

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

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA, UMIDADE DO SOLO E  
EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> EM ÁREAS DE PASTAGENS NA REGIÃO SUL DO  
AMAZONAS

Bolsista: Diogo André Pinheiro da Silva, CNPq

HUMAITÁ  
2012

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

RELATÓRIO FINAL  
PIB – A –004/2011-2012  
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA, UMIDADE DO SOLO E  
EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> EM ÁREAS DE PASTAGENS NA REGIÃO SUL DO  
AMAZONAS

Bolsista: Diogo André Pinheiro da Silva, CNPq  
Orientador: Drº Milton César Costa Campos

HUMAITÁ  
2012

## RESUMO

O conhecimento quanto ao comportamento da distribuição espacial da temperatura, umidade do solo e emissão de CO<sub>2</sub>, é uma premissa básica para entender o ecossistema terrestre como fonte ou dreno de CO<sub>2</sub>. Já que o mesmo pode ser capturado pela vegetação e também trocado entre o solo e a atmosfera. O gás é produzido essencialmente pela respiração das raízes e decomposição da matéria orgânica através da atividade microbiana, que pode sofrer alterações quanto ao uso e manejo de solos, o qual, nos últimos anos vem sendo considerado um possível indicador de alterações climáticas a partir de sua interferência junto ao efeito estufa. A respiração do solo pode apresentar grande variabilidade espacial em determinadas variáveis analisadas em pontos distintos dentro da área de estudo, a partir dessa concepção lança-se mão a geoestatística, isto é, esta técnica leva em consideração a distância e covariância entre as variáveis analisadas e os resultados podem ser apresentados através de semivariogramas pelo método da krigagem nos mapas de elevação. Neste presente trabalho foi investigada a emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo, em uma área de pastagem onde foi realizado o mapeamento de uma malha de 70 x 70m, com espaçamentos regulares de 10 em 10m, totalizando 64 pontos em toda malha. Os modelos de variabilidade espacial para a emissão de CO<sub>2</sub> mudam de exponencial para esférico do primeiro período em relação ao segundo. A partir dos mapas de krigagem das variáveis indicam que a variação espacial da emissão de CO<sub>2</sub> do solo teve como fator limitante a umidade do solo, pois proporcionou alterações na atividade microbiana resultando em maiores emissões no período mais úmido.

Palavras Chave: variabilidade espacial, pastagens, geoestatística.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Emissão de CO <sub>2</sub> .....	6
2.2 Variabilidade espacial de CO <sub>2</sub> do solo .....	6
3. METODOLOGIA .....	8
3.1 Caracterização do meio físico .....	8
3.2 Metodologia de campo e laboratório.....	8
3.3 Determinação da evolução de CO <sub>2</sub> .....	8
3.4 Análise estatística e geoestatística.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	11
5. CONCLUSÕES.....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
7. ANEXOS.....	20

## 1. INTRODUÇÃO

Com as recentes evidências que relacionam as mudanças do clima ao aumento da concentração de gases do efeito estufa, segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2001) é cada vez mais importante investigar a emissão de gases provenientes de atividades agrícolas diversas. Sendo assim, o balanço do principal gás do efeito estufa adicional, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o qual, pode ser capturado pela vegetação e trocado entre o solo e a atmosfera, passa a ser um dos principais componentes de investigação científica especialmente em ambiente amazônico.

O  $\text{CO}_2$  emitido pelo solo é produzido essencialmente pela respiração das raízes das plantas e atividade microbiana, com a decomposição da matéria orgânica promovida pela ação dos microrganismos. No caso de solos desprovidos de vegetação, a produção de  $\text{CO}_2$ , é parte integrante do processo, emissão e transporte do gás do interior do solo até a superfície, que é governado pela equação de difusão, ou seja, a taxa com que o  $\text{CO}_2$  é liberado do solo para a atmosfera é controlada pelo gradiente de concentração de  $\text{CO}_2$  existente entre o solo e a atmosfera. Esses processos são influenciados, em primeira ordem, pela temperatura e pela umidade do solo, atributos com grande variabilidade temporal e espacial e que guarda relação direta com as condições climáticas e topográficas do local onde o gás está sendo produzido (KANG et al., 2000).

A variabilidade espacial das propriedades do solo ocorre naturalmente devido a fatores pedogênicos diversos, assim como pelo uso e manejo dos solos e como consequência as propriedades do solo podem exibir variabilidade espacial em macro, meso e micro escalas. O uso de análises geoestatística tem sido utilizado para mensurar uma série de propriedades físicas e químicas do solo em sua maioria (GONÇALVES et al., 2001), também para algumas propriedades biológicas (SINEGANI et al., 2005). Entretanto esta última relacionada à variabilidade da temperatura e da umidade do solo, que são possíveis fatores influenciadores na alteração da emissão de  $\text{CO}_2$  no ecossistema terrestre.

Como as propriedades do solo podem sofrer grande variabilidade espacial em seus atributos, onde os mesmos não podem ser analisados através da estatística clássica. Então a partir de 1951 krige em estudos sobre a concentração de ouro em áreas de minas na África do Sul, observou que não podia levar em consideração a concentração das variáveis analisadas, pois não seriam as mesmas em toda a área de estudo. Posteriormente em 1964 Matheron dando prosseguimento aos estudos de krige, desenvolveu a teoria das variáveis regionalizadas a “Geoestatística”. O uso de técnicas de geoestatística trazem informações importantes sobre o comportamento dos atributos do solo (WANG et al., 2002). Pois a associação entre

geoestatística e atributos do solo incorporam funções que relacionam distância e covariância de atributos do solo entre os pontos nas análises espaciais tornando assim as determinações mais acuradas que quando considera que essas propriedades não são espacialmente dependentes. Para que isso seja possível lança-se mão aos semivariogramas, afim de, reduzir a necessidade de amostragem intensa na chamada agricultura de precisão (WEBSTER; OLIVER, 1990). 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).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Emissões de CO<sub>2</sub>

O efeito estufa é um fenômeno natural formado por gases presente na baixa estratosfera formando uma camada espessa que permite a vida na terra, fato este que antecede a existência de qualquer organismo vivo na terra. Este fenômeno permite que parte da irradiação seja absorvida na atmosfera e conseqüentemente aumenta a temperatura média e proporciona que a superfície do planeta apresente uma temperatura média em torno de 27 °C.

