

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ATRIBUTOS DO SOLO E EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> EM UMA ÁREA DE TERRA  
PRETA ARQUEOLÓGICA SOB CULTIVO DE CAFÉ NA REGIÃO DE APUÍ, AM

Bolsista: Uilson Francison, UFAM

HUMAITÁ  
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL  
PIB – A – 0025/2013  
ATRIBUTOS DO SOLO E EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> EM UMA ÁREA DE TERRA  
PRETA ARQUEOLÓGICA SOB CULTIVO DE CAFÉ NA REGIÃO DE APUÍ,  
AM

Bolsista: Uilson Francison, UFAM

Orientador: Prof. Dr. Milton César Costa Campos

HUMAITÁ  
2014

**RESUMO** : As maiores emissões são resultantes de atividades antrópicas como a queima de combustíveis fósseis e as mudanças do uso do solo sendo um dos assuntos que mais vem despertando interesse e controvérsia na comunidade científica, entretanto poucos se sabe sobre a emissão de CO<sub>2</sub> em áreas de TPAs cultivadas, assim este trabalho tem por objetivo avaliar a variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura, umidade e atributos físicos do solo em uma área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café na região de Apuí, AM. A área de estudo localiza-se na região Sul do Amazonas no município de Apuí, sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 22" S e 63° 01'15" W. No local de estudo foi delimitada uma malha de 42 x 100 m, onde foram amostradas em espaçamentos regulares de 6 x10 m totalizando 88 pontos amostrais, sendo coletadas amostras indeformadas utilizando-se anéis volumétricos nas profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, totalizando 352 amostras e realizadas as seguintes análises físicas: macroporosidade, microporosidade, porosidade total, resistência do solo a penetração, densidade do solo e umidade volumétrica do solo. Foram inseridos previamente colares de PCV no solo a uma profundidade 3 cm em cada ponto de cruzamento da malha onde o fluxo de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>) foi registrado com um sistema automatizado portátil LI-COR (LI-8100). Os dados foram submetidos as análises geoestatística, e partir daí foram obtidos os mapas de krigagem e os modelos de distribuição espacial das variáveis e sua relação com a paisagem. Todos os atributos físicos do solo apresentaram dependência espacial, contudo, em algumas profundidades foi constatado efeito pepita puro (EPP), sendo eles a Ds e MaP na profundidade de 0,10-0,20 m e a RP e VTP na profundidade de 0,20-0,30 m. De modo geral, os atributos apresentaram forte dependência espacial, com exceção da Ds, RP, MaP e MiP da profundidade de 0,0-0,05 m e MaP da profundidade de 0,05-0,10 m que apresentaram moderada dependência espacial. Somente as variáveis Fluxo de CO<sub>2</sub> e T apresentaram dependência espacial. A RP aumentou constantemente com o incremento da profundidade avaliada, seguindo comportamento semelhante à Ds, no entanto esses valores estão abaixo de 2 que é considerado valor crítico para crescimento das raízes e desenvolvimento das plantas. Variações no espaço da emissão de CO<sub>2</sub> do solo não tem relação direta com a temperatura.

**PALAVRAS CHAVES:** geoestatística, Variabilidade Espacial, TPA

## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 Emissão de CO <sub>2</sub> .....	6
2.2 Variabilidade espacial da emissão de CO <sub>2</sub> do solo.....	7
3. METODOLOGIA .....	8
3.1 Caracterização do Meio Físico .....	8
3.2 Metodologia de Campo.....	9
3.3 Determinação da evolução do CO <sub>2</sub> .....	9
3.4 Metodologia de Laboratório .....	11
3.5 Análise estatística e geoestatística .....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
4.1 Atributos físicos do solo .....	12
4.2 Emissão de CO <sub>2</sub> , Temperatura e Umidade do Solo .....	16
5. CONCLUSÕES.....	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
7. ANEXO .....	25
8. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	27

## 1. INTRODUÇÃO

Tem sido crescente a preocupação mundial em relação às mudanças do clima no planeta, decorrentes, principalmente, das emissões de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> e de outros gases de efeito estufa (GEE). As maiores emissões são resultantes de atividades antrópicas como a queima de combustíveis fósseis e as mudanças do uso do solo (Panosso, 2006) As emissões de CO<sub>2</sub> nas atividades agropecuárias, originadas tanto pelo uso de combustíveis na mecanização quanto pelas práticas de manejo do solo também são uma fonte de GEE (Reicosky & Lindstrom, 1993).

Segundo Cerri et al., (2007), no Brasil, mais de 70 % da emissão dos GEE está relacionado com a mudança de uso da terra e a atividade agropecuária, segundo Bernoux et al., (2002), as florestas tropicais estocam em torno de 25 % do carbono terrestre, assim a retirada dessas florestas também contribuem para a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

O CO<sub>2</sub> emitido pelo solo é produzido essencialmente pela respiração das raízes das plantas e pela decomposição da matéria orgânica promovida pela ação dos microrganismos, faz parte do processo de emissão o transporte do gás do interior do solo até a superfície, que é governado pela equação de difusão. Esses processos são influenciados, pela temperatura e pela umidade do solo, atributos com grande variabilidade temporal e espacial (Kang et al., 2000). Por meio de técnicas de estatística descritiva e geoestatística vários autores têm mostrado que a variabilidade do solo não é puramente aleatória, apresentando correlação ou dependência espacial (Berg & Oliveira, 2000) sendo utilizadas para determinar a variabilidade da temperatura e da umidade do solo, que são possíveis fatores influenciadores da emissão de CO<sub>2</sub>, segundo Webster & Oliver, (1990) para que isso seja possível lança-se mão aos semivariogramas, apesar dos avanços ainda são poucos os trabalhos que caracterizaram a variabilidade da emissão de CO<sub>2</sub> de solos, utilizando técnicas de análise de semivariância (Ohashi & Gyokusen, 2007).

Dessa forma é importante compreender o comportamento do carbono do solo, sua dinâmica é imprescindível para a identificação da maior ou menor evolução/sequestro de carbono sendo de suma importância compreender como

a emissão de CO<sub>2</sub> do solo varia espacialmente. A emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera é um dos assuntos que mais vem despertando interesse e controvérsia na comunidade científica, entretanto poucos se sabe sobre a emissão de CO<sub>2</sub> em áreas de TPAs cultivadas, assim este trabalho apresenta-se como uma oportunidade de investigar o fluxo de CO<sub>2</sub> e sua relação com os atributos do solo, assim este trabalho tem por objetivo avaliar a variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura, umidade e atributos físicos do solo em uma área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café na região de Apuí, AM.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Emissão de CO<sub>2</sub>**

Com as recentes evidências que relacionam a mudança do clima ao aumento da concentração de gases do efeito estufa (GEEs) causadas principalmente durante a queima de combustíveis fósseis (Houghton, 2005), desmatamento (Fearnside, 2000), atividades agropecuárias (Matthews e Wassmann, 2003) é cada vez mais importante investigar a emissão desses gases.

Desta forma, o manejo do solo nas suas diversas formas tem influenciado no fluxo de carbono solo atmosfera, causando, no geral, um acréscimo na emissão e um decréscimo no teor de carbono em solos de áreas agrícolas (Sartori, et al., 2006). Por conseguinte, tem sido sugerida a adoção de práticas de manejo mais adequadas, revertendo o quadro de emissão para uma situação de sequestro de carbono nestes solos, especialmente no Brasil, onde se estima que 70% das emissões de gases do efeito estufa sejam provenientes da mudança do uso da terra (Cerri et al., 2007).

