

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 03/08/2019.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ESTABILIDADE DO
CARBONO DO SOLO, DESCRITA PELO FATOR K, EM
ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRAL DO
BRASIL**

PAULO ALEXANDRE DA SILVA

Engenheiro Agrônomo

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ESTABILIDADE DO
CARBONO DO SOLO, DESCRITA PELO FATOR K, EM
ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRAL DO
BRASIL**

PAULO ALEXANDRE DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso

Coorientador: Prof. Dr. Newton La Scala Júnior

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2018

Silva, Paulo Alexandre da
S586d Distribuição espacial da estabilidade do carbono do solo, descrita
 pelo fator k, em áreas de cana-de-açúcar na região central do Brasil /
 Paulo Alexandre da Silva. -- Jaboticabal, 2018
 x, 60 p. : il. ; 29 cm

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
 Orientador: Alan Rodrigo Panosso
 Banca examinadora: Eduardo Barreto de Figueiredo, Glauco de
 Souza Rolim
 Bibliografia

 1. Atributos físicos e químicos do solo. 2. Variabilidade espacial. 3.
 Componentes principais. 4. Gases do efeito estufa. 5. Respiração do
 solo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
 Veterinárias.

CDU 631.4:633.61

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Jaboticabal/SP - Karina Gimenes Fernandes - CRB 8/7418

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

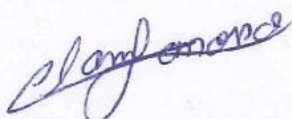
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ESTABILIDADE DO CARBONO DO SOLO, DESCRITA PELO FATOR K, EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

AUTOR: PAULO ALEXANDRE DA SILVA

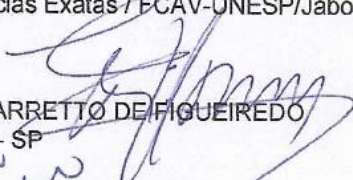
ORIENTADOR: ALAN RODRIGO PANOSSO

COORIENTADOR: NEWTON LA SCALA JUNIOR

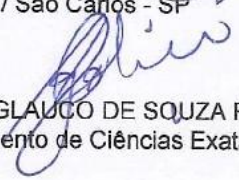
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO
Departamento de Ciências Exatas / FCAV-UNESP/Jaboticabal-SP



Prof. Dr. EDUARDO BARRETTO DE FIGUEIREDO
UFSCAR / São Carlos - SP



Prof. Dr. GLAUCO DE SOUZA ROLIM
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 03 de agosto de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PAULO ALEXANDRE DA SILVA – Filho de José Paulo da Silva e Solange Aparecida Brandão Silva, nasceu em São Carlos, São Paulo, no dia 18 de outubro de 1988. Em fevereiro de 2010, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal – SP. Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial – PET do MEC, durante o período de agosto de 2011 até dezembro de 2013. Iniciou, em março de 2017, o Curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. No mês de julho de 2018, submeteu-se à banca para a defesa de Dissertação, sendo eu aprovado como Mestre em Agronomia.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira, você chega lá”.

(Ayrton Senna)

DEDICO

Primeiramente a Deus, aos meus pais José Paulo da Silva e Solange Aparecida Brandão Silva, os meus grandes exemplos e heróis. Aos meus irmãos Diego Bruno da Silva e Leonardo Augusto da Silva, que sempre me apoiaram, mesmo distantes.

OFEREÇO

In memoriam aos meus amados avôs Lázaro Emílio da Silva e Alípio Paulino Brandão, pelos ensinamentos e pela simplicidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, sem cuja vontade eu não teria realizado e concluído o curso, nem tido a chance de mudar minha vida e a de outras pessoas que estiveram e estarão envolvidas em meu trabalho.

Em segundo lugar, agradeço a duas pessoas que foram fundamentais para que eu concluísse esta fase de minha vida, os meus pais, Solange Aparecida Brandão Silva e José Paulo da Silva, que nestes anos dedicaram cada minuto a minha formação e a de meus irmãos e que, nas horas de dificuldades e turbulências, usaram de palavras, comportamentos e ensinamentos que foram essenciais para o meu crescimento e desenvolvimento.

Também agradeço aos meus irmãos, que sempre estiveram comigo, Diego Bruno e Leonardo Augusto, que nestes últimos anos também estudaram com o objetivo de se formarem em uma universidade de qualidade e agora estão colhendo seus frutos. E meus familiares, que estiveram presentes com gestos ou palavras de apoio, dando-me força para seguir em frente e estar aqui hoje.