O CO<sub>2</sub> emitido pelo solo é produzido essencialmente pela respiração das raízes, decomposição da matéria orgânica e atividade microbiana. No caso de solos desprovidos de vegetação, tal emissão não provém da respiração das raízes, sendo a produção deste gás no interior do solo totalmente relacionada à atividade microbiana. Além da produção de CO<sub>2</sub> pelas raízes e pela ação dos microorganismos, faz parte desse processo de emissão o transporte do gás do interior do solo até à superfície que é governado pela equação de difusão (RIBEIRO, 2005). Esses processos são influenciados, em primeira ordem, pela temperatura e umidade do solo, atributos que apresentam grande variação espaço-temporal que tem resposta direta às condições climáticas e topográficas do local onde o gás está sendo produzido (KANG et al., 2000).

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

Ao manejar diferentes tipos de solo pode se observar a diferenciação na variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub> em áreas agrícolas PANOSSO et al. (2009) ao realizar experimentos em um latossolo utilizado para o cultivo de cana de açúcar em diferentes tipos de manejos cana crua e cana queimada, e analisar como as variações espaciais da temperatura e umidade do solo se relacionam com a estrutura espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, constatou que somente com cana queimada foi observada correlação entre os maiores e menores valores da emissão da temperatura e da umidade do solo com a declividade do terreno, e maior média de emissão de CO<sub>2</sub> do solo. Esse fato não foi verificado nos locais de manejo com cana crua, onde a palhada estava presente na superfície do solo.

A variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub> é determinada pela variação de atributos do solo relacionados à produção e ao transporte de CO<sub>2</sub> do interior do solo, considerando que a distribuição desses atributos ocorre por influencia da topografia segundo BRITO (2008) as variações espaciais na emissão de CO<sub>2</sub> em topografias côncavas são mais altas do que em topografias linear.

Em relação às variações de curto prazo do fluxo e variabilidade espacial do CO<sub>2</sub> do solo em floresta nativa, D'ANDREA et al. (2010) relatou que a mata nativa apresenta

variabilidade espacial dos fluxos de CO<sub>2</sub> do solo aleatórios e altamente variável em curta distância e as condições de emissão de CO<sub>2</sub> do solo em um sistema de floresta nativa os estudos são um fenômeno de natureza complexa, não sendo possível um único atributo do solo ou do ambiente que, isoladamente, explique sua variação no espaço.

ROCHETT et al (1991), ao estudar áreas sobre o cultivo de milho e áreas desprovidas de vegetação, para avaliar a variabilidade espacial da respiração do solo, os semivariogramas não mostraram nenhuma correlação na variabilidade espacial da respiração do solo sobre os solos desprovidos de vegetação. Em áreas sobre o cultivo do milho a respiração do solo foi significativa e promoveu grandes alterações quanto ao solo úmido e seco, pois a atividade microbiana nas áreas úmidas foi dominante para alteração da respiração do solo.

SCHWENDENMANN et al. (2003) afirma que a relação da emissão de CO<sub>2</sub> do solo para a atmosfera por intermédio de microrganismos é controlada pela taxa de produção do gás no solo, gradiente de temperatura no mesmo e na atmosfera, perante essa concentração na interface solo-atmosfera com propriedades físicas do solo e flutuações da pressão atmosférica no ambiente que está sendo analisados, esses processos também sofrem influencia da quantidade e qualidade da serapilheira no solo, pois afetam as taxas de emissão de CO<sub>2</sub>.

DIAS (2006) com o objetivo de avaliar a variabilidade dos fluxos de CO<sub>2</sub>, decorrentes de diferentes florestas nativas da Amazônia e determinar os principais fluxos de CO<sub>2</sub> do solo mediante temperatura e umidade, nos períodos seco e chuvoso, os maiores fluxos de CO<sub>2</sub> foram obtidos durante o período chuvoso, indicando que a disponibilidade de água e a temperatura do solo foram os principais condicionadores da produção de CO<sub>2</sub>, e quando analisada as amostras de serapilheira e raízes para estimar o estoque e a influencia sobre os fluxos de CO<sub>2</sub> do solo, e que as mesmas são vias de entrada de nutrientes e principalmente de carbono para o solo observou-se que as regiões de maiores estoques foram encontradas na estação seca.

EPRON (2004) afirma que, ao quantificar a respiração do solo em uma plantação de eucaliptos e investigar os componentes temporais e espaciais do ecossistema a respiração do solo na estação seca com valores mínimos e valor máximo após o umedecimento do solo na estação chuvosa, tanto a respiração do solo como a temperatura co-variam entre as estações, e a atividade microbiana associada à decomposição são responsáveis pela maior parte da variabilidade da respiração do solo.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterizações do meio físico

A área de estudo localiza-se nas imediações do município de Humaitá, Sul do Estado do Amazonas, situada nas coordenadas geográficas de 7° 26' 50" S e 63° 02' 56" W. A vegetação característica é a Floresta Tropical Densa, constituída por árvores adensadas e multiestratificadas entre 20 e 30 m de altura. Os solos segundo ZEE-AM (2008) são classificados como Latossolos Amarelos e Gleissolos. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração (AM), temperaturas variando entre 25 e 27 °C e precipitação média anual de 2.500 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho e umidade relativa do ar entre 85 e 90% (Brasil 1978).

