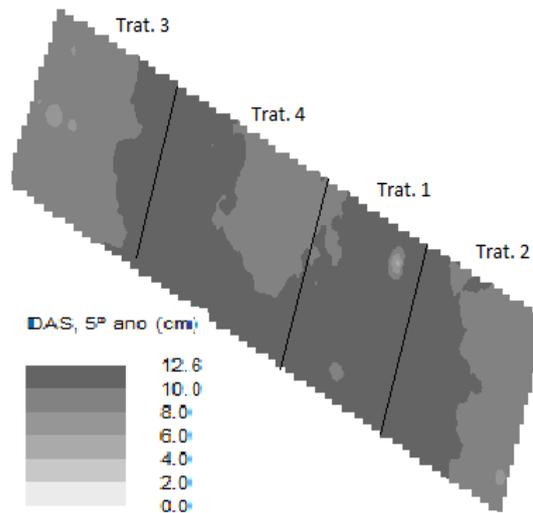
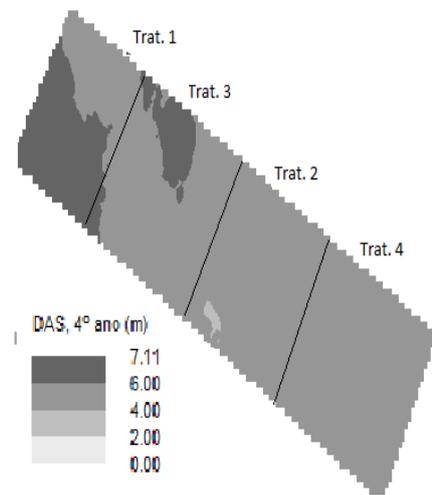
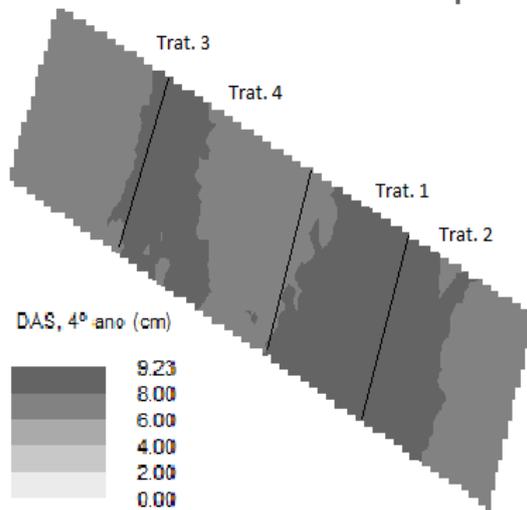
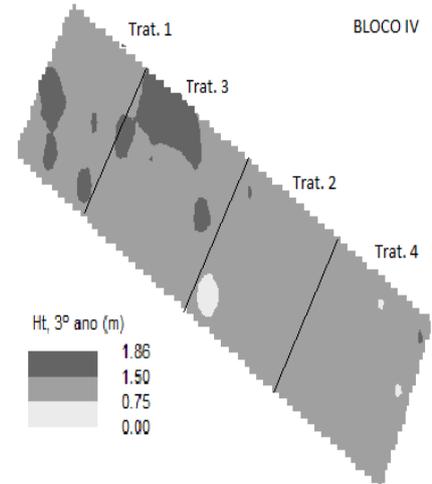
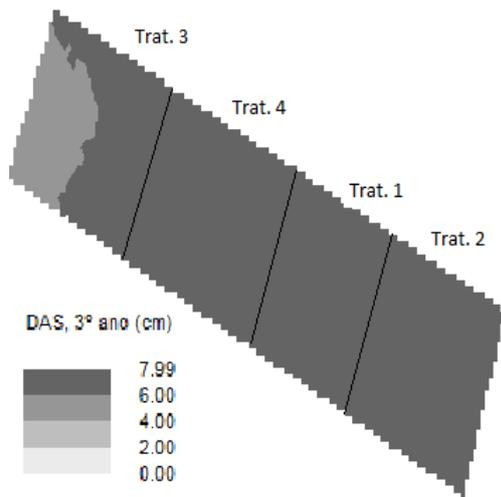
Os resultados evidenciaram a possibilidade de se utilizar o processo de krigagem, nos diferentes períodos, para cada bloco, exceto para aqueles que apresentaram “Efeito Pepita Puro” a fim de se estabelecer vínculo com o espaçamento, propiciando melhor captação da variabilidade espacial das características experimentais.

O aumento da idade proporcionou um aumento nas variações espaciais dos DAS, tendo em vista que a competição intraespecífica atua de forma insignificante nas menores idades, fato explicado por Baloni & Simões (1980), que afirmam que os espaçamentos podem afetar o desenvolvimento da planta comprometendo a produção final, especialmente em espécies de árvore de rápido crescimento. Esses mesmos espaçamentos, quando inadequados, podem acarretar uma acentuação dos danos causados pela deficiência hídrica, de luz, nutrientes e espaço devido à grande competição intraespecífica, causando um maior número de árvores dominadas e com isso, grande variabilidade espacial dos DAS. Desta forma foi possível observar que os maiores valores de diâmetro ocorreram no tratamento IV, principalmente no quinto ano, tendo em vista que a competição intraespecífica torna-se maior com a idade, gerando maior variabilidade espacial e indicando que o tratamento influenciou no desenvolvimento do diâmetro para o Angico Vermelho.

A fim de se avaliar a evolução da variabilidade espacial com os anos, foi utilizado amplitudes de classes iguais para todos os anos, o que causou a não detecção de variabilidades muito pequenas (Figuras 1, 2, 3 e 4).



**Figura 1- Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo *Anadenanthera macrocarpa*; Blocos I aos 36, 48 e 60 meses** **Figura 2 -Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo *Anadenanthera macrocarpa*; Blocos II aos 36, 48 e 60 meses**



**Figura 3-** Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo *Anadenantera macrocarpa*; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos

**Figura 4-** Mapas de distribuição espacial dos Diâmetro à Altura do Solo *Anadenantera macrocarpa*; Blocos IV aos 3, 4 e 5 anos

Na tabela 5 estão relacionados os valores da Geoestatística para a Altura total (Ht) da espécie *Anadenanthera macrocarpa* aos 3, 4 e 5 anos para *Anadenanthera macrocarpa*.

**Tabela 5-Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para a Altura Total (Ht) para *Anadenanthera macrocarpa* (Angico Vermelho) nos diferentes Blocos aos 3, 4 e 5 anos**

Bloco	Ano	SS(1)	R <sup>2</sup> (2)	IDE (%) (3)	Co(4)	Co+c(5)	Alcance (m)
1	5	0,94	0,73	50	1,98	3,93	7,61
	4	0,61	0,71	50	1,55	3,11	8,05
	3	0,46	0,58	50	1,03	2,06	5,82
2	5*	1,13	0,04	93	0,20	2,81	0,73
	4	0,68	0,13	95	0,17	2,37	0,96
	3	0,39	1,72	1	0,00	1,88	2,78
3	5	0,79	0,15	90	0,39	3,97	0,70
	4	0,45	0,13	90	1,36	22,3	0,70
	3	0,14	0,15	91	0,93	10,3	0,70
4	5	0,58	1,59	87	1,98	3,96	7,61
	4*	0,34	0,03	86	0,27	1,92	0,77
	3*	0,24	0,01	85	1,40	8,33	0,00

(2)Coeficiente de determinação; (3)Índice de dependência espacial; (4)Efeito pepita (5)Patamar.

Nesse caso o modelo Exponencial também não foi apropriado para o bloco II, ano 1, todos os anos do bloco III e bloco IV, anos 3 e 4 (tabela 7), pois, como foi mencionado anteriormente, para o modelo se apresentar de forma apropriada, torna-se necessário que o alcance do semivariograma tenha valor maior que a metade da menor distância observada no estudo, distância essa de 1,5m. Os valores de R<sup>2</sup> também se apresentaram muito próximos de zero.

Os bloco II, 5 ano e IV, aos anos 3 e 4, também apresentaram “Efeito Peppita Puro”, indicando que a HT do Angico Vermelho varia de forma aleatória, logo os mapas gerados para estes dados também não possuem valor algum.

Assim como para o DAS o maior alcance foi observado para o bloco 1, ao 4 ano (8,5m), evidenciando melhor estimativa da precisão da variabilidade espacial. Estes resultados revelam que este bloco apresentou maiores variações espaciais para altura total, fato refletido diretamente no coeficiente de determinação dos valores da variável citada.

Os resultados evidenciaram a possibilidade de se utilizar, assim como citado nos diâmetros anteriores, o processo de krigagem nos diferentes períodos para cada bloco, exceto

para aqueles que apresentaram “Efeito Peppita Puro”, a fim de se estabelecer vínculo com o espaçamento e propiciar melhor captação da variabilidade espacial das características do experimento (Figuras 5, 6, 7 e 8).