As emissões de CO<sub>2</sub> do solo de áreas agrícolas após preparo podem ser tão altas quanto algumas toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas para atmosfera em semanas após o preparo (La Scala et al., 2006), efeito do preparo do solo sobre as emissões subsequentes tem sido atribuído à quebra dos agregados do solo e à exposição de carbono lábil, antes protegido da atividade microbiana, bem como um aumento na constante de decaimento do carbono presente na matéria orgânica (Grandy & Robertson, 2007). Embora o aumento na emissão de CO<sub>2</sub> do solo após preparo seja extensivamente reportado, são

menos frequentes as tentativas de se elucidar tal fenômeno, especialmente de forma quantitativa. Modelos baseados nas variações da temperatura e umidade do solo após o preparo têm sido pouco eficazes na capacidade de descrever a variabilidade temporal das emissões em períodos curtos após preparo.

As variáveis climáticas influenciam diretamente os fluxos de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, já que a emissão depende, fundamentalmente, do gradiente vertical de concentração do gás em profundidade, do gradiente vertical de pressão do ar e da velocidade horizontal do vento à superfície do solo (Longdoz et al., 2000). Desse modo, os principais fatores que afetam as emissões de CO<sub>2</sub> são a temperatura (do ar e do solo) e o teor de umidade do solo (Janssens et al., 2001). A Atividade microbiana é dependente da temperatura do solo, a taxa de produção e fluxo de CO<sub>2</sub> do solo aumenta entre 1,5 a 3 vezes para cada 10 °C num aumento da temperatura entre 0 e 50 °C, já a umidade do solo afeta a emissão de CO<sub>2</sub> do solo através da difusão dos gases e atividade microbiana (Lal et al., 1995).

Os solos de áreas agrícolas considerados como fontes de CO<sub>2</sub>, poderiam ser sumidouros, se fosse compreendido como os processos de emissão dependem das diversas práticas e opções de manejo dos solos, principalmente durante o período em que estão desprovidos de vegetação, quando o agrossistema é puramente um emissor de CO<sub>2</sub> para atmosfera (Paustian et al., 1997).

## **2.2 Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub> do solo**

A maioria das propriedades do solo apresenta dependência espacial, isso significa que os valores assumidos por uma determinada variável numa posição definida na área de estudo variam de acordo com a direção e a distância de separação entre as amostras vizinhas. Como consequência, medidas mais próximas tendem a ser mais parecidas do que valores observados em locais mais distantes. Neste contexto as observações não podem ser consideradas independentes, as análises baseada apenas nas estatísticas clássicas tornam-se inadequadas, e um tratamento estatístico mais avançado é requerido (Webster & Oliver, 1990).

A variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser avaliada através da análise geoestatística, que permite detectar a existência da variabilidade e

distribuição espacial de variáveis do solo, constituindo assim uma importante ferramenta na análise e descrição detalhada de propriedades do solo (Vieira et al., 2002)

A variabilidade espacial das propriedades do solo ocorre naturalmente devido a fatores pedogenéticos diversos. Em adição, muito da variabilidade pode ser causada ainda pelo uso e o manejo dos solos e como consequência as propriedades do solo podem exibir variabilidade espacial em macro, meso e micro escalas. Análises de geoestatística têm sido conduzidas numa série de propriedades do solo, físicas, químicas na sua maioria (Souza et al., 2004), e algumas biológicas (Sinegani et al., 2005).

A variabilidade da respiração do solo dentro de um ecossistema pode ser descrita através do coeficiente de variação (Yim, et al., 2003). Entretanto, apenas o coeficiente de variação não é suficiente para a comparação entre os fluxos de CO<sub>2</sub> de diferentes estudos, isso devido à falta de padronização no esquema experimental, como o tamanho e a forma da área, o número de pontos amostrais e o seu arranjo espacial (Fang et al., 1998). A incorporação de funções que relacionam distância e variância das propriedades entre os pontos nas análises espaciais, os semivariogramas, tem grande importância na determinação mais acurada, do que quando se considera as propriedades não dependentes espacialmente. São poucos os trabalhos que caracterizaram a variabilidade da emissão de CO<sub>2</sub> de solos, utilizando técnicas de análise de semivariância (Hanson et al., 1993;), especialmente relacionando essa variabilidade àquela da temperatura e umidade do solo, possíveis fatores controladores dessa emissão.

### **3.METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização do Meio Físico**

A área de estudo localiza-se na região Sul do Amazonas no município de Apuí, sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 22" S e 63° 01'15" W. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade está limitada pelas isoietas de 2.250 e 2.750 mm, com período chuvoso iniciando



em outubro e prolongando-se até junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 27°C e a umidade relativa fica entre 85 e 90%.

A geologia da região de Apuí envolve o domínio geológico formado por rochas mais antigas (Proterozóicas e Paleozóicas), inseridas na área cratônica do Escudo Brasil Central, com rochas predominantemente cristalinas (granitos e gnaisses, coberturas vulcânicas e rochas metassedimentares) (Sds, 2004).

Em relação a solos presentes na parte sul do município ocorre predominância das classes de solos: Argissolos, Neossolos Litólicos associados ou não a afloramentos rochosos e, nos topos planos no relevo suave ondulado, os Latossolos Vermelho-Amarelos. A parte norte do município é composto pelas classes de solos: Argissolos e Nitossolos em relevo ondulado e forte ondulado e Latossolos, em relevo suave ondulado (Sds, 2004). A vegetação característica dessa região é a Floresta Tropical Densa, constituída por árvores adensadas e multiestratificadas de 20 a 50 m de altura, com clima úmido, elevadas temperaturas e alta precipitação.

### **3.2 Metodologia de Campo**

No local de estudo foi delimitada uma malha de 42 x 100 m, onde foram amostradas em espaçamentos regulares de 6 x10 m totalizando 88 pontos amostrais georreferenciados com um equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de Elevação (MDE).

### **3.3 Determinação da evolução do CO<sub>2</sub>**

O fluxo de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>) foi registrado com um sistema automatizado portátil LI-COR (LI-8100). Em seu modo de medição, o sistema LI-8100 monitora as mudanças na concentração de CO<sub>2</sub> dentro da câmara por meio de espectroscopia na região do infravermelho (IRGA infrared gas analyzer).

A câmara para solos tem um volume interno de 854,2 cm<sup>3</sup> com área de contato circular de 83,7 cm<sup>2</sup>. Essa câmara foi colocada sobre colares de PCV previamente inseridos no solo a uma profundidade 3 cm em cada ponto de cruzamento da malha. A utilização de colares de PVC é decorrente ao fato de que podem ocorrer distúrbios causados pela inserção da câmara diretamente no solo, como a quebra de sua estrutura porosa, por exemplo, causando um aumento de CO<sub>2</sub> emitido pelo solo. Após pelo menos 24 horas a instalação dos

colares no campo, acopla-se a câmara de solo LI-8100 sobre eles, não encostando a câmara no solo, para minimizar os distúrbios mecânicos sobre o mesmo.