#### 3.2 Metodologia de campo e laboratório

Foi realizado o mapeamento de uma malha de 70x70 m, com espaçamentos regulares de 10 em 10 m, totalizando 64 pontos amostrais, donde nos mesmos foram realizadas coletas de temperatura, umidade e emissão de CO<sub>2</sub>. Os pontos foram georreferenciados com equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de Elevação (MDE).

As coletas foram realizadas nos períodos seco (mês de maio) e úmido (mês de julho), onde foram realizadas quatro coletas das variáveis (temperatura, umidade e emissão de CO<sub>2</sub>) em dias consecutivos para cada mês.

#### 3.3 Determinações da evolução de CO<sub>2</sub>

A emissão de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>) foi registrada com um sistema automatizado portátil de fluxo de CO<sub>2</sub> do solo 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 gás 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 PVC previamente inseridos no solo a uma profundidade de três cm. A utilização dos colares de PVC é decorrente ao fato 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 da 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.

Mediante a instalação dos colares na área de pastagem, a liteira foi removida, expondo assim a superfície do solo, antes da inserção dos colares. Após essa etapa, os colares foram

novamente recobertos com a liteira 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 liteira antes da avaliação e cobrindo novamente o colar após o término da leitura, em cada ponto do ambiente estudado.

No momento da avaliação da emissão 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 duração de 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 (TS) é 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, registrada utilizando-se de um aparelho TDR (Time Domain Reflectometry) - Campbell® Hydrosense™ Campbell Scientific, Austrália, constituído por uma sonda apresentando duas hastes de 12 cm e inseridas no interior do solo o mais perpendicular possível em relação à sua superfície, nos locais próximos aos colares de PVC. Onde foram realizadas concomitantemente às avaliações de emissão de CO<sub>2</sub> e temperatura do solo em cada um dos pontos.

### 3.4 Análise estatística e geoestatística

Os dados foram submetidos à análise estatística para determinação da média, coeficiente de variação, assimetria e curtose. Estas análises foram realizadas no software estatístico Minitab 14 (MINITAB, 2000).

Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística (ISAACS & SRIVASTAVA, 1989). Sob a teoria da hipótese intrínseca, o semivariograma experimental que é estimado pela Equação:

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

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, 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 matemática permissível realizada à interpolação dos dados por meio da krigagem e utilizado o inverso do quadrado da distância como interpolador para os atributos que não apresentaram estrutura de dependência espacial. A análise geoestatística foi realizada no software GS+ para o ajuste dos semivariogramas e Surfer (versão 8.00) para a confecção dos mapas de elevação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi realizada a análise estatística, para os dois períodos de coleta, os valores médios de fluxo de CO<sub>2</sub>, estiveram em torno de 4,13  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para os dias Juliano do mês de maio 127 a 130, ocorrendo uma diminuição na média para 3,82  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  no mês de julho dias 193 a 196 (tabela 1). Proporcionando assim um decréscimo no fluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Esse decréscimo pode ser atribuído as condições de menor umidade média do solo de 12,50 % durante a segunda observação comparado com uma umidade média do solo de 27,05 %, que foi observado na primeira coleta. Segundo Mariko, Urano e Asanuma (2007) afirmam que eventos de molhamento aumentaram a emissão de CO<sub>2</sub> do solo de pastagem, na região semi-árida, se o teor volumétrico de água no solo fosse inferior a 10 %. A atividade microbiana pode ser alterada devido à umidade e temperatura do solo. PANOSSO et al. (2009) afirmam que o fluxo de CO<sub>2</sub> do solo tem como fator limitante para atividade microbiana a umidade do solo, pois, em estudo sobre diferentes lâminas de molhamento em latossolo desprovido de vegetação, apesar da diminuição da temperatura do solo nos locais mais molhados, a emissão de CO<sub>2</sub> do mesmo aumentou. A temperatura do solo teve uma pequena alteração na média de 28,77 °C na primeira coleta para 27,92 °C na segunda, perante o pressuposto que a temperatura do solo é um dos fatores mais importantes no processo de emissão de CO<sub>2</sub>, altas temperaturas resultam em uma maior taxa de mineralização do carbono no solo (FANG et al. 1998). Os resultados indicam que na primeira coleta onde a temperatura foi mais elevada a concentração de CO<sub>2</sub> no solo era maior, porém, a alta umidade pode ter causado as maiores emissões induzidas pelo deslocamento do gás do interior do solo para a superfície no processo de infiltração de água no solo na primeira observação.

**Tabela 1.** Estatística descritiva da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo, para todos os dias de avaliação.