O aumento da idade também proporcionou aumento nas variações espaciais, fato este que pode ser explicado, possivelmente, pela variabilidade genética, pois a competição intraespecífica interfere de forma insignificante no crescimento e altura das espécies estudadas. Leles *et. Al.* (2001) obtiveram resultados próximos em seu estudo, onde árvores Eucaliptos camaldulenses plantadas de forma adensadas apresentaram altura pouco inferior às que foram plantadas em espaçamentos menos adensados, porém a diferença de altura foram bastantes reduzidas se comparadas ao crescimento em diâmetro, que apresentou maiores valores, nos maiores espaçamentos. Os picos de crescimento em altura foram verificados em todos os tratamentos, e indicando que o tratamento influenciou no desenvolvimento da altura total para o Angico Vermelho.

A variabilidade espacial das amostras nos mesmos tratamentos (Figuras, 5, 6, 7 e 8) pode ser explicada por uma possível variabilidade Genética dos indivíduos, necessitando de estudos complementares para determiná-la. O fato do bloco III (Figura 16) não apresentar esta variabilidade é explicado pela amplitude de classe utilizada uniformizada para todos os blocos fazendo com que não seja detectado variabilidades muito pequena.

A variabilidade genética dos indivíduos pode ser comprovada através da variabilidade espacial das amostras nos mesmos tratamentos. O fato do bloco III (Figura 8) não apresentar variabilidade espacial é explicado pela amplitude de classe utilizada uniformizada para todos os blocos fazendo com que não seja detectado variabilidades muito pequena.

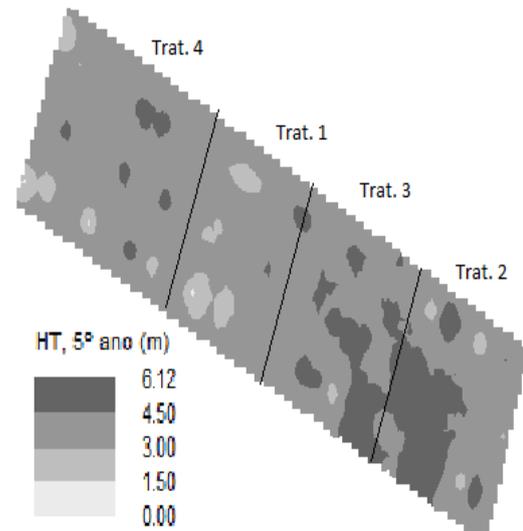
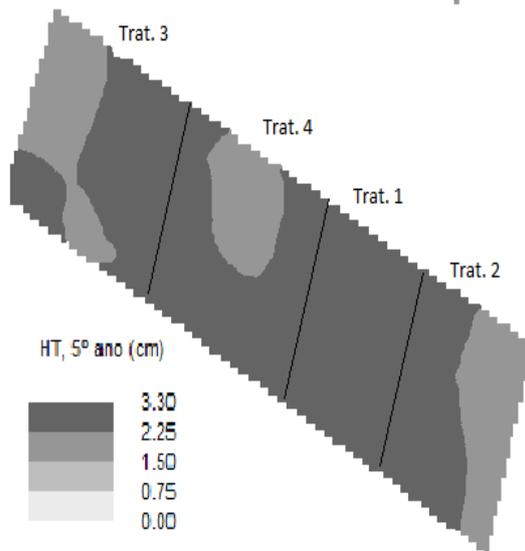
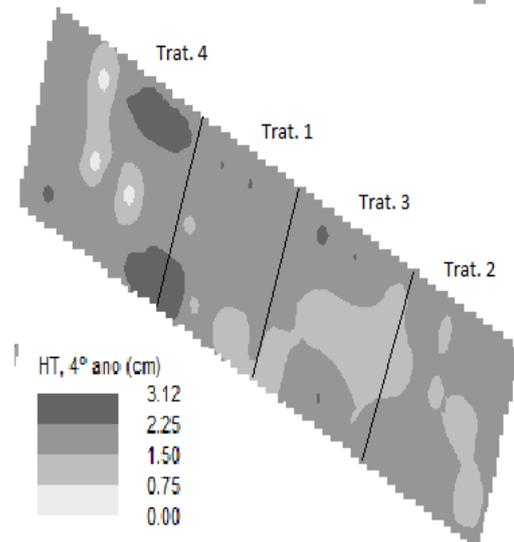
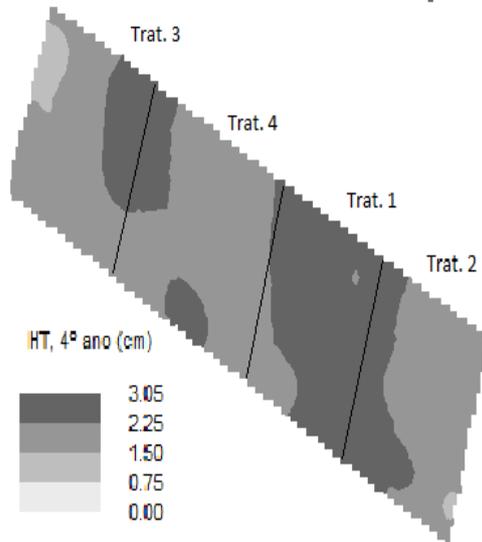
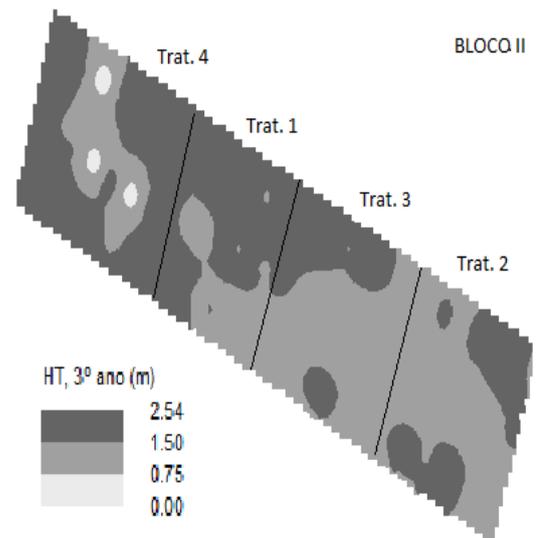
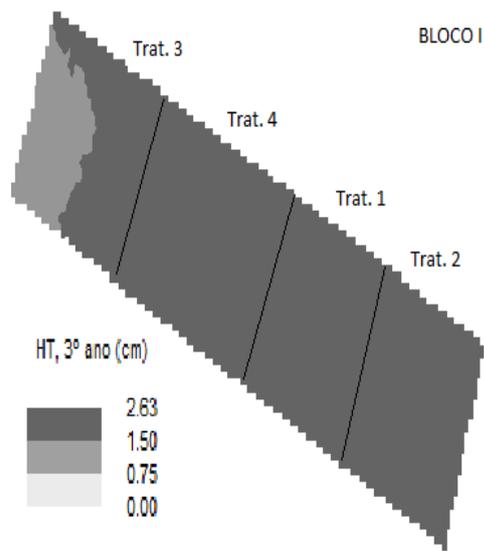
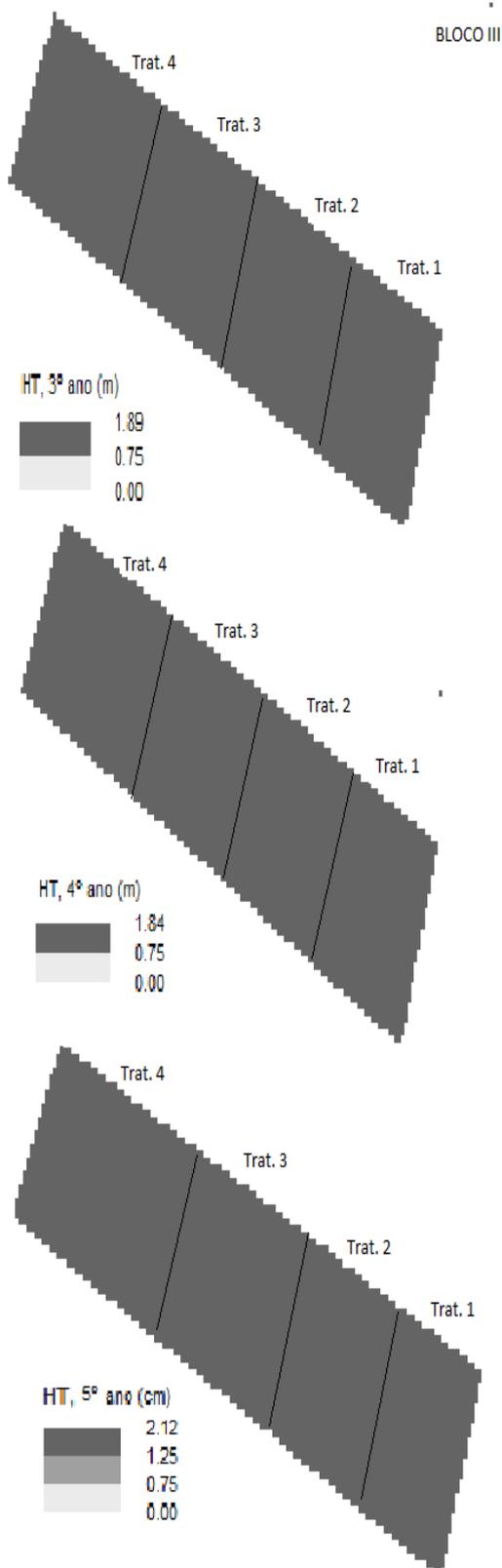
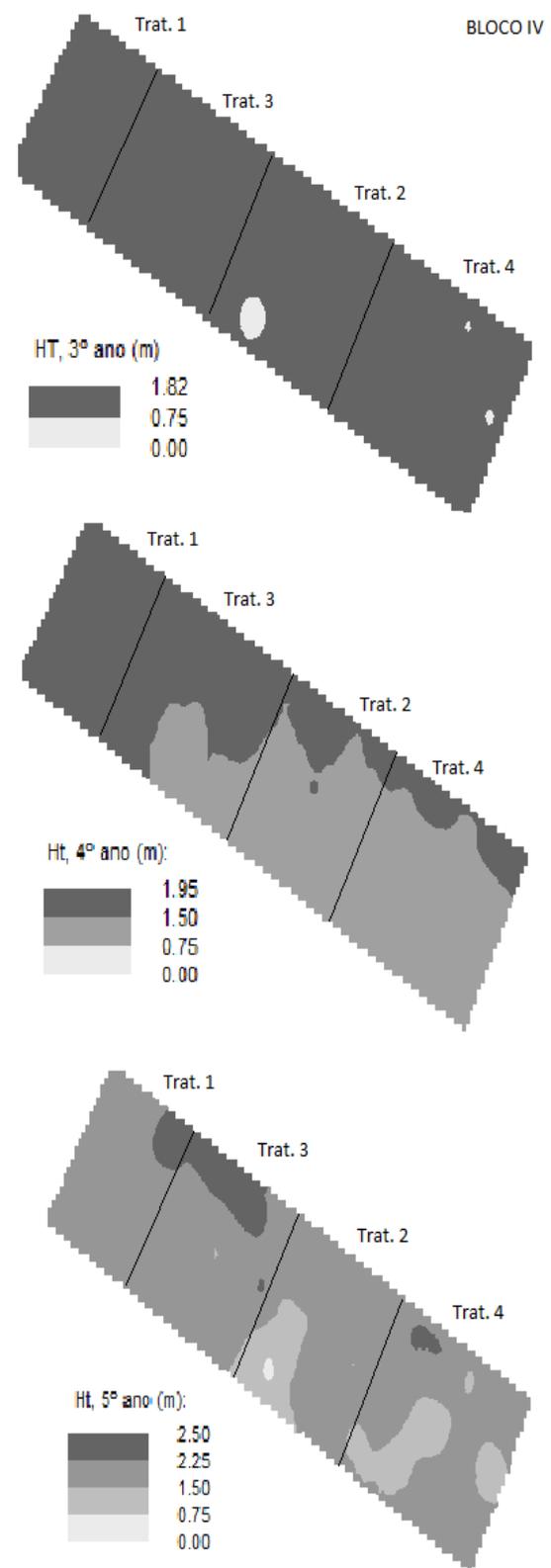