Na instalação dos colares de PVC na área, a serapilheira foi removida, expondo assim a superfície do solo, antes da inserção dos colares. Após essa etapa, os colares foram novamente recobertos com a serapilheira com a finalidade de proteger a superfície do solo. Assim, antes de cada avaliação de emissão de CO<sub>2</sub> esse procedimento foi repetido, retirando-se a serapilheira antes da avaliação e cobrindo novamente o colar após o término da leitura, em cada ponto do ambiente estudado.

No instante da avaliação do fluxo de CO<sub>2</sub> a câmara se fecha sobre o colar de PVC, por meio de seu sistema pneumático, tendo início o modo de leitura, que dura aproximadamente 90 segundos em cada ponto onde a concentração de CO<sub>2</sub> dentro da câmara é tomada a cada 2,5 segundos. De forma generalizada, o fluxo de CO<sub>2</sub> é computado em cada ponto por um ajuste da concentração de CO<sub>2</sub> do ar dentro da câmara em função de uma regressão parabólica no tempo após o fechamento da câmara.

A temperatura do solo (T) foi monitorada concomitantemente às avaliações de respiração do solo utilizando-se um sensor de temperatura que é parte integrante do sistema LI-8100. Tal sensor consiste de uma haste de 20 cm que é inserida no interior do solo, o mais perpendicular possível em relação à superfície, na região próxima ao local onde foram instalados os colares de PVC para a avaliação da emissão de CO<sub>2</sub>.

A umidade do solo (US), em % volume, foi registrada utilizando-se de um aparelho TDR (Time Domain Reflectometry) - Campbell® Hydrosense™ Campbell Scientific, Austrália constituído por uma sonda apresentando 2 hastes de 12 cm que foram inseridas no interior do solo o mais perpendicular possível em relação à sua superfície, nos locais próximos aos colares de PVC.

Nessas áreas a avaliação da umidade do solo foi realizada concomitantemente às avaliações de emissão de CO<sub>2</sub> e temperatura do solo em cada um dos pontos e essas avaliações foram realizadas no período chuvoso.

### 3.4 Metodologia de Laboratório

Foram realizadas análises físicas de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo nas amostras coletadas. Para determinações das mesmas, foram coletadas amostras indeformadas utilizando-se anéis volumétricos nas profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, totalizando 352 amostras. Em seguida as amostras foram envoltas em filme de PVC transparente e acondicionadas em formas de isopor. No laboratório, as amostras foram preparadas retirando-se o excesso de solo das suas extremidades. Em seguida, saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja de alumínio, até atingir cerca de 2/3 da altura das amostras.

A porosidade total foi obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 105°C durante 24 horas (Embrapa, 1997). A microporosidade do solo foi determinada pelo método da mesa de tensão (Embrapa, 1997). Pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade foi obtido a macroporosidade. A densidade do solo foi calculada pela relação entre a massa do solo seco e o volume do anel volumétrico (Embrapa, 1997).

### 3.5 Análise estatística e geoestatística

Os dados são submetidos à análise estatística para determinação do coeficiente de correlação Pearson ( $r^2$ ) entre cada par de variáveis estudadas, medindo o grau de relação linear entre as variáveis. Esta análise se realizou no software estatístico Minitab 14 (Minitab, 2000).

Para determinação da variabilidade espacial, foi utilizado a análise geoestatística (Isaaks & Srivastava, 1989). Sob teoria da hipótese intrínseca o semivariograma experimental foi estimado pela Equação (1):

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

(1)

Sendo:  $\gamma(h)$  - valor da semivariância para uma distância  $h$ ;  $N(h)$  - número de pares envolvidos no cálculo da semivariância;  $Z(x_i)$  - valor do atributo  $Z$  na posição  $x_i$ ;  $Z(x_i+h)$  - valor do atributo  $Z$  separado por uma distância  $h$  da posição  $x_i$ .

Os semivariogramas experimentais foram escolhidos com base no número de pares envolvidos no cálculo da semivariância dos primeiros lags, presença de patamar claramente definido (Burrough & Mcdonnel, 2000) e o resultado da técnica de Jack Knifing.

Após o ajuste dos modelos matemáticos permissíveis foi feita à interpolação dos dados por meio da krigagem. A análise geoestatística foi feita no software Surfer versão 8.00.

## **4.RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Atributos físicos do solo**

Os resultados da análise estatística descritiva são apresentados na Tabela 1. Os valores de média e mediana para os atributos avaliados são semelhantes, corroborando com os valores de assimetria e curtose próximos de zero indicando distribuição simétrica dos dados. Por outro lado, alguns valores de curtose apresentaram-se maiores que 2, como a MiP na profundidade de 0,0-0,05 e 0,10-0,20 m e RP na profundidade de 0,05-0,10 m. Entretanto, os valores de curtose elevados não comprometem a análise geoestatística, tendo em vista a simetria dos dados.

Os resultados do teste de normalidade submetidos ao teste de kolmogorov-smirnov indicam distribuição normal apenas para MaP, VTP e Us (vol) na profundidade de 0,0-0,05 m, RP na profundidade de 0,05-0,10 m e RP, MiP e Us (vol) na profundidade de 0,20-0,30 m. Para Warrick e Nielsen (1980), entretanto, em se tratando de dados obtidos da natureza, o ajuste de uma distribuição teórica é apenas aproximado.

De acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980), para o coeficiente de variação (CV), constatou-se que os atributos apresentam baixa variabilidade (CV>12%), exceto para a RP e MaP nas diferentes profundidades que apresentaram moderada variabilidade (CV entre 12 e 24%). O CV permite comparar a variabilidade dos atributos de unidades diferentes, no entanto, seus resultados não permitem inferir quanto a estrutura da variabilidade espacial.

Por meio dos valores médios dos atributos físicos da TPA avaliados, notou-se que a Ds é tanto maior quanto mais profundo é a camada avaliada, passando de 1,10 g cm<sup>-3</sup> na camada superficial para 1,28 g cm<sup>-3</sup> na profundidade de 0,20-0,30 m. Resultados semelhantes foram encontrados por

Neves Júnior (2008) em Horizonte A antrópico (TPA) de Argissolo na região de Iranduba, Amazonas. Nesse estudo o autor observou que a Ds é ligeiramente superior nos solos adjacentes não antrópico.

Vários estudos tem mostrado que a Ds é fortemente influenciado pelo teor de matéria orgânica e composição textural do solo (Lemos Filho et al., 2008; Luca et al., 2008). De modo geral, solos de TPAs apresentam elevados teores de COT e areia, favorecendo a baixa densidade desses solos em relação aos solos adjacentes, como conferido nos trabalhos de Cunha et al. (2007) e Campos et al. (2011).

A resistência do solo à penetração (RP) é um parâmetro que tem se mostrado proporcional a Ds e inversamente proporcional ao teor de umidade do solo (Souza et al., 2006; Bergamin et al., 2010; Alho, 2013). Notou-se que a RP da TPA aumentou constantemente com o incremento da profundidade avaliada, seguindo comportamento semelhante à Ds. Contudo, o valor de RP da ordem de 1,51 MPa conferido na profundidade de 0,20-0,30 m é menor que 2,00 MPa considerados críticos e que podem restringir o crescimento radicular das plantas (Tormena e Roloff, 1996), notou-se, no entanto, teores elevados de umidade volumétrica em toda camada avaliada, o que pode estar corroborando com os valores de RP.