<b>Emissão de CO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}</math>)</b>					
<b>Dia</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>	<b>C. V.</b>
127-130	4,13	1,54	0,87	0,87	37,24
193-196	3,82	1,32	1,50	3,09	34,58

<b>Umidade do solo (% volume)</b>					
<b>Dia</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>	<b>C. V.</b>
126-129	27,05	4,28	-0,31	0,92	15,78
193-196	12,50	3,47	0,13	0,40	27,72

<b>Temperatura do solo (°C)</b>					
<b>Dia</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>	<b>C. V.</b>
126-129	28,77	0,59	0,87	1,74	2,06
193-196	27,92	0,84	0,28	-0,07	3,00

Os coeficientes de assimetria e curtose indicam, se a distribuição dos dados de uma variável está próxima à distribuição normal (coeficientes iguais à zero). Segundo GONÇALVES et al. (2001) a condição de normalidade não é exigência para a análise geoestatística, o importante é que a distribuição não apresente caudas muito alongadas que possam comprometer a análise. As variáveis não apresentaram altos valores para os coeficientes de assimetria e curtose e a distribuição dos dados pode ser considerada próxima a distribuição normal. Com base no critério de classificação adotado por WARRICK e NIELSEN (1980), a emissão de CO<sub>2</sub> foi a variável que apresentou os maiores valores de C. V., sendo classificados como altos (> 24 %). A temperatura do solo apresentou os menores valores de C. V., classificados como baixos (< 12 %). A umidade do solo apresentou valores médios de C. V., para o mês de maio (12 % < C.V. > 24 %), e altos para julho (> 24 %). Os resultados deste estudo se assemelham aos estudos realizados por EPRON (2004), com coeficiente de variação para o estudo sobre variabilidade espacial da respiração do solo em plantação de eucalipto, onde obtiveram valores de coeficiente de variação entre 25 e 50 %. Entretanto a alteração no fluxo de CO<sub>2</sub> do solo dentro de uma área em períodos distintos pode ser considerada, como indicativo de sua variação espacial, todavia com o intuito de compreender melhor a distribuição espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo, lançamos mão da análise geoestatística.

A partir dos dados para os dois período foi observado estrutura para a variabilidade de distribuição espacial para a emissão de CO<sub>2</sub> do solo em todos os dias estudados (tabela 2 e figura 1) para os quais o semivariograma alternou de exponencial para esférico. O mesmo pode ser observado para a temperatura e umidade do solo, onde os modelos mudaram de esférico para exponencial (tabela 2 e figuras 2 e 3). Considerando que as coletas foram realizadas em dois períodos distintos em uma transição do período chuvoso para o seco, pode-se observar uma mudança significativa na umidade e conseqüentemente na temperatura e emissão de CO<sub>2</sub> do solo, Ohashi e Gyokusen (2007), afirmam em estudo sobre caracterização da variabilidade espacial da respiração em floresta diferentes modelos e alcances de variabilidade espacial em quatro diferentes estações do ano, onde a umidade do solo, pH, teores de nitrogênio e carbono, relação C/N e a altitude, também houve alterações entre as

estações do ano. Segundo Isaaks e Srivastava (1989) modelos esférico e gaussiano descrevem fenômenos menos erráticos, sem grandes variações, quando comparados pontos próximos, em pequena escala. As alterações ocorridas durante os dois períodos de coletas sugerem que em áreas de pastagens em regiões tropicais, principalmente entre estação chuvosa a umidade do solo é o fator determinante no processo de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, contribuindo não apenas para alterações temporais, mas também para alteração espacial das emissões.

**Tabela 2.** Parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas, grau de variabilidade espacial, coeficiente de determinação para a emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo para as duas coletas. Para os dias 127-130 (maio) e 193-196 (julho).

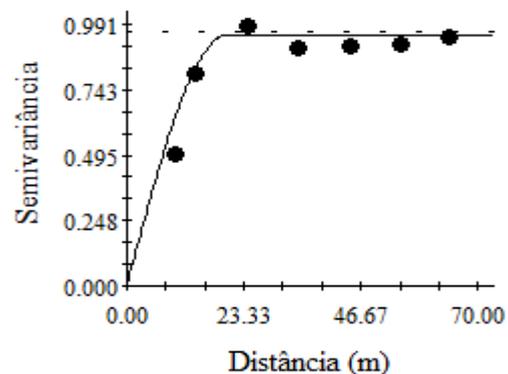
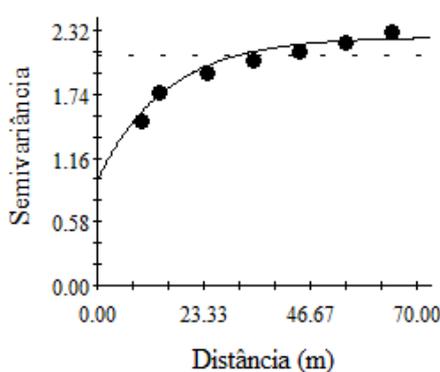
Emissão de CO <sub>2</sub>						
Dia	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> )	a (m)	r <sup>2</sup>
127-130	Exp.	0,95	2,26	0,60	45,00	0,96
193-196	Esf.	0,009	0,95	19,94	19,94	0,96

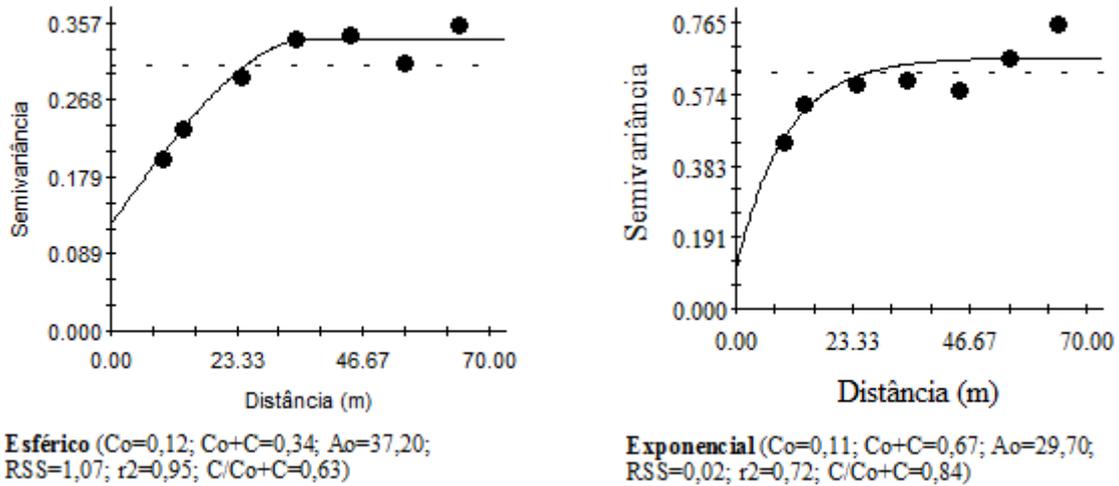
Temperatura do Solo						
Dia	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> )	a (m)	r <sup>2</sup>
127-130	Esf.	0,12	0,34	0,63	37,20	0,95
193-196	Exp.	0,11	0,67	0,84	29,70	0,72