A minha namorada Bruna, pela ajuda moral, companhia, carinho, colaboração, palavras de incentivo e paciência, que foram fundamentais para que eu pudesse concluir meu objetivo, e sendo assim muito importante para mim. Agradeço também a sua família, por me tratarem muito bem e ajudarem-me neste processo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso, que através do convívio, de seus conhecimentos e conselhos, ajudou-me no processo de minha formação intelectual para o desenvolvimento deste trabalho e que, nos momentos de dificuldades, esteve ali sempre à disposição para tirar minhas dúvidas com muita paciência e confiança, disposto sempre a ajudar-me e a solucionar os problemas, sendo um parceiro que colaborou muito com meu crescimento pessoal.

Ao professor Newton La Scala Júnior e Nelson José Peruzzi, pelos conselhos, confiança, e, principalmente, por todos os ensinamentos teóricos de física, matemática e emissão dos gases geradores do efeito estufa, que foram determinantes para a execução desta Dissertação.

Aos professores Glauco Rolim e Diego Siqueira, através de cujos ensinamentos teóricos em modelagem, programas estatísticos e seus conhecimentos sobre a

manipulação de dados avaliaram meu exame de qualificação e foram de grande importância para a composição desta Dissertação.

Ao projeto Cursinho Ativo, que me proporcionou diversos ensinamentos, experiências que me ajudaram a crescer e a desenvolver habilidades que usarei em minha vida profissional e pessoal.

Não poderia esquecer daquelas pessoas especiais que, mesmo longe, estiveram sempre presentes e apoiando-me: Marjorie, Eduardo, minhas avós Maria Olga e Teresa, minhas madrinhas Abigail e Sônia e minhas tias Sílvia e Sandra.

Ao grupo de pesquisa CSME, em especial a Maria Elisa, Ludhanna Veras, Katharine Batista, Kamila Meneses e Deise Nogueira, que através da amizade e dos estudos fizeram os dias de trabalho melhores, ajudando-me muito nesta fase com suas experiências.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
LISTA DAS ABREVIACÕES	iv
LISTA DAS TABELAS	viii
LISTAS DE FIGURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Emissão de gases causadores do efeito estufa nos sistemas Agrícolas	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Constante de decaimento do fator k	4
2.2 Gases do Efeito Estufa	5
2.3 Agricultura e os Gases do Efeito Estufa	9
2.4 A Dinâmica dos Principais Gases Indutores do Efeito Estufa	12
2.5 Aspectos Gerais sobre o Fluxo de CO ₂	13
2.6 A Variabilidade Espacial da Emissão de CO ₂ do Solo	14
3 OBJETIVO.....	17
4 JUSTIFICATIVA	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
7 CONCLUSÕES	48
8 REFERÊNCIAS	50
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ESTABILIDADE DO CARBONO DO SOLO, DESCRITA PELO FATOR K, EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

RESUMO: A constante de decaimento (k) pode ser usada na tomada de decisão das atividades de manejo do solo e também é um indicativo que descreve a variabilidade da estabilidade do carbono no solo, sendo essa dependente das interações dos atributos físicos, químicos e biológicos. Sua mensuração é dada pela equação: $k = Fm / Estc$, em que: k = constante de decaimento (tempo^{-1}); Fm = Emissão de carbono via CO_2 ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ tempo}^{-1}$); $Estc$ = Estoque de carbono do solo (Mg ha^{-1}). O objetivo do trabalho foi determinar a estrutura da variabilidade espacial das perdas de carbono do solo, expressa pelo fator k , e sua relação com os atributos do solo, em áreas de cana-de-açúcar, na região Centro-Sul do Brasil. Os experimentos foram conduzidos em áreas de plantio comercial de cana-de-açúcar, nos municípios de Motuca (MOT), Guariba (GUA) e Pradópolis (PAD), no Estado de São Paulo, e Aparecida do Tabuado (APT) no Mato Grosso do Sul. As determinações da Fm foram registradas nas áreas de estudo pelo sistema LI-COR (LI-8100). A abordagem multivariada indicou que os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) explicaram 55% e 68% da variabilidade total contida no conjunto de dados. Os atributos físicos do solo apresentaram correlações significativas com CP1 e indicaram um contraste entre a porosidade livre de água e a umidade do solo. Em CP2, as correlações dos atributos químicos indicaram uma ação conjunta entre a capacidade de troca de cátions e o teor de fósforo disponível do solo. As análises de correlação das áreas PAD e APT apresentaram padrões espaciais do fator k e do CP1 negativos e significativos. Para os padrões espaciais k e CP2 em GUA e APT, ocorreram valores com correlações negativas. Os resultados indicam que o potencial de acúmulo do carbono no solo apresenta alta variabilidade espacial em pequena escala; assim, em uma mesma área, ocorreram alterações nos padrões espaciais do fator k , havendo regiões com potencial para acúmulo ou fonte de carbono em canaviais, sendo estas regiões de manejo específico, dentro da mesma área.

Palavras-chave: atributos físicos e químicos do solo, componentes principais, gases do efeito estufa, respiração do solo, variabilidade espacial.