A umidade volumétrica do solo é uma propriedade intrínseca da MiP e Ds. Para Bergamin et al. (2010) o aumento da umidade volumétrica não é desejável, pois está relacionado com o aumento da Ds, principalmente quando esta umidade se encontra acima da capacidade de campo. Observou-se ainda, que enquanto o valor de MiP permaneceu praticamente inalterado com o aumento da profundidade, a MaP e o VTP apresentaram ligeiro decréscimo na profundidade de 0,20-0,30 m em relação a camada superficial, provavelmente as expensas da Ds para as mesmas profundidades (Tabela 1).

Por outro lado, deve-se ressaltar que a principal referência da TPA é seu elevado teor de COT advindo do carbono pirogênico, cuja apresenta diversas propriedades de extremo interesse ambiental e agrônômico, como alta estabilidade; elevada reatividade e, elevada porosidade e área superficial que serve de refúgio para microrganismo importante para agregação do solo e que ainda podem aumentar a capacidade de absorção das plantas (Cunha et al., 2007).

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos atributos físicos-hídrico do solo em diferentes profundidades da área de TPA sob cultivo de café.

Parâmetros	Ds	RP	MaP	MiP	VTP	Us(vol.)
	g cm <sup>-3</sup>	MPa	-----%-----			
0,0 – 0,05 m						
Média	1,10	1,18	22,68	37,41	59,90	37,54
Mediana	1,10	1,08	23,070	38,185	59,675	37,505
Máximo	1,42	2,4000	39,140	49,590	77,590	45,520
Mínimo	0,7	0,4200	11,420	33,160	47,590	31,330
<sup>1</sup> DP	0,1279	0,4400	5,453	2,767	5,338	2,349
Variância	0,0164	0,1936	29,735	7,656	28,490	5,517
<sup>2</sup> CV%	11,63	37,33	24,04	9,39	8,91	6,26
Assimetria	-0,15	0,61	0,33	0,53	0,23	0,47
Curtose	0,84	-0,03	0,81	3,65	0,74	1,21
<sup>3</sup> d	0,08*	0,10*	0,06 <sup>ns</sup>	0,10*	0,06 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
0,05 – 0,10 m						
Média	1,16	1,1526	19,363	38,703	58,066	38,916
Mediana	1,1700	1,1250	20,115	38,185	57,930	38,260
Máximo	1,4300	2,6800	32,180	49,590	75,390	49,590
Mínimo	0,8500	0,4500	6,380	33,160	48,190	33,160
<sup>1</sup> DP	0,1240	0,3757	5,431	3,635	4,879	3,759
Variância	0,0154	0,1412	29,492	13,217	23,801	14,128
<sup>2</sup> CV%	10,67	32,60	28,05	9,39	8,40	9,66
Assimetria	-0,10	1,11	-0,08	1,17	0,51	1,12
Curtose	-0,26	2,59	-0,34	1,27	0,75	1,02
<sup>3</sup> d	0,04*	0,09 <sup>ns</sup>	0,10*	0,13*	0,07*	0,13*
0,10 – 0,20 m						
Média	1,21	1,2860	17,125	38,390	55,515	38,417
Mediana	1,23	1,2600	17,100	38,265	54,980	38,180
Máximo	1,45	2,2100	30,160	49,400	69,580	49,400
Mínimo	0,65	0,4800	6,990	33,770	47,010	33,770
<sup>1</sup> DP	0,1537	0,4353	5,675	2,799	4,928	2,824
Variância	0,0236	0,1895	32,201	7,837	24,288	7,977
<sup>2</sup> CV%	12,65	33,85	33,14	7,29	8,88	7,35
Assimetria	-0,98	0,21	0,18	1,20	0,50	1,16
Curtose	1,53	-0,69	-0,80	2,8	-0,16	2,58
<sup>3</sup> d	0,085*	0,085 <sup>ns</sup>	0,087 <sup>ns</sup>	0,095*	0,073 <sup>ns</sup>	0,093*
0,20 – 0,30 m						
Média	1,28	1,51	14,065	39,704	53,771	39,640
Mediana	1,3150	1,4300	12,630	39,440	52,605	39,350
Máximo	1,5300	3,1100	30,600	52,780	66,330	52,780
Mínimo	0,9800	0,5400	5,570	33,210	43,960	33,210
<sup>1</sup> DP	0,1298	0,5514	5,364	3,556	4,659	3,531
Variância	0,0168	0,3041	28,770	12,647	21,704	12,468
<sup>2</sup> CV%	10,13	36,54	38,13	8,96	8,66	8,91
Assimetria	-0,41	0,71	0,90	0,77	0,80	0,80
Curtose	-0,71	0,14	0,33	1,12	0,46	1,24

<sup>3</sup> d	0,108*	0,076 <sup>ns</sup>	0,121*	0,075 <sup>ns</sup>	0,119*	0,072 <sup>ns</sup>
----------------	--------	---------------------	--------	---------------------	--------	---------------------

Ds: densidade do solo; RP: resistência do solo a penetração; MaP: macroporosidade do solo; MiP: microporosidade do solo; VTP: volume total de poros. <sup>1</sup>DP: desvio padrão; <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação; <sup>3</sup>d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; \* significativo a 5 % de probabilidade.

Com relação a análise da variação espacial dos atributos físicos da TPA sob cultivo de café, cuja os parâmetros geoestatísticos são apresentados na tabela 2 e os semivariogramas e os mapas de krigagem constam em anexo, observou-se que todos os atributos apresentaram dependência espacial, contudo, em algumas profundidades foi constatado efeito pepita puro (EPP), isto é, variação espacial aleatória para a distância amostral adotada nesse estudo. Os atributos que não apresentaram dependência espacial foram a Ds e MaP na profundidade de 0,10-0,20 m e a RP e VTP na profundidade de 0,20-0,30 m. Esses resultados remetem ao preenchimento de algumas lacunas concernente ao comportamento espacial dos atributos da TPA cuja formação se deu pela ação da ocupação antrópica por longos períodos de tempo. Verifica-se, assim, a importância substancial dos fatores de formação mesmo para materiais de origem não convencionais como da TPA deste estudo.

De modo geral, os atributos apresentaram forte dependência espacial, com exceção da Ds, RP, MaP e MiP da profundidade de 0,0-0,05 m e MaP da profundidade de 0,05-0,10 m que apresentaram moderada dependência espacial segundo a classificação de Cambardella et al. (1994). Com relação ao alcance da dependência espacial, estes variaram de 10,00 a 55 m nas diferentes profundidades, todavia, os maiores alcances foram observados na camada superficial.

Os mapas de krigagem mostram semelhanças de distribuição para os atributos Ds e RP, ou seja, os maiores valores desses atributos ocorrem nas mesmas regiões da área de estudo. Os mapas permitem afirmar ainda, que a redução da MaP ocorre às expensas da Ds. A MaP, por sua vez, contribui diretamente para a distribuição espacial do VTP na área. Por outro lado, a distribuição da MiP ocorre inversamente proporcional a distribuição da MaP. Ainda para MiP verifica-se que em profundidade este atributo apresenta o comportamento mais distinto. Os atributos, de modo geral, apresentaram alcance ligeiramente superior a distância de amostragem utilizada, o que significa que apesar de constatado dependência espacial, essa variação é

expressivamente heterogênea, provavelmente devido a sua formação de natureza antrópica.

**Tabela 2.** Modelos e parâmetros estimados para os semivariogramas dos atributos físicos-hídrico do solo das diferentes profundidades da área de TPA sob cultivo de café.