Figura 5-Mapas de distribuição espacial da Altura Total *Anadenanthera macrocarpa*; Blocos I aos 3, 4 e 5 anos

Figura 6-Mapas de distribuição espacial da Altura Total *Anadenanthera macrocarpa*; Blocos II aos 3, 4 e 5 anos



**Figura 8-**Mapas de distribuição espacial da Altura Total *Anadenanthera macrocarpa*; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos'



**Figura 7-**Mapas de distribuição espacial da Altura Total *Anadenanthera macrocarpa*; Blocos IV aos 3, 4 e 5 anos'

Na tabela 6 estão relacionados os valores da geoestatística para o diâmetro à altura do solo (DAS), espécie *Astronium fraxinifolium* aos 36, 48 e 60 meses *Astronium fraxinifolium*.

**Tabela 6 - Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para a Diâmetro à altura do solo (DAS) para *Astronium fraxinifolium* (gonçalo -alves) nos diferentes Blocos 3, 4 e 5 anos**

Bloco	Meses	SS(1)	R <sup>2</sup> (2)	IDE (%) (3)	Co(4)	Co+c(5)	Alcance (m)
I	5*	4,71	0,01	91	0,43	4,55	0,64
	4*	3,35	0,00	95	0,32	3,43	0,05
	3*	1,17	0,00	91	0,20	2,21	0,05
II	5	4,62	0,76	100	0,01	6,95	2,45
	4	2,06	0,85	100	0,01	5,25	2,82
	3	0,83	0,88	100	0,01	3,64	2,80
III	5*	6,35	0,00	83	0,61	3,60	0,12
	4*	2,24	0,00	87	0,32	2,47	0,12
	3*	1,15	0,00	88	0,22	1,88	0,12
IV	5	0,78	0,74	50	1,99	3,99	29,7
	4	0,47	0,80	75	1,35	4,28	77,4
	3	0,17	0,85	70	1,14	2,54	41

(\*) pepita puro (2) Coeficiente de determinação; (3) Índice de dependência espacial; (4) Efeito pepita (5) Patamar.

O modelo Exponencial também não foi apropriado para todos os anos dos blocos I e III (tabela 8), tendo em vista, como foi mencionado anteriormente, que para que o modelo se apresente de forma apropriada, torna-se necessário o alcance do semivariograma com valor maior que a metade da menor distância observada no estudo, distância essa de 1,5m. Os valores de R<sup>2</sup> também se apresentaram muito próximos de zero.

O bloco I e III apresentou “Efeito Peppita Puro” indicando que a distribuição espacial do diâmetro à altura do solo do gonçalo-alves, para esses blocos, não variam, ou variam muito pouco, logo os mapas gerados para estes dados também não possuem valor.

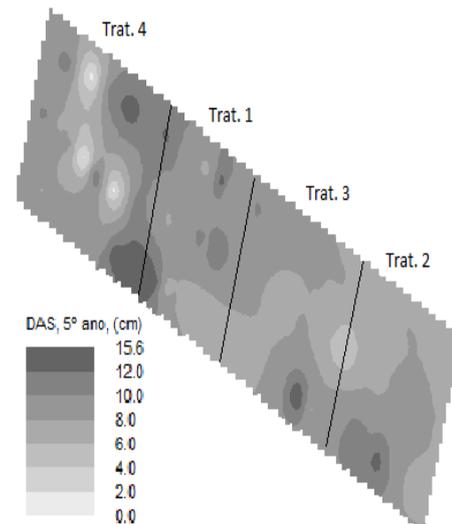
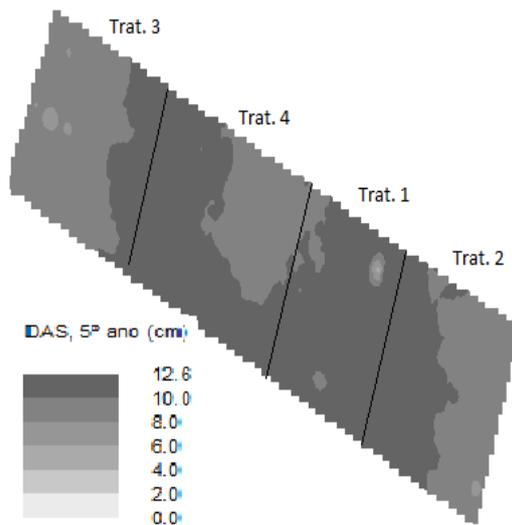
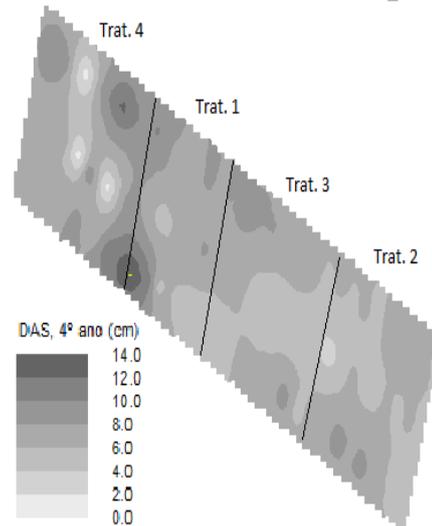
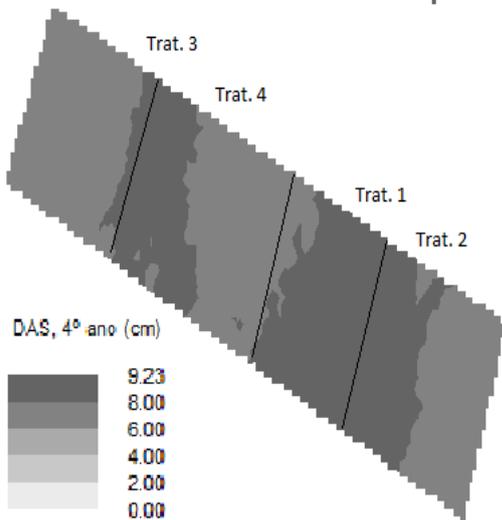
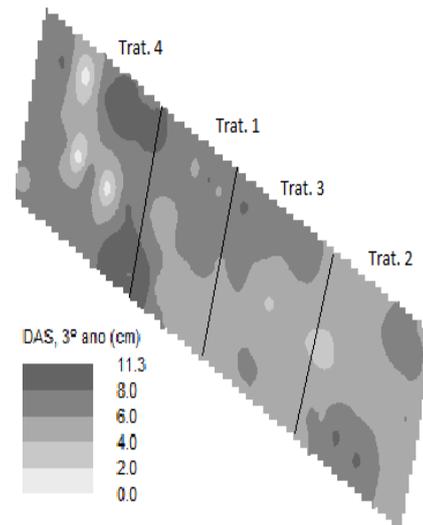
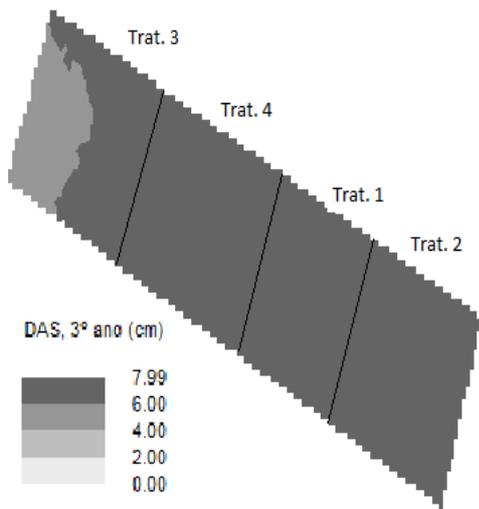
O maior alcance foi observado para o Bloco IV, aos anos 4 e 5 (77,4 e 41, respectivamente) evidenciando uma melhor estimativa da precisão da variabilidade espacial. Estes resultados revelam que o bloco em questão apresentou maiores variações espaciais para altura total, refletindo diretamente no coeficiente de determinação dos valores das variáveis supracitadas.