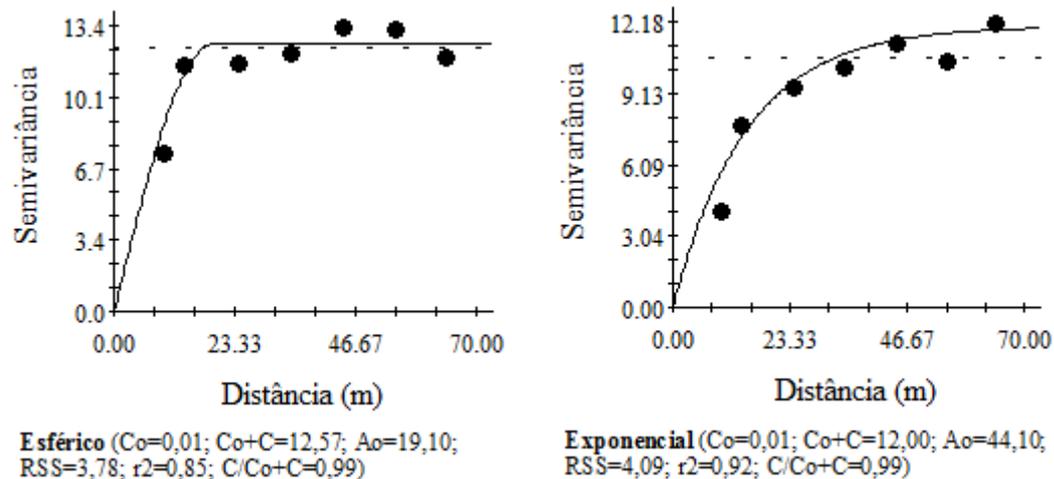
Umidade do Solo						
Dia	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> )	a (m)	r <sup>2</sup>
127-130	Esf	0,01	12,57	0,99	19,10	0,85
193-196	Exp.	0,01	11,99	0,99	41,10	0,92



**Figura 1.** Semivariogramas experimentais e modelos ajustados para a emissão de CO<sub>2</sub> do solo. Para os dias 127-130 (maio) e 193-196 (julho).



**Figura 2.** Semivariogramas experimentais e modelos ajustados para a temperatura do solo. Para os dias 127-130 (maio) e 193-196 (julho).



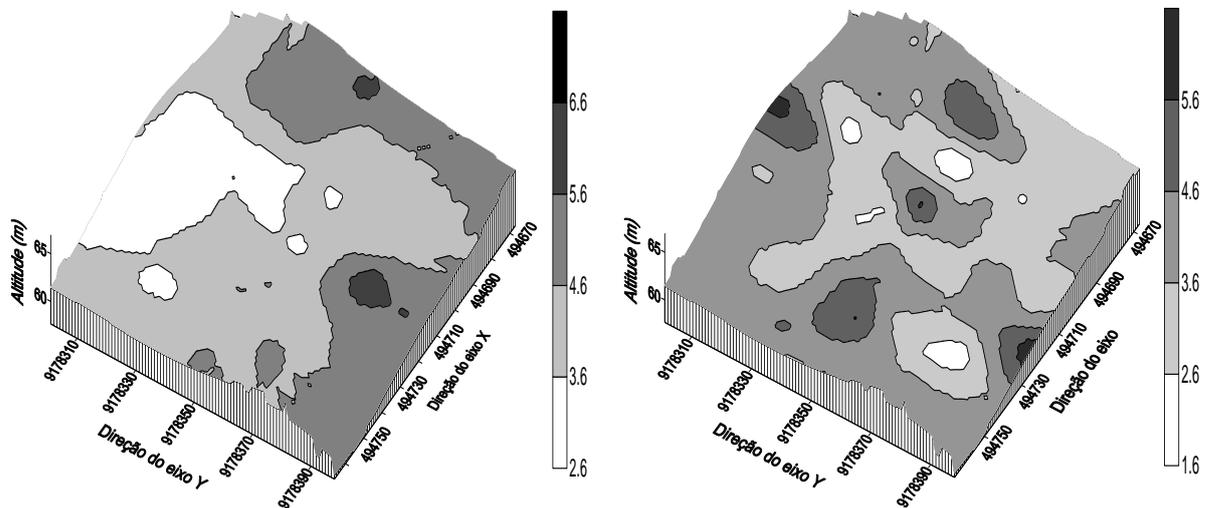
**Figura 3.** Semivariogramas experimentais e modelos ajustados para a umidade do solo. Para os dias 127-130 (maio) e 193-196 (julho).