Parâmetros	Ds	RP	MaP	MiP	VTP	US
----- 0,0 – 0,05 m -----						
<b>Modelo</b>	Esf	Esf	Esf	Esf	Exp	Esf
<b>C<sub>0</sub></b>	0,00705	0,09750	17,11296	2,76	2,12	0,37
<b>C<sub>0</sub>+C</b>	0,01382	0,19600	29,26593	7,784	20,1	13,38
<b>a (m)</b>	51,30	46,30	54,53	51,30	3,40	11,60
<b>R<sup>2</sup></b>	0,828	0,852	0,868	0,952	0,616	0,837
<b>GDE %</b>	51,01	49,74	58,47	34,45	10,55	2,76
----- 0,05 – 0,10 m -----						
<b>Modelo</b>	Esf	Exp	Esf	Exp	Exp	Exp
<b>C<sub>0</sub></b>	0,00072	0,013	14,110	1,42	2,81	1,4
<b>C<sub>0</sub>+C</b>	0,01444	0,104	28,470	13,2	19,08	12,37
<b>a (m)</b>	18,20	5,40	24,80	5,20	4,90	6,00
<b>R<sup>2</sup></b>	0,847	0,733	0,856	0,899	0,725	0,778
<b>GDE %</b>	4,98	12,5	49,56	10,75	14,73	11,32
----- 0,10 – 0,20 m -----						
<b>Modelo</b>	Lin	Exp	Lin	Exp	Esf	Esf
<b>C<sub>0</sub></b>	-	0,0151	-	1,06	5,36000	0,11
<b>C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub></b>	-	0,1632	-	7,756	22,74571	8,199
<b>a (m)</b>	-	4,00	-	5,90	15,00	13,70
<b>R<sup>2</sup></b>	-	0,700	-	0,741	0,672	0,874
<b>GDE %</b>	EPP	9,25	EPP	13,66	23,56	1,34
----- 0,20 – 0,30 m -----						
<b>Modelo</b>	Exp	Lin	Exp	Exp	Lin	Esf
<b>C<sub>0</sub></b>	0,00163	-	4,11	1,13	-	0,320
<b>C<sub>0</sub>+C</b>	0,1536	-	29,13	9,85	-	10,96
<b>a (m)</b>	5,90	-	6,90	5,30	-	12,10
<b>R<sup>2</sup></b>	0,780	-	0,725	0,935	-	0,794
<b>GDE %</b>	1,06	EPP	14,11	11,47	EPP	2,92

Ds: densidade do solo; RP: resistência do solo a penetração; MaP: macroporosidade; MiP: microporosidade; VTP: volume total de poros; US: umidade do solo. EPP: efeito pepita puro; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C: patamar; a (m): alcance (metros); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; GDE%: grau de dependência; Lin: linear; Exp: exponencial; Esf; esférico.

#### 4.2 Emissão de CO<sub>2</sub>, Temperatura e Umidade do Solo

Na tabela 3 são apresentados os resultados da estatística descritiva para Emissão de CO<sub>2</sub>, Temperatura e Umidade do solo. Os valores da média e



mediana são próximos para todas as variáveis estudadas, demonstrando uma distribuição simétrica dos dados, justificando assim os valores de assimetria e curtose próximos de zero, exceto para a Temperatura que apresentou valor de curtose de 2,07, mas para Sanchez et al. (2009) valores de assimetria e curtose menores que 1 demonstram tendência a normalidade. No entanto, os valores de média e mediana estão próximos, assegurando-lhe uma distribuição suficientemente simétrica e com caudas não muito alongadas viabilizando o uso das técnicas geoestatísticas (Carvalho et al., 2010), para Diggle e Ribeiro (2007) os valores de assimetria e curtose são sensíveis a valores extremos de forma que um único valor pode exercer grande influência nos seus resultados.

Com relação ao teste de normalidade dos dados submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov no qual mede a distância máxima entre os resultados de uma distribuição a ser testada e os resultados associados à distribuição hipoteticamente verdadeira (Gonçalves et al., 2001), verificou-se que para emissão de CO<sub>2</sub>, o teste não foi significativo, entretanto as demais apresentaram significância ao teste.

De acordo com a classificação do CV proposta por Warrick e Nielsen (1980), apenas a Temperatura apresentou baixa variabilidade (CV<12%), estando de acordo com a pequena amplitude dos valores de máximo e mínimo, os demais atributos apresentaram moderada variabilidade dos dados (CV entre 12 e 60%), Panosso et. al., (2008), estudando a variabilidade espacial de CO<sub>2</sub> em diferentes tipos de manejo, encontrou valores de CV entre 0,5 e 2,0% para a temperatura, CV entre 14 e 17% para a umidade e CV entre 35 a 45% para a emissão de CO<sub>2</sub>, D'andrea et. al., (2010) pesquisando sobre a variabilidade da emissão de Co<sub>2</sub> em floresta encontrou valores de CV de 52% para emissão de CO<sub>2</sub> e CV de 1,5% para a Temperatura.

**Tabela 3.** Estatística descritiva da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo em área de TPA sob cultivo de café.

Parâmetros	F.CO2	T	US
	μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	°C	%
Média	3,9914	27,872	22,018
Mediana	3,8800	27,825	22,000
Máximo	6,3300	29,680	29,500
Mínimo	2,4300	26,640	14,750
<sup>1</sup> DP	0,9057	0,464	2,863
Variância	0,8203	0,215	8,197

<sup>2</sup> CV%	22,69	1,66	13,00
Assimetria	0,85	0,54	0,24
Curtose	0,26	2,07	0,43
<sup>3</sup> d	0,01 <sup>ns</sup>	0,150*	0,150*

FCO<sub>2</sub> = emissão de CO<sub>2</sub> do solo; T = temperatura do solo; US = umidade do solo; <sup>1</sup>DP: desvio padrão; <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação; <sup>3</sup>d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, \*significativo a 5 % de probabilidade.

**Tabela 4.** Modelos e parâmetros estimados para os semivariogramas da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo em área de TPA sob cultivo de café.

Parâmetros	F.CO <sub>2</sub>	T	US
<b>Modelo</b>	Gaussiano	Esférico	Linear
<b>C<sub>0</sub></b>	0,483472	0,008300	-
<b>C<sub>0</sub>+C</b>	0,805655	0,178600	-
<b>a (m)</b>	87,4898	11,4000	-
<b>R<sup>2</sup></b>	0,904	0,846	-
<b>GDE %</b>	60,00	4,64	EPP

FCO<sub>2</sub> = emissão de CO<sub>2</sub> do solo; T = temperatura do solo; US = umidade do solo; EPP: efeito pepita puro; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C: patamar; a (m): alcance (metros); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; GDE%: grau de dependência;

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros dos semivariogramas ajustados aos modelos teóricos que melhor descrevem o comportamento da variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo em área de TPA sob cultivo de café e os mapas de krigagem e os semivariogramas constam em anexo. As variáveis apresentaram dependência espacial exceto para a umidade do solo, os valores de R<sup>2</sup> foram considerados na seleção dos semivariogramas e modelos para seu melhor ajuste, sendo de 0,904 para a emissão de CO<sub>2</sub> e 0,846 para a temperatura, os modelos escolhidos para as variáveis que apresentaram dependência espacial foram o gaussiano para a emissão de CO<sub>2</sub> e esférico para a temperatura. A umidade do solo na qual não apresentou dependência espacial foi atribuída a condição de efeito pepita puro (EPP), denotando que as amostras são independentes para as distâncias maiores que a menor distância entre as amostras utilizadas nesse estudo. Segundo Abreu et al., (2003) o efeito pepita é um parâmetro do semivariograma que indica a variabilidade não explicada, considerando a distância de amostragem utilizada, ou erros na obtenção dos dados.