Os resultados evidenciaram a possibilidade de se utilizar o mesmo processo de krigagem, mencionado anteriormente (Figura 9, 10, 11 e 12).

Podemos perceber que os indivíduos da espécie gonçalo -alves apresentaram variabilidade espacial menor que os indivíduos da espécie Angico Vermelho, pois aqueles são espécie clímax, logo possuem um ciclo de crescimento mais lento, e com isso a competição intraespecífica começa a se apresentar mais tarde que para as árvores de crescimento rápido, como o Angico Vermelho, Mascarenhas (1971) com isso ocorre uma menor competição intraespecífica, responsável por uma maior homogeneidade na área, implicando em uma menor variabilidade espacial, que por sua vez causou um maior número de dados com “Efeito Peppita Puro”.

Os maiores valores de diâmetro à altura do solo observados ocorreram no tratamento 4, principalmente no quinto ano, já que a competição intraespecífica começou a ser mais significativa em idades maiores, gerando variabilidade espacial e indicando que o tratamento influenciou no desenvolvimento do diâmetro à altura do solo para o gonçalo-alves.

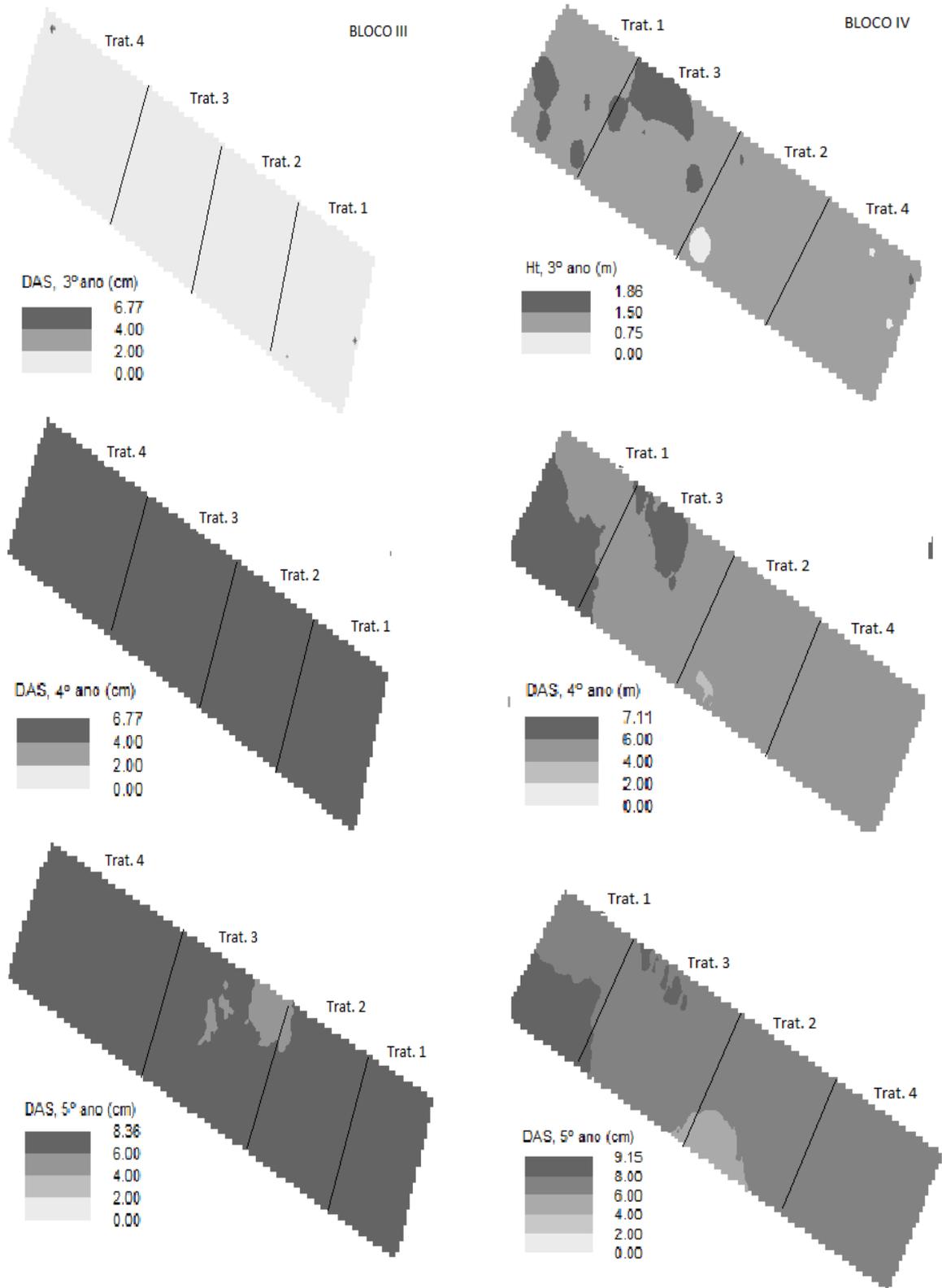
A variabilidade espacial das amostras nos mesmos tratamentos (Figuras, 9, 10 11 e 12) pode ser explicada por uma possível variabilidade Genética dos indivíduos, necessitando de estudos complementares para determiná-la. O uso de amplitude de classe uniformizada para todos os blocos faz com que não detecte variabilidades muito pequena como nos Blocos III e IV (figura 11 e 12).



**Figura 9-**Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo *Astronium fraxinifolium*; Blocos I aos 3, 4 e 5 anos

**Figura 10-**Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo *Astronium fraxinifolium*; Blocos II 3, 4 e 5 anos





**Figura 12-**Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo *Astronium fraxinifolium*; Blocos IV 3, 4 e 5 anos

**Figura 11-**Mapas de distribuição espacial da Diâmetro à Altura do Solo *Astronium fraxinifolium*; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos

Na tabela 7 estão relacionados os valores da geoestatística para a altura total (Ht) espécie *Astronium fraxinifolium* aos 36, 48 e 60 meses para *Astronium fraxinifolium*.

**Tabela 7 - Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para a Altura Total (Ht) para *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves) nos diferentes Blocos aos 3, 4 e 5 anos**

Bloco	Meses	SS(1)	R <sup>2</sup> (2)	IDE (%) (3)	Co(4)	Co+c(5)	Alcance (m)
I	5*	0,03	0,00	86	0,27	0,56	6,07
	4*	0,02	0,00	50	0,21	0,43	5,22
	3*	0,14	0,00	80	0,14	0,28	6,52
II	5	0,00	0,95	95	0,02	0,37	2,08
	4	0,00	0,86	100	0	0,28	2,31
	3	0,00	0,89	100	0,06	0,24	3,21
III	5*	0,03	0,00	0	0,28	0,27	35,2
	4*	0,02	0,00	86	0	0,23	0
	3*	0,14	0,00	83	0	0,17	0,30
IV	5	0,00	0,81	83	0,03	0,02	4,15
	4	0,00	0,78	56	0	0,18	12,1
	3	0,00	0,45	85	0,01	0,13	2,32

(\*) Pepita puro (2) Coeficiente de determinação; (3) Índice de dependência espacial; (4) Efeito pepita (5) Patamar.