O alcance ( $a$ ) é um importante parâmetro no estudo do semivariograma, pois representa a distância na qual não há correlação espacial entre os pontos de uma mesma variável. Os valores de alcances estimados a partir dos modelos ajustados aos semivariogramas experimentais da emissão de  $CO_2$  do solo para a coleta de maio período úmido foi maior (de 45,00 m) e menor valor (de 19,94 m) na coleta de julho período seco, LA SCALA et al. (2000) em estudo realizado sobre mudanças temporais da variabilidade da emissão de  $CO_2$  em latossolo, encontraram valores de alcances de 58,4 m e 29,6 m e efeito pepita puro para um dos dias avaliados, esses valores se assemelham aos dados das coletas já que os mesmos foram obtidos a partir de uma área de solo descoberto de vegetação.

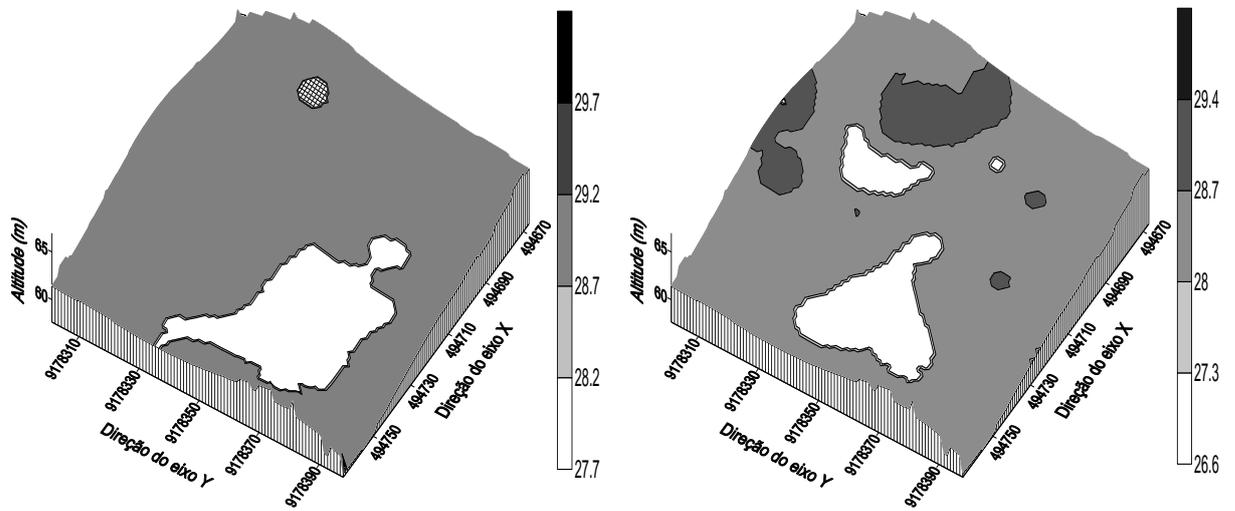
Com o objetivo de facilitar a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo utiliza-se a análise  $Co/(Co+C_1)$  que expressa em percentual o efeito

pepita em relação ao patamar, somente a emissão de CO<sub>2</sub> na primeira coleta (maio) pode ser classificada como moderada espacialmente dependente ( $0,25 < Co/(Co+C_1) > 0,75$ ), em estudos realizados por LA SCALA (2000) para emissão de CO<sub>2</sub> em solos desprovidos de vegetação mostraram padrões de dependência espacial moderados em sua maioria. À medida que a temperatura para o período úmido apresentou ( $Co/(Co+C_1) < 0,75$ ), e por lado todos os outros resultados podem ser considerados como possuindo fraca dependência espacial, pois apresentaram ( $Co/(Co+C_1) > 0,75$ ).

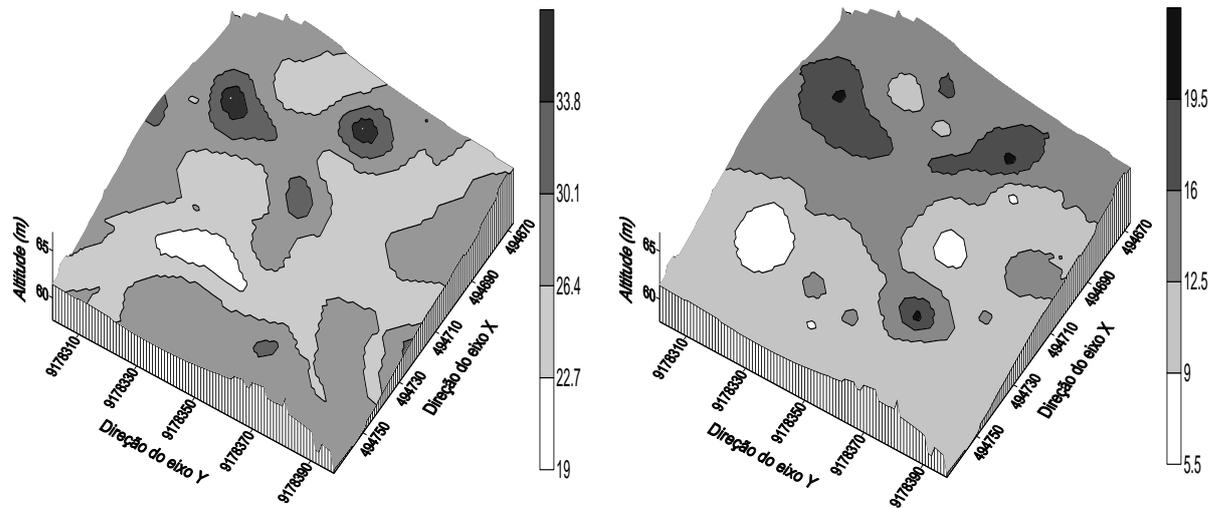
Nas figuras 4, 5 e 6 são apresentados os mapas de fluxo de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo, para os dois períodos de coletas. A distribuição do fluxo de CO<sub>2</sub> para o primeiro período de coleta (maio) indica uma tendência de concentração dos valores (2,6 a 6,6  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) em toda a área de estudo, porem apresentando uma baixa para a segunda coleta (1,6 a 5,6  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Nesses dois períodos fica claro a influencia da presença da temperatura e umidade do solo, já que na primeira coleta onde a umidade apresentou valores de (19 a 33,8 %) e para a segunda coleta de (5,5 a 19,5 %) e a temperatura prevaleceu os valores entre (26,6 a 29,7 °C) a partir dos mapas de krigagem fica nítida a influencia da temperatura e umidade na alteração da emissão de CO<sub>2</sub> do solo que foi mais elevada na primeira coleta (maio) e a umidade se caracterizaram como fator limitante a atividade microbiana no solo.