O grau de dependência espacial (GDE) que foi proposta por Cambardella et al., (1994), sendo a razão C<sub>0</sub> / (C<sub>0</sub>+ C), indica o grau de

dependência espacial da emissão de CO<sub>2</sub> como moderada e para a temperatura do solo como forte.

O alcance (a) é o parâmetro no qual representa a distância máxima que os pontos da mesma variável estão correlacionados espacialmente, para a umidade do solo na existe valor de alcance, onde foi encontrada a condição de efeito pepita puro que significa ausência total de dependência espacial, já para a emissão de CO<sub>2</sub> e temperatura os valores foram de 87,4 m e 11,4 m, respectivamente.

Através dos mapas de krigagem podemos analisar as possíveis correlações entre as variáveis estudadas com sua posição na paisagem, observamos que nas regiões do mapa onde ocorrem os maiores valores de distribuição espacial para emissão de CO<sub>2</sub>, não foram os maiores valores encontrados para a temperatura, denotando que nesse estudo a variável temperatura não teve relação direta com a emissão de CO<sub>2</sub>, entretanto Panosso (2006) encontrou relação direta entre a emissão de CO<sub>2</sub> e a temperatura do solo. Apesar da emissão de CO<sub>2</sub> do solo ser uma variável dependente da temperatura e umidade do solo quanto à sua variabilidade temporal, vários autores afirmam que a contribuição desses fatores não é tão grande quando analisamos a variabilidade espacial de tal emissão (Yim et al., 2003; Tedeschi et al., 2006).

## **5.CONCLUSÕES**

A RP aumentou constantemente com o incremento da profundidade avaliada, seguindo comportamento semelhante à Ds, no entanto esses valores estão abaixo de 2 que é considerado valor crítico para crescimento das raízes e desenvolvimento das plantas.

A maioria dos atributos do solo apresentou dependência espacial, sendo os modelos esférico e exponencial que melhor se ajustaram aos semivariogramas.

Variações no espaço da emissão de CO<sub>2</sub> do solo não tem relação direta com a temperatura.

Os mapas de krigagem gerados nos mostram a correlação existente entre as variáveis e com a sua posição na paisagem

## 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; DALVAN, V.R.S. REINERT, J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Ciênc. Rural**, Santa Maria-RS, v.33, n.2, p.275-282, 2003.

ALHO, Leandro Coutinho. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em Cambissolo e Argissolo na região de Humaitá, AM. Manaus: UFAM, 2013. 99 f.; il. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - **Universidade Federal do Amazonas**, Manaus, 2013.

BERG, M. VAN DEN, OLIVEIRA, J.B. Variability of apparently homogeneous soils in São Paulo State, Brazil: I. Spatial analysis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.377-391, 2000.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação em um latossolo vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Rev. Bras. Ci. Solo**. Viçosa-MG, v.34, p.681-691, 2010.

BERNOUX, M., CARVALHO, M. S., VOLKOFF, B., CERRI, C. C. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Sci Soc Am J**. 66:888-896, 2002.

BURROUGH, P. A., MCDONNELL, R. A. Principles of geographical information systems. **Oxford University Press**, Oxford, UK, 2000.

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

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R. ; SOUZA JÚNIOR, V. S. ; RIBEIRO FILHO, M. R. ; SOUZA, R. V. C. C. ; ALMEIDA, M. C. . Caracterização e Classificação de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira. **Bragantia (São Paulo, SP. Impresso)**, v. 70, p. 18-27, 2011

CARVALHO, S.R.L.; VILAS BOAS, G.S.; FADIGAS, F.S. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em solos originados nos sedimentos da formação barreiras. **Cadernos de Geociências**, v.7, n.2, 2010.

CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.;MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming:

impacts and mitigation options. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.64, n.1, p.83-99, 2007.

CUNHA, T.J.F.;MADARI, B. E.;BENITES, V. M.; CANELAS, L. P. ;NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O. ; TROMPOWSKY, P. ; SANTOS, G. A. . Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, v. 37, p. 91-98, 2007

D' ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURI, N.; SILVA, C. A. Variações de curto prazo no fluxo e variabilidade espacial do CO<sub>2</sub> do solo em floresta native. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 85-92. 2010.

DIGGLE, P.J. & RIBEIRO JUNIOR, P.J. Model-based geostatistics. New York, **Springer**, 2007. 230p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 212p, 1997.

FANG, C.; MONCRIEFF, J. B.; GHOLZ, H. L.; CLARK, K. L. Soil CO<sub>2</sub> efflux and its spatial variation in a Florida slash pine plantation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 205, n. 2, p. 135-146, 1998.

FEARNSIDE, P.M., O potencial do setor florestal brasileiro para a mitigação do efeito estufa sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto. In: A.G. Moreira; S. Schwartzman (Eds.), As mudanças climáticas e os ecossistemas brasileiros, vol. Instituto de Pesquisas da Amazônia (IPAM), **Woods Hole Research Center and Environmental Defense**, Brasília, DF., p. 165, 2000.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J.D.V. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1.149-57, 2001.

GRANDY, A. S.; ROBERTSON, G. P. Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. **Ecosystems**, New York, v. 10, p.58-73, 2007

HANSON, P. J.; WULLSCHLEGER, S. D.; BOHLMAN, S. A.; TODD, D. E. Seasonal and topographic patterns of forest floor CO<sub>2</sub> efflux from an upland oak forest. **Tree Physiology**, Victoria, v. 13, n. 1, p. 1-15, 1993.

HOUGHTON, J., Global warming. **Reports on progress in physics** 68, 1343-1403. 2005.

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

JANSSENS, I. A.; KOWALSKI, A. S.; CELEUMANS, R. Forest floor CO fluxes 2 estimated by eddy covariance and chamber-based model. **Agricultural and Forest. Meteorology**, Amsterdam, v. 106, p. 61-69, 2001.

KANG, S.; KIM, S.; OH, S.; LEE, D. Predicting spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography, surface cover, and air temperature. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.136, n.1-3, p.173-84, 2000.

LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO<sub>2</sub> emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, USA, v.91, p.244-248, 2006.

LAL, R. FAUSEY, N. R.; ECKERT, D. J. Land use and soil management effects on emissions of radiatively active gases from tow soils in Ohio. In. LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Ed). **Soil management and greenhouse effect**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1995, p. 41-57.

LEMOS FILHO, L.C.A.; OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; ANDRADE, L. A. B.. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em uma área cultivada com cana-de-açúcar (*saccharum officinarum* L.). . **Revista Ciência Agronômica** (UFC. Impresso), v. 39, p. 193-202, 2008

LONGDOZ, B.; YERNAUX, M.; AUBINET, M. Soil CO efflux measurements in 2 a mixed forest: impact of chamber disturbances, spatial variability and seasonal evolution. **Global Change Biology**, Oxford, v. 6, p. 907-917, 2000.

LUCA, E.F.; FELLER, Christian; CERRI, Carlos Clemente; BARTHÈS, Bernard ; Chaplot, V. ; CAMPOS, Dinaílson Corrêa de ; MANEQUINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 789-800, 2008.