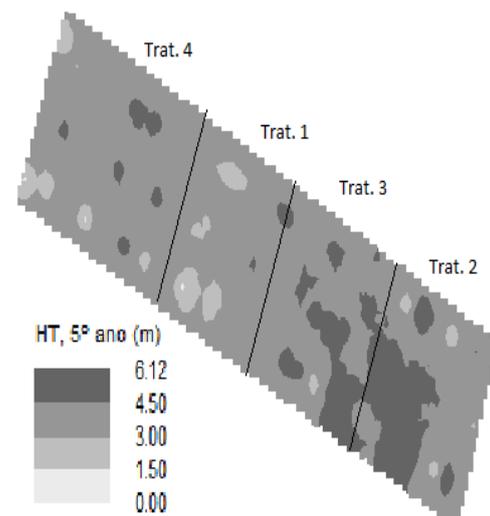
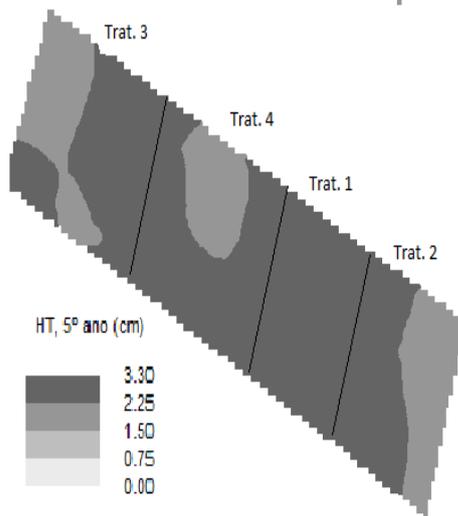
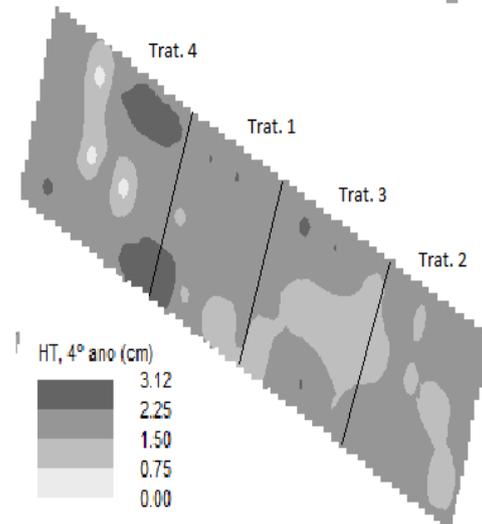
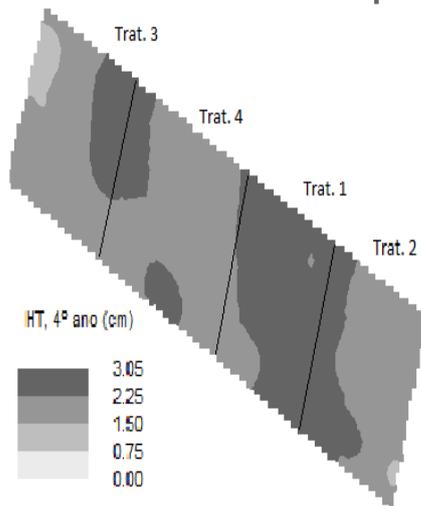
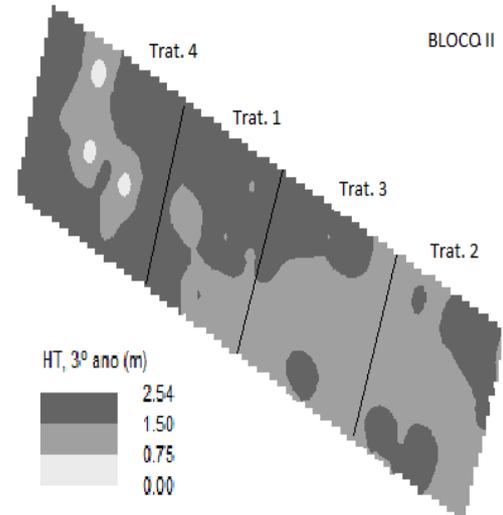
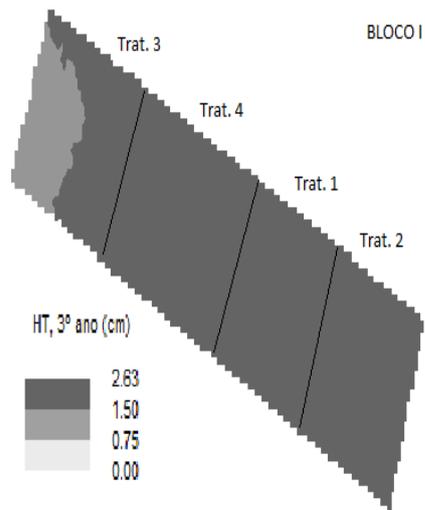
Nesse caso o modelo Exponencial também não foi apropriado para todos os anos dos blocos I e III (tabela 9), já que o alcances do semivariograma para este blocos não apresentaram valores maior que a metade da menor distância observada no estudo, distância essa de 1,5m e os valores de R<sup>2</sup> também se apresentaram muito próximos de zero. Os mesmos apresentaram “Efeito Peppita Puro”, indicando que a HT do gonçalo-alves nestes blocos se apresentam de formas homogênea, e sua variabilidade se apresentou em distâncias menores que as amostradas, por isso os mapas gerados para esses dados não são confiáveis.

Quanto maior o Alcance melhor estimativa da precisão da variabilidade espacial, que neste caso foi para o Bloco III ao ano 5, porém, seu Coeficiente de Determinação (R<sup>2</sup>) foi muito baixo (0,03) indicando que o modelo exponencial não foi bem ajustado para estes dados, por isso o bloco IV ao ano 4 foi o que melhor estimativa da precisão da variabilidade espacial da altura total do gonçalo-alves.

A fim de se estabelecer vínculo com o espaçamento e propiciar melhor captação da variabilidade espacial da altura total do gonçalo-alves utilizou-se o processo de krigagem para os diferentes períodos em cada Bloco, (Figuras 13, 14, 15 e 16).

Com o aumento da idade, houve um aumento da variabilidade espacial na altura do gonçalo-alves, essa variabilidade espacial se deu devido a uma possível variabilidade genética nas amostras, por isso, diferentemente do que aconteceu no Angico Vermelho, a variabilidade espacial do gonçalo-alves foi maior para a altura total do que para o diâmetro à altura do solo, tendo em vista que o fato que não ocorreu competição intraespecífica, possibilitando um crescimento mais homogêneo para os diâmetros.

. A variabilidade espacial das amostras nos mesmos tratamentos (Figuras, 13, 14 15 e 16) pode ser explicada por uma possível variabilidade Genética dos indivíduos, necessitando de estudos complementares para determina-la. O fato do bloco III (Figura 16) não apresentar esta variabilidade é explicado pela amplitude de classe utilizada uniformizada para todos os blocos fazendo com que não seja detectado variabilidades muito pequena.



**Figura 13-**Mapas de distribuição espacial da Altura Total do *Astronium fraxinifolium*; Blocos II aos 3, 4 e 5 anos

**Figura 14-**Mapas de distribuição espacial da Altura Total do *Astronium fraxinifolium*; Blocos I aos 3, 4 e 5 anos



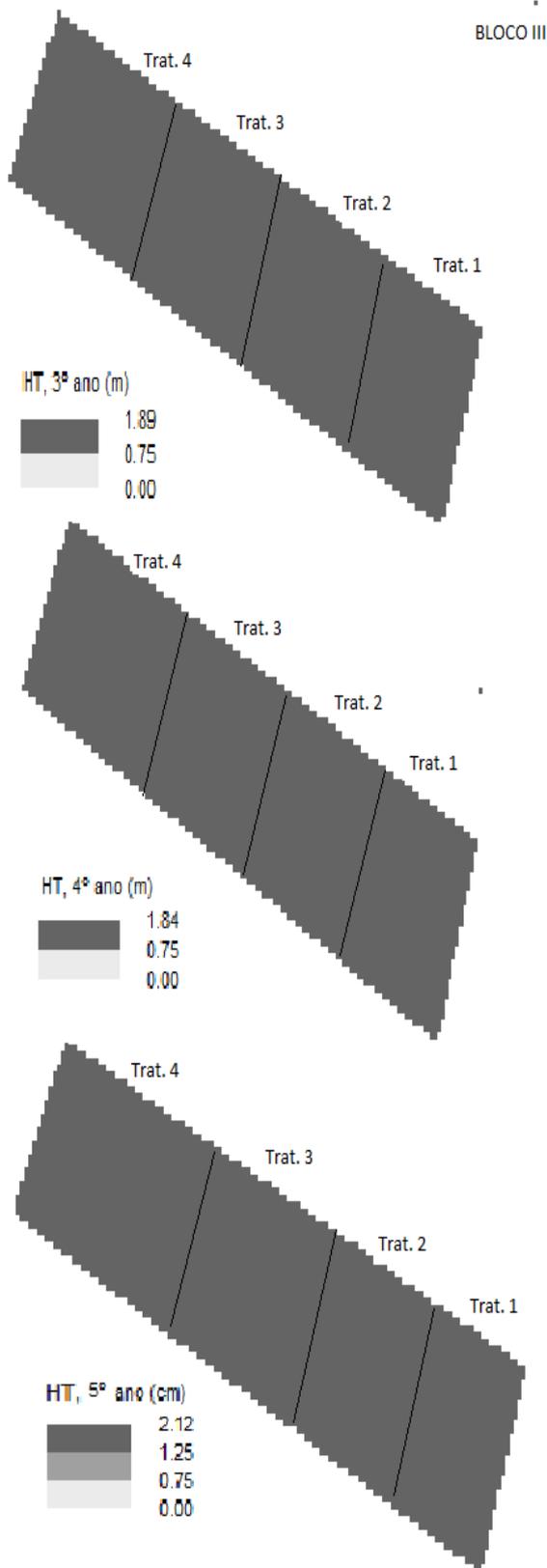


Figura 15-Mapas de distribuição espacial da Altura Total do *Astronium fraxinifolium*; Blocos III aos 3, 4 e 5 anos