**Figura 4.** Mapas de padrão espacial de emissão de CO<sub>2</sub> (FCO<sub>2</sub>  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Para os dias 127-130 (maio) e 193-196 (julho).



**Figura 5.** Mapas de padrão espacial de temperatura do solo. Para os dias 127-130 (maio) e 193-196 (julho).



**Figura 6.** Mapas de padrão espacial de umidade do solo. Para os dias 127-130 (maio) e 193-196 (julho).

## 5. CONCLUSÕES

1. A área de pastagem apresentou maior emissão de CO<sub>2</sub> do solo no primeiro período de coleta (maio).
2. Mediante os mapas de krigagem das variáveis indicam que a variação espacial da emissão de CO<sub>2</sub> do solo entre os dois períodos pode ser relacionada às variações de temperatura e umidade do solo.
3. Os resultados indicam que o fator limitante a atividade microbiana neste estudo foi à umidade, pois, apesar da temperatura do solo ter sofrido pequenas variações, no primeiro período onde a umidade foi maior, a emissão de CO<sub>2</sub> do mesmo foi maior.

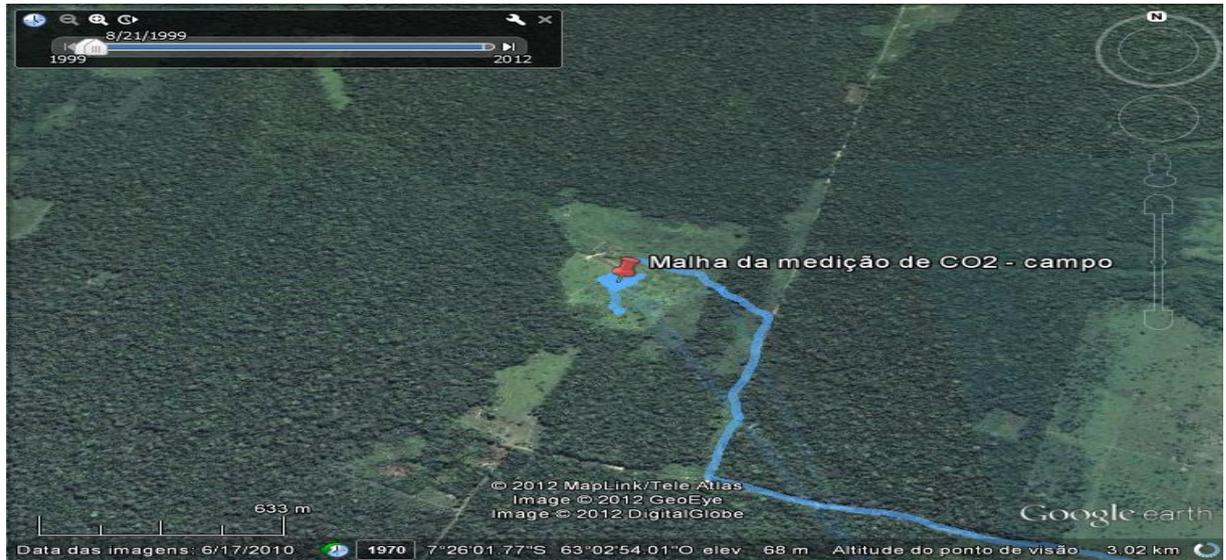
## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil**. Purus. Rio de Janeiro, folha 20, p. 561, 1978.
- BRITO, L. F. **Emissão de CO<sub>2</sub> do solo em diferentes posições topográficas em área sob o cultivo de cana de açúcar**. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal. Folha 102, 2008.
- D ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURIN, N.; SILVA, C. A.; **Variações de curto prazo no fluxo e variabilidade espacial do CO<sub>2</sub> do solo em floresta nativa**. Pesquisa florestal Brasileira, Colombo. v. 30, n. 62, p. 85-92, maio/julho, 2010.
- DIAS, J. D.; **Fluxo de CO<sub>2</sub> proveniente da respiração do solo em áreas de floresta nativa da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Solos)-Escola Superior Luiz Queiroz (ESALQ), Piracicaba. p. 88, 2006.
- EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; ROUPSARD, O.; MOUVONDY, W.; MABIALA, A.; SAINT-ANDRÉ, L.; HAMEL, O. **Spatial and temporal variations of soil respiration in a Eucalyptus plantation in congo**. Forest Ecology and Management, Amsterdam. v. 202, n. 1-3, p. 149-160, 2004.
- 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**. PlantandSoil, Dordrecht, v. 205, n. 2, p. 135-146, 1998.
- GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.; MATA, J.D.V. **Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho**. ActaScientiarum, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1.149-57, 2001.
- IPCC 2001. **Third Assessment Report, Climate Change 2001**./ipcc\_tar.Acessoem: set. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Suíça. Disponívelem: <http://www.grida.no/climate>
- ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, p.561, 1989.
- 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 JÚNIOR, N.; MARQUES JÚNIOR J.; PEREIRA G.T.; CORÁ J.E. Short-term temporal changes in the spatial variability model of CO<sub>2</sub> emissions from a Brazilian bare soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Exeter, v. 32, n. 10, p. 1.459-62, 2000.