MATTHEWS, R.; WASSMANN, R., Modelling the impacts of climate change and methane emission reductions on rice production: a review. *European Journal of Agronomy* 19, 573- 598. 2003

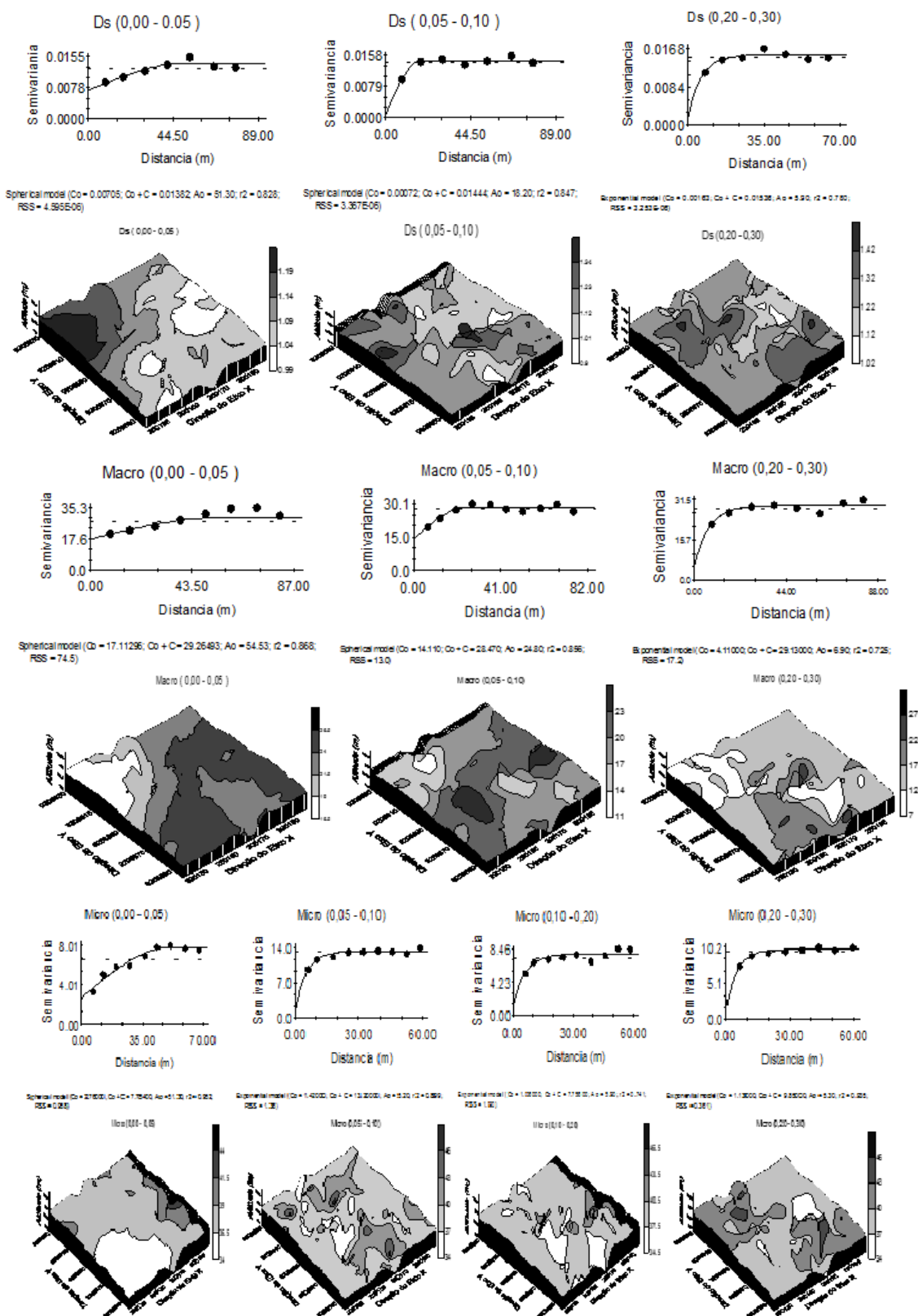
MINITAB Release 14.1, **Statistical Software**. US/Canada. 2000.

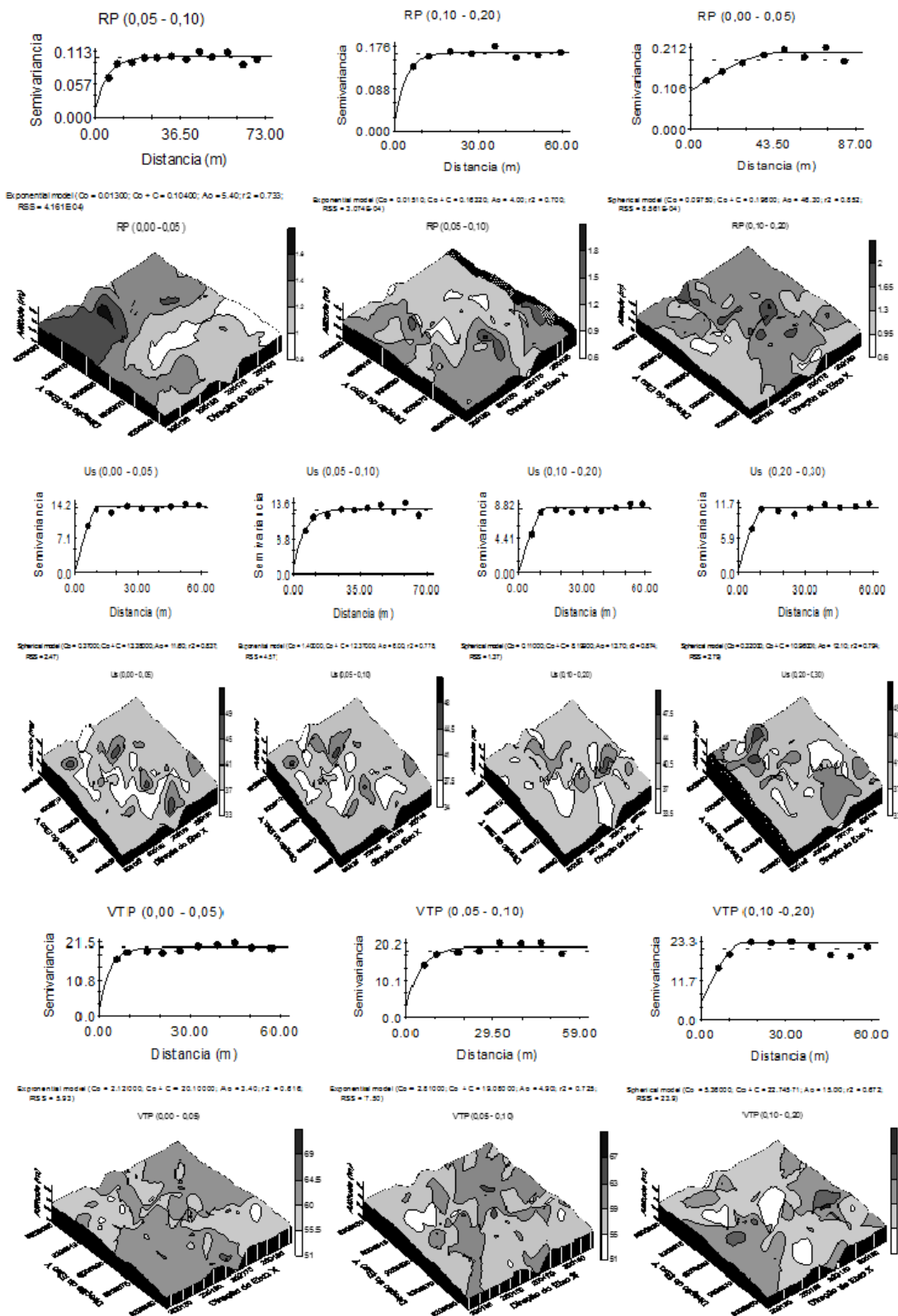
- NEVES JUNIOR, Afrânio Ferreira. Qualidade física de solos com horizontes antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central. Piracicaba, 2008. 93 p. : il. Tese (Doutorado) - **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, 2008.
- OHASHI, M.; GYOKUSEN, K. Temporal change in spatial variability of soil respiration on a slope of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) forest. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 39, n. 5, p. 1130-1138, 2007.
- PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T.; LOPES, A.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Emissão de CO<sub>2</sub> num latossolo após preparo convencional e reduzido em período seco e chuvoso. **Científica** (UNESP), v. 34, p. 257-262, 2006.
- PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T.; LOPES, A.; PEREIRA, G.T.; LA SCALA JR, N. Emissão de CO<sub>2</sub> em um Latossolo após preparo convencional e reduzido em períodos seco e chuvoso. **Científica**, v. 34, n.2 p. 257-262, 2006.
- PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; Marques Júnior, J.; La Scala Júnior, N. Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub> em latossolo sob cultivo de cana de açúcar em dois sistemas de manejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 227-236, 2008
- PAUSTIAN, K.; ANDREN, O.; JANZEN, H. H.; LAL, R.; SMITH, P.; TIAN, G.; TIESSEN, H.; VANNOORDWIJK, M.; WOOMER, P. L. Agricultural soils as a sink to mitigate CO<sub>2</sub> emissions. **Soil Use and Management**, Oxon, v. 13, n. 4, p. 230–244, 1997.
- REICOSKY, D.C.; LINDSTROM, M.J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**, 85, p. 1237-1243, 1993.
- SANCHEZ, R.B.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T.; MARTINS FILHO, M.V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, Campinas-SP, v.68, p.1095-1103, 2009.
- SARTORI, F.; LAL, R.; EBINGER, M.H.; PARRISH, D.J. Potential soil carbono sequestration and CO<sub>2</sub> offset by dedicated energy crops in the USA. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Philadelphia, v.25: 441-472, 2006.
- SDS - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Relatório técnico síntese dos diagnósticos: **Área estadual sul de Apuí e Manicoré**. Manaus, 2004. 20p.