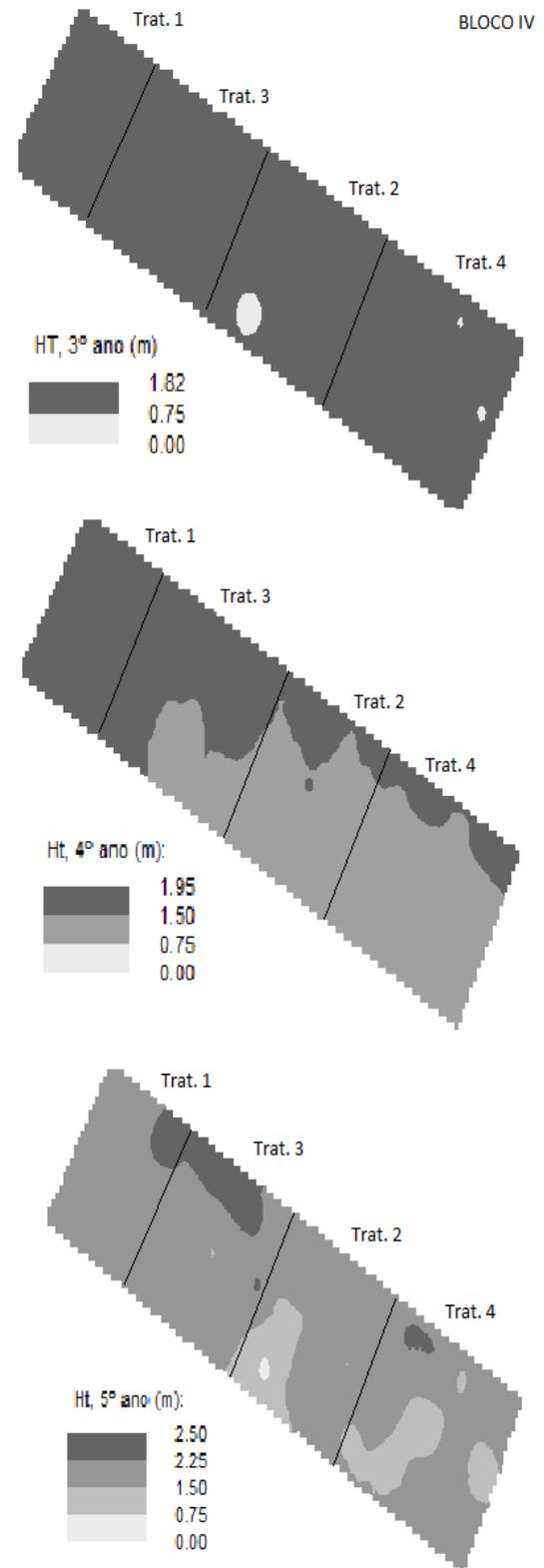


Figura 16-Mapas de distribuição espacial da Altura Total do *Astronium fraxinifolium*; Blocos IV aos 3, 4 e 5 anos

## CONCLUSÕES

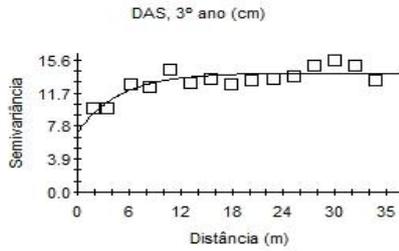
A geoestatística quantificou de forma adequada a influência do tratamento nos DAS e HT do *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves) e *Anadenanthera macrocarpa* (Angico Vermelho) sob diferentes espaçamentos;

O DAS do angico vermelho ficou sujeitos à condição de competição devido ao crescimento das espécies, enquanto as demais variáveis não sofreram influência da competição, fato comprovado pelos semivariogramas e evidenciado nos mapas de variabilidade espacial, sendo os arranjos mais amplos que obtiverem maiores desenvolvimentos. Porém, em algumas situações não foram observados tal efeito em virtude do efeito pepita puro, não tendo as diferenciações entre os espaçamentos.

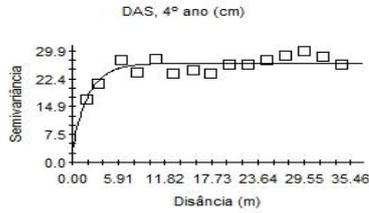
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLONI, Edson A; SIMÕES, João W. **O Espaçamento De Plantio E Suas Implicações Silviculturais**. Piracicaba: Set. 1980. 1. v.
- FARIAS, Paulo R S; NOCITI, Letícia A S. Agricultura de Precisão : Mapeamento da Produtividade em Pomares Cítricos usando Geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, v. 25, n. 2, p. 235-241, Agosto 2003.
- LELES, Paulo S; REIS, Geraldo G. REIS, Maria G. F. Crescimento Produção E Alocação De Matéria Seca De *Eucalyptus Camaudulensis* E *E. Pellita* Sob Diferentes Espaçamentos Na Região De Cerrado, MG. **Scientia Florestalis** n. 59, p. 77 - 87 junho 2001.4
- GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 2004. 76 p. (A)
- GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**.Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 2004. 76 p. (B)
- MASCARENHAS João .S.; SIMÕES, J. W; **Influência do Espaçamento Na Produção de Madeira de Eucalypto em Solo de Cerrado**. IPEF n.2/3, p.3-30, 1971

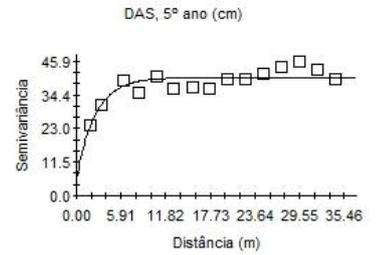
### Anexo I - Semivariogramas



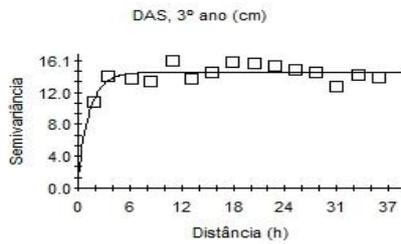
Exponential model (Co = 7.02000; Co + C = 14.05000; Ao = 4.7  
RSS = 10.4)



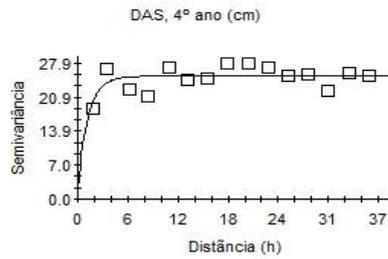
Exponential model (Co = 3.20000; Co + C = 26.60000; Ao = 2.1  
RSS = 49.6)



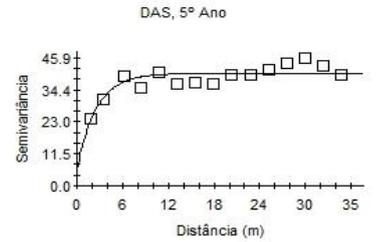
Exponential model (Co = 5.60000; Co + C = 40.40000; Ao = 2.4  
RSS = 116.)



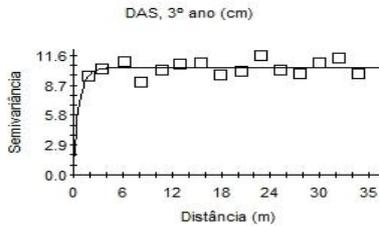
Exponential model (Co = 1.24000; Co + C = 14.60000; Ao = 1.2  
RSS = 12.9)



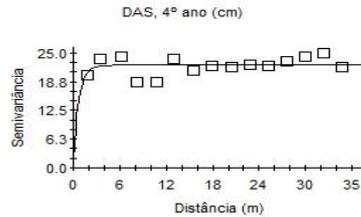
Exponential model (Co = 1.92000; Co + C = 25.23000; Ao = 1.2  
RSS = 62.6)



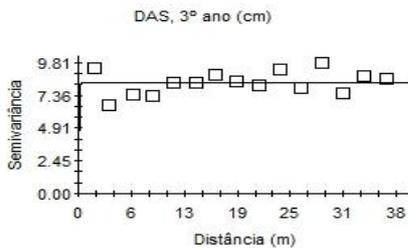
Exponential model (Co = 5.60000; Co + C = 40.40000; Ao = 2.4  
RSS = 116.)