- MARIKO, S.; URANO, T.; ASANUMA, J.; **Effects of irrigation on CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes from Mongolian steppe soil.** *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 333, n. 1, p. 118-123, 2007.
- 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.
- 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.; RIBEIRO, C. E. R.; ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C.; PERREIRA, G. T.; JÚNIOR, N. L. S.; **Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, da temperatura e umidade de um latossolo desprovido de vegetação sob diferentes lâminas de molhamento.** *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.30, suplemento 1, p. 1017-1034, 2009.
- RIBEIRO, C. E. R. **avaliação da influencia da temperatura e umidade do solo na variação-temporal da emissão de CO<sub>2</sub> por um latossolo.** 2005. 55f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- ROCHETT, P.; DESJARDINS, R. L.; PATTEY, E. **Spatial and temporal variability of soil respiration in agricultural fields.** *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.71, n.2, p. 189-196, 1991.
- SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E.; BRENES, T.; O BRIEN, J. J.; MACRENSSEN, J. Spatial and temporal variation in soil CO<sub>2</sub> efflux in an old growth neotropical rain forest, La Selva, Costa Rica. **Biogeochemistry**, Dordrecht, V.64, n.1, p.111-128, 2003.
- 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.
- WANG, G.; GERTNER, G.; SINGH, V.; SHINKAREVA, S.; PARYSOW, P.; ANDERSON, A. Spatial and temporal prediction and uncertainty of soil loss using the revised universal soil loss equation: a case study of the rainfall-runoff erosivity R factor. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 153, n. 1/2, p. 143-155, 2002.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.) *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, p. 385, 1980.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Statistical methods in soil and land resource survey.** New York: Oxford University Press, p.316, 1990.

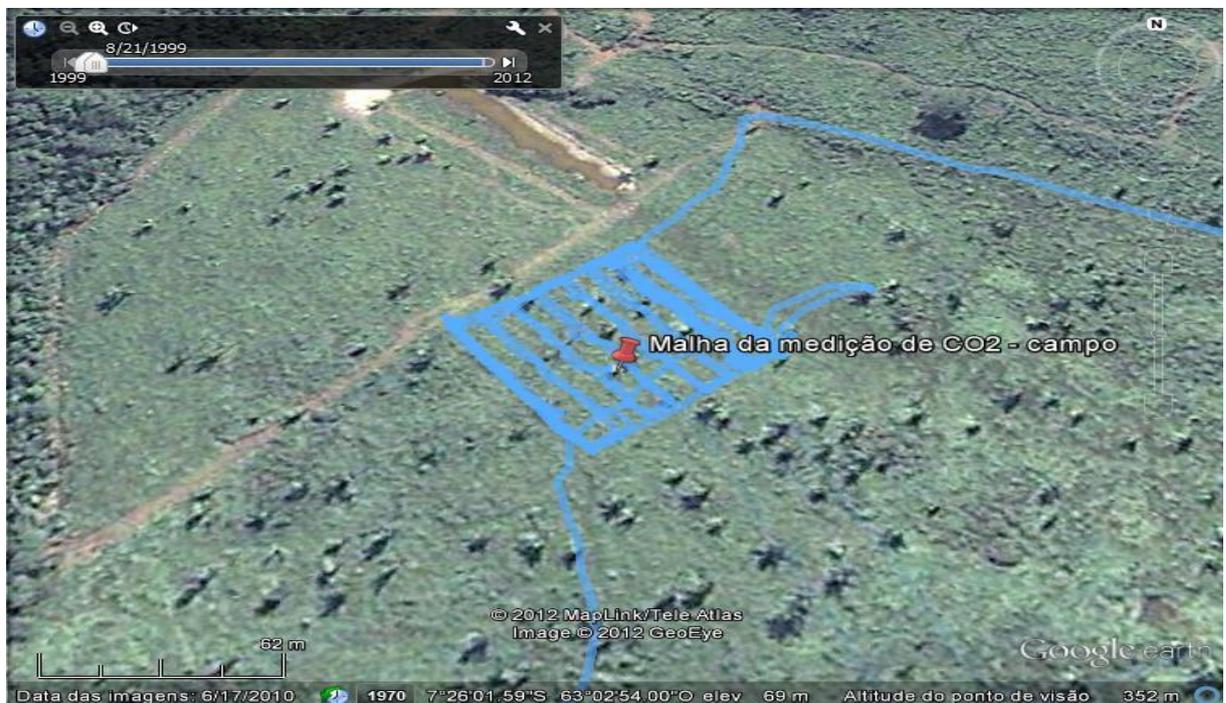
ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO SUL – SUDOESTE DO AMAZONAS – ZEE, AM. **Zoneamento Ecológico Econômico do Sul – Sudoeste do Amazonas**. Manaus, IPPAAM, p. 53, 2008.

## 7. ANEXOS



**Figura 7:** Mapa de localização da area de estudo, localizada a 14 km da sede do município de Humaitá-AM.

**Fonte:** Image U.S. Geological Suvery, 2012 Map Link/ Tele Atlas. Google Earth.



**Figura 8:** Mapa de localização da area de estudo, localizada a 14 km da sede do município de Humaitá-AM.

**Fonte:** Image U.S. Geological Suvery, 2012 Map Link/ Tele Atlas. Google Earth.