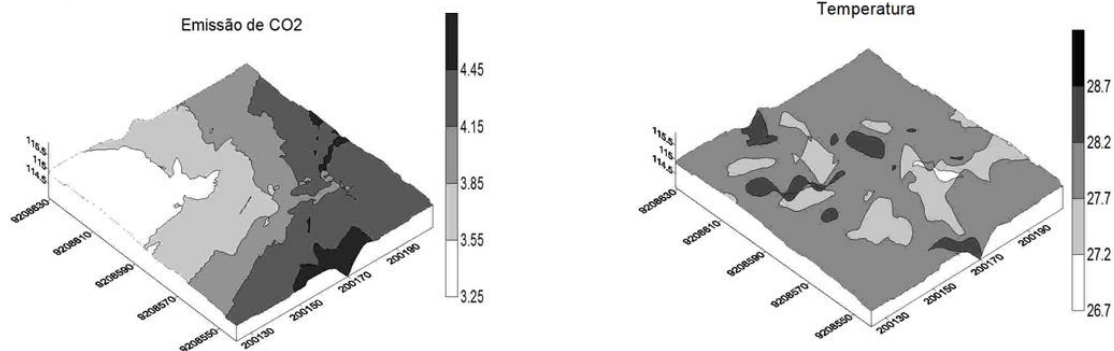
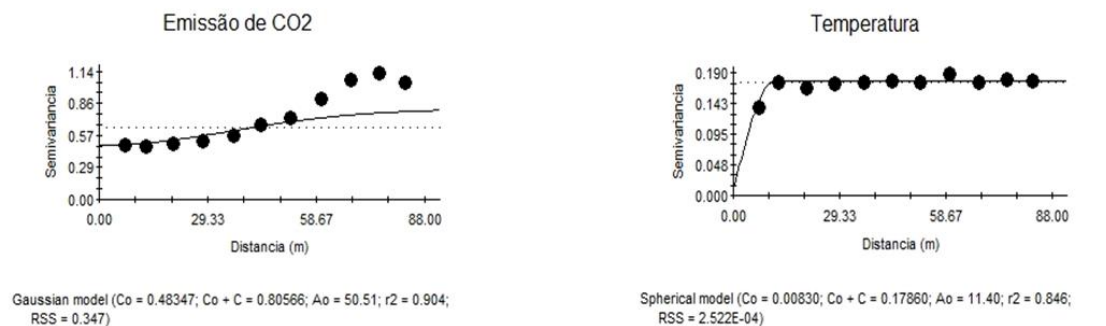
- SINEGANI, A.A.S.; MAHBOOBI, A.A.; NAZARIZADEH, F. The effect of agricultural practices on the spatial variability of arbuscular mycorrhiza spores. **Turkish Journal of Biology**, Ankara, v.29, n.3, p.149-53, 2005.
- SOUZA, Z.M.; CAMPOS, M.C.C.; CAVALCANTE, I.H.L.; MARQUES JÚNIOR, J.; CESARIN, L.G.; SOUZA, S.R. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água do solo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Ciênc. Rural**, Santa Maria-RS, v.36, n.1, 2006.
- SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MOREIRA, L.F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1763-1771, 2004.
- TEDESCHI, V.; REY, A.; MANCA, G.; VALENTINI, R.; JARVIS, P.L.; BORGHETTI, M. Soil respiration in a Mediterranean oak forest at different developmental stages after coppicing. **Global Change Biology**, Oxford, v.12, n.1, p.110-21, 2006
- TORMENA, C.A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Rev. Bras. Ci. Solo**. Viçosa-MG, v.20, p.333-339, 1996.
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M., eds. Tópicos em Ciência do Solo, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2002. v. 2, p. 1-45.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: **Academic Press**, 1980. cap. 2, p.319-344.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. Statistical methods in soil and land resource survey. New York: **Oxford University Press**, 316 p.1990.
- YIM, M. H.; JOO, S. J.; SHUTOU, K.; NAKANE, K. Spatial variability of soil respiration in a larch plantation: estimation of the number of sampling points required. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 175, n. 1-3, p. 585-588, 2003.



### 7. ANEXO







## 8. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Nº	Descrição	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
		2013					2014						
1	Atualização da Revisão de Literatura	X											
2	Seleção e Identificação da área de estudo.	X											
3	Divisão da área em Malhas		X										
4	Coleta de solo			X									
5	Avaliação do CO <sub>2</sub> , temperatura e umidade do solo				X	X							
6	Avaliação do CO <sub>2</sub> , temperatura e umidade do solo					X							
7	Análises Laboratoriais					X	X						
8	Análises Estatísticas						X	X					
9	Discussão dos								X	X	X		