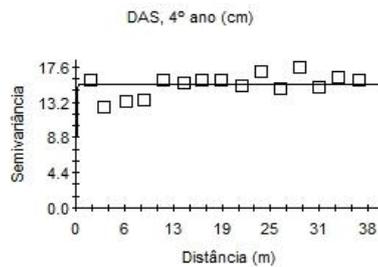
Exponential model (Co = 0.93000; Co + C = 10.39000; Ao = 0.7  
RSS = 6.52)



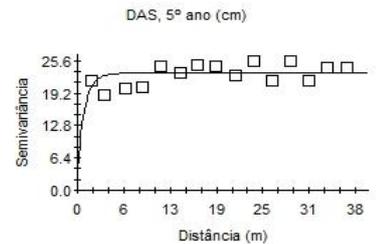
Exponential model (Co = 1.36000; Co + C = 22.38000; Ao = 0.7  
RSS = 48.2)



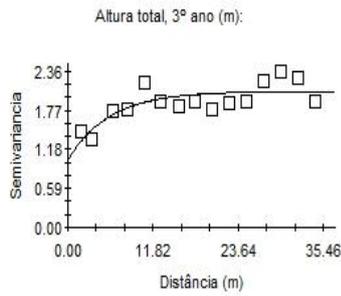
Exponential model (Co = 1.40000; Co + C = 8.33400; Ao = 0.05  
RSS = 10.5)



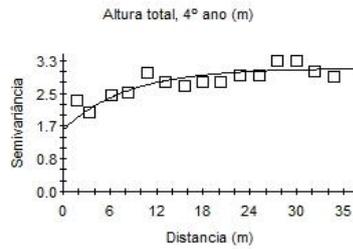
Exponential model (Co = 2.70000; Co + C = 15.43000; Ao = 0.05  
RSS = 26.8)



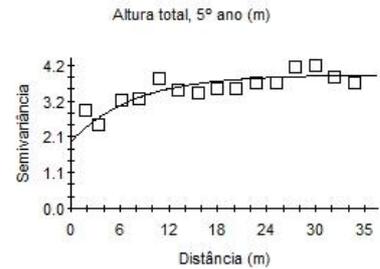
Exponential model (Co = 3.89000; Co + C = 23.22000; Ao = 0.5  
RSS = 57.5)



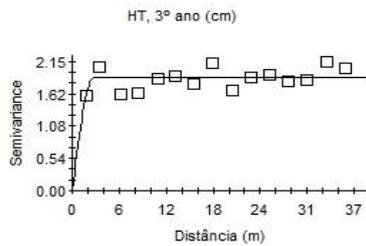
Exponential model ( $C_0 = 1.03100$ ;  $C_0 + C = 2.06300$ ;  $A_0 = 5.80$ )  
RSS = 0.464)



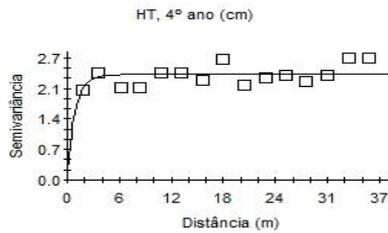
Exponential model ( $C_0 = 1.55800$ ;  $C_0 + C = 3.11700$ ;  $A_0 = 8.00$ )  
RSS = 0.614)



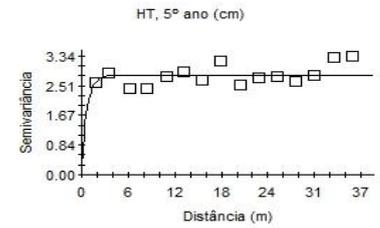
Exponential model ( $C_0 = 1.98100$ ;  $C_0 + C = 3.96300$ ;  $A_0 = 7.61$ )  
RSS = 0.946)



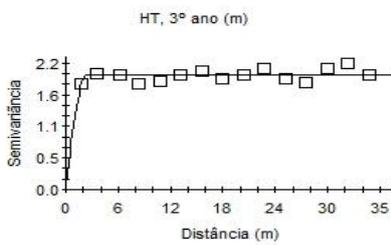
Exponential model ( $C_0 = 0.00100$ ;  $C_0 + C = 1.88600$ ;  $A_0 = 2.70$ )  
RSS = 0.387)



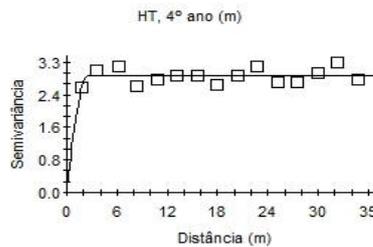
Exponential model ( $C_0 = 0.17700$ ;  $C_0 + C = 2.37500$ ;  $A_0 = 0.00$ )  
RSS = 0.682)



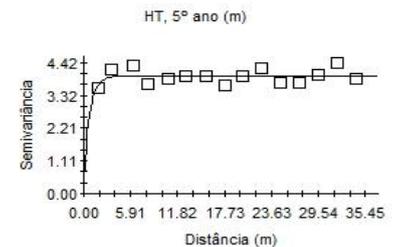
Exponential model ( $C_0 = 0.20900$ ;  $C_0 + C = 2.81300$ ;  $A_0 = 0.70$ )  
RSS = 1.13)



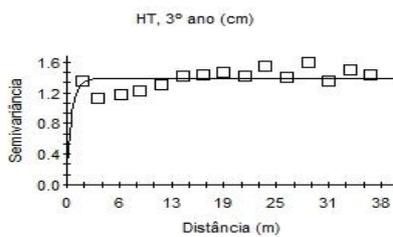
Spherical model ( $C_0 = 0.07300$ ;  $C_0 + C = 1.96700$ ;  $A_0 = 2.32$ ;  $\rho = 0.00000$ )  
RSS = 0.135)



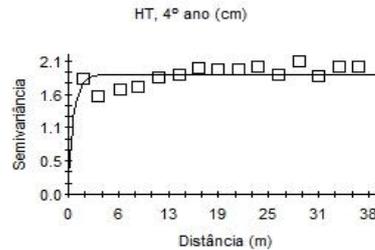
Spherical model ( $C_0 = 0.13500$ ;  $C_0 + C = 2.92900$ ;  $A_0 = 2.41$ ;  $\rho = 0.00000$ )  
RSS = 0.444)



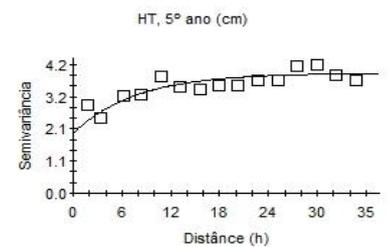
Exponential model ( $C_0 = 0.39000$ ;  $C_0 + C = 3.97800$ ;  $A_0 = 0.70$ )  
RSS = 0.749)



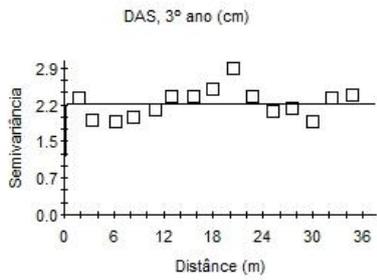
Exponential model ( $C_0 = 0.21600$ ;  $C_0 + C = 1.40100$ ;  $A_0 = 0.60$ )  
RSS = 0.241)



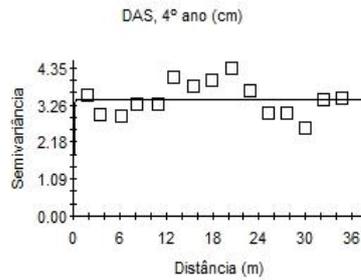
Exponential model ( $C_0 = 0.27000$ ;  $C_0 + C = 1.92800$ ;  $A_0 = 0.77$ )  
RSS = 0.344)



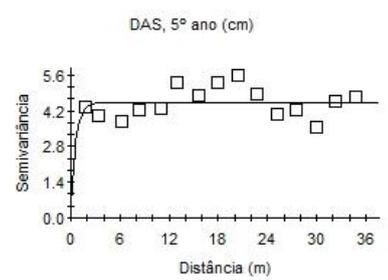
Exponential model ( $C_0 = 1.98100$ ;  $C_0 + C = 3.96300$ ;  $A_0 = 7.61$ )  
RSS = 0.946)



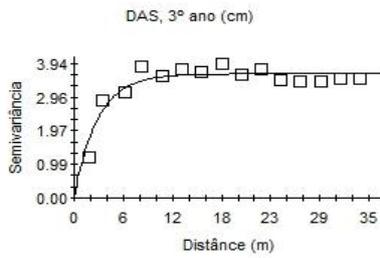
Exponential model (Co = 0.20400; Co + C = 2.21400; Ao = 0.05  
RSS = 1.17)



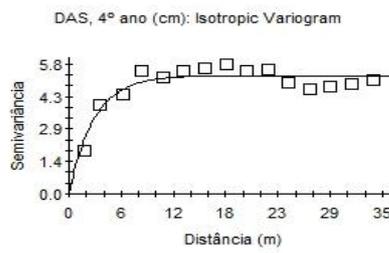
Exponential model (Co = 0.32500; Co + C = 3.43700; Ao = 0.05  
RSS = 3.35)



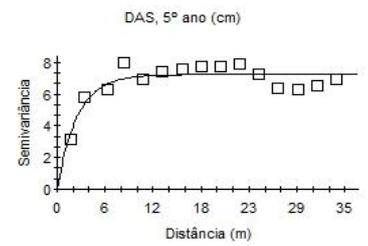
Exponential model (Co = 0.43000; Co + C = 4.55200; Ao = 0.64  
RSS = 4.71)



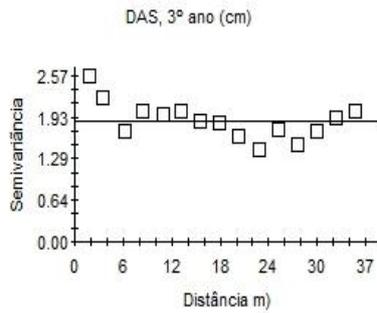
Exponential model (Co = 0.01000; Co + C = 3.64900; Ao = 2.82  
RSS = 0.830)



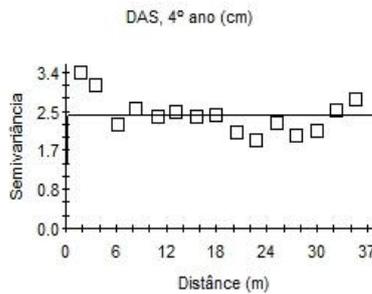
Exponential model (Co = 0.01000; Co + C = 5.25700; Ao = 2.82  
RSS = 2.06)



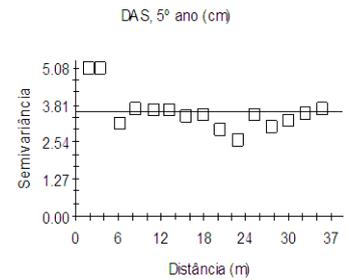
Exponential model (Co = 0.01000; Co + C = 6.95100; Ao = 2.45  
RSS = 4.62)



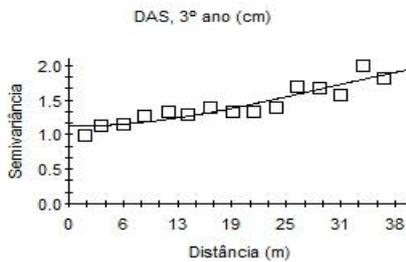
Linear model (Co = 1.88121; Co + C = 1.88121; Ao = 35.20; r2 = 0.000;  
RSS = 1.15)



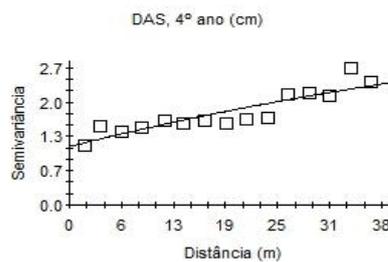
Exponential model (Co = 0.31900; Co + C = 2.47100; Ao = 0.04  
RSS = 2.24)



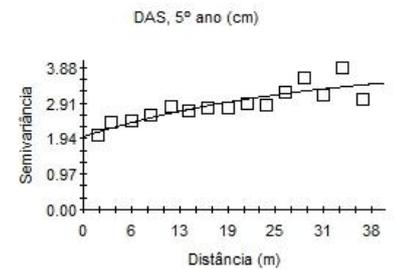
Linear model (Co = 3.59707; Co + C = 3.59707; Ao = 35.20; r2 = 0.000;  
RSS = 6.35)



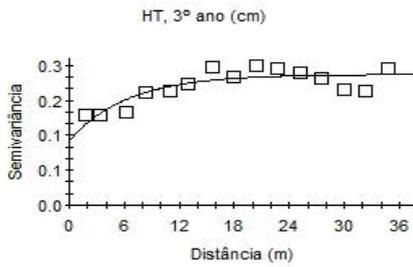
Gaussian model (Co = 1.14700; Co + C = 2.54100; Ao = 41.0  
RSS = 0.153)



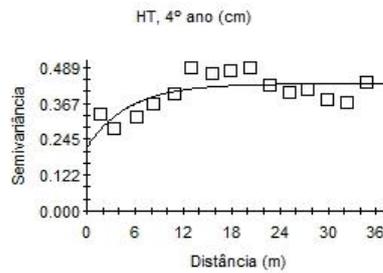
Exponential model (Co = 1.13500; Co + C = 4.28000; Ao = 77.4  
RSS = 0.470)



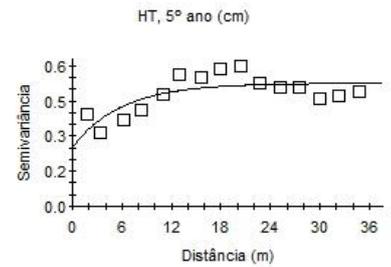
Exponential model (Co = 1.99900; Co + C = 3.99900; Ao = 29.7  
RSS = 0.777)



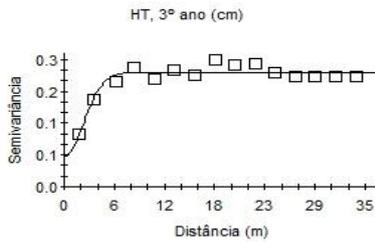
Exponential model (Co = 0.14000; Co + C = 0.28100; Ao = 6.1; RSS = 5.510E-03)



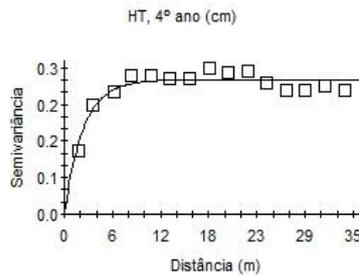
Exponential model (Co = 0.21680; Co + C = 0.43460; Ao = 5.22; RSS = 0.0290)



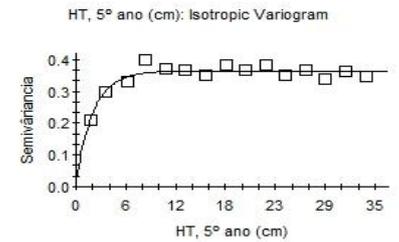
Exponential model (Co = 0.27160; Co + C = 0.56120; Ao = 6.07; RSS = 0.0460)



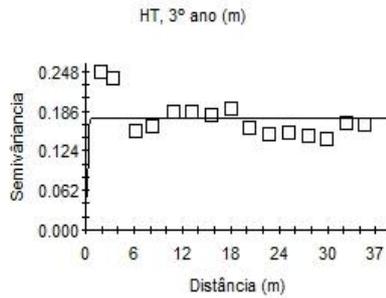
Gaussian model (Co = 0.06470; Co + C = 0.24640; Ao = 3.21; RSS = 2.251E-03)



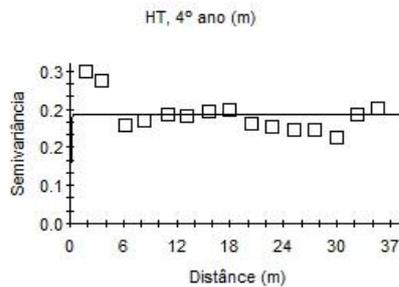
Exponential model (Co = 0.00010; Co + C = 0.28520; Ao = 2.31; RSS = 3.792E-03)



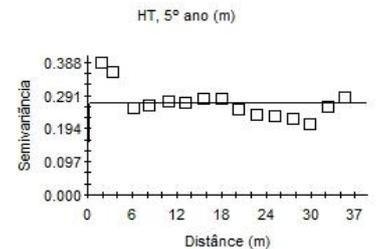
Exponential model (Co = 0.02000; Co + C = 0.37600; Ao = 2.08; RSS = 4.509E-03)



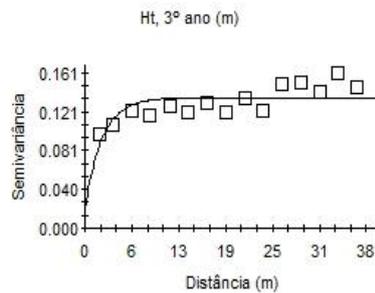
Gaussian model (Co = 0.03450; Co + C = 0.17500; Ao = 0.31; RSS = 0.0136)



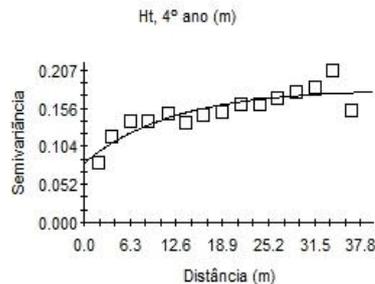
Exponential model (Co = 0.03330; Co + C = 0.23760; Ao = 0.08; RSS = 0.0213)



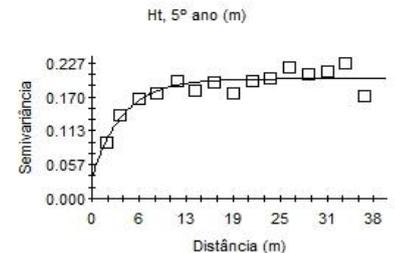
Exponential model (Co = 0.03780; Co + C = 0.27160; Ao = 0.04; RSS = 0.0320)



Exponential model (Co = 0.01990; Co + C = 0.13580; Ao = 2.32; RSS = 2.416E-03)



Exponential model (Co = 0.08090; Co + C = 0.18180; Ao = 12.1; RSS = 2.782E-03)



Exponential model (Co = 0.03480; Co + C = 0.20060; Ao = 4.15; RSS = 2.933E-03)