SPACE DISTRIBUTION OF SOIL CARBON STABILITY, DESCRIBED BY FACTOR K, IN SUGAR CANE AREAS IN THE CENTRAL REGION OF BRAZIL

ABSTRACT: The decay constant (k) can be used in the decision making of the soil management activities and it is an indicative that describe the variability of soil carbon stability, which depends on the interactions of physical, chemical and biological attributes. Their measurement is given by the equation: $k = Fm / Estc$, where: k = decay constant (time^{-1}); Fm = carbon emission via CO_2 determined in the study areas (Mg ha^{-1}); $Estc$ = is the soil carbon stock (Mg ha^{-1}). The objective of this work was to determine the structure of the spatial variability of the soil carbon losses, expressed by the factor k , and its relationship with the soil attributes in sugarcane areas, in the central region of Brazil. The experiments were carried out in areas of commercial sugarcane plantation, in the municipalities of Motuca (MOT), Guariba (GUA) and Pradópolis - SP (PAD), in the State of São Paulo and Aparecida do Taboado (APT) in Mato Grosso do Sul. The Fm determinations were recorded in the study areas by the LI-COR system (LI-8100). The multivariate approach indicated that the first two main components (CP1 and CP2) explained around 55% to 68% of the total variability contained in the dataset in the areas studied. The soil physical attributes showed significant correlations with CP1 and indicated a contrast between water free porosity and soil moisture. In CP2, the chemical attributes correlations indicated a joint action between the cation exchange capacity and the available soil phosphorus content. The correlation analysis of the PAD and APT areas presented negative and significant spatial patterns of factor k and CP1. For the spatial patterns k and CP2 in GUA and APT, values with negative and significant correlations occurred. The results indicate that the soil carbon accumulation potential presents high spatial variability on a small scale; thus, in the same area, there were changes in the spatial patterns of factor k , with regions with potential for accumulation or carbon source in sugarcane, being these regions of specific management within the same area.

Keywords: soil physical and chemical attributes, main components, greenhouse gases, soil respiration, spatial variability.

LISTA DAS ABREVIações

A - *Altos valores de Fm*

ABC - *Agricultura de Baixo Carbono*

Al - *Alumínio*

APT - *Aparecida do Tatuado*

Aw - *Clima tropical com estação seca de Inverno*

B - *Baixos valores de Fm*

C/N - *Relação entre o carbono e o nitrogênio*

Ca - *Cálcio*

Capes - *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*

CFCs - *Clorofluorcarbonetos*

CH₄ - *Metano*

CO - *Teor de carbono orgânico oxidável*

CO₂ - *Dióxido de carbono*

CONAB - *Companhia Nacional de Abastecimento*

CP1 - *Componente principal 1*

CP2 - *Componente principal 2*

CPs - *Componentes Principais*

CTC - *Capacidade de troca de cátions*

CV - *Coeficiente de variação*

Dp - *Densidade das partículas*

Dr. - *Doutor*

Ds - *Densidade do solo*

E - *Espessura da camada estudada*

EMBRAPA - *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

Estc - *Estoque do carbono no solo*

EUA - *Estados Unidos da América*

FBN - *Fixação Biológica de Nitrogênio*

FCO₂ - *Emissão do carbono via CO₂*

Fm - *Emissão do carbono via CO₂ média*

GEE - *Gases do efeito estufa*

GS+ - *Geostatistics Software*

GUA - *Guariba*

H - *Hidrogênio*

HCFCs - *Hidroclorofluorcarbonetos*

ILP - *Integração Lavoura-Pecuária*

ILPF - *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta*

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

k - *Constante de decaimento do carbono*

K - *Potássio*

LI-8100 - *LI-COR 8100*

M - *Médios valores de Fm*

Macro - *Macroporosidade*

MCT - *Ministério da Ciência e Tecnologia*

MEC - *Ministério da Educação*

Mg - *Magnésio*

Micro - *Microporosidade*

MOT - *Motuca*

MS - *Mato Grosso do Sul*

N₂O - *Óxido nitroso*

P - *Fósforo disponível no solo*

PAD - *Pradópolis*

PAG - *Potencial de aquecimento global*

PBMC - *Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*

PET - *Programa de Educação Tutorial*

PFCs - *Perfluorcarbonetos*

PLA - *Porosidade livre da água*

PLAm - *Porosidade livre da água média*

PmoA - *Metano mono-oxigenase A*

Prof. - *Professor*

PT - *Porosidade total*

PVC - *Policloreto de polivinila*

Q1 - *Quadrante 1*

Q2 - *Quadrante 2*

Q3 - *Quadrante 3*

Q4 - *Quadrante 4*

SB - *Soma de bases*

SF₆ - *Hexafluoreto de enxofre*

SP - *São Paulo*

TDR - *Time Domain Reflectometry*

Tm - *Temperatura média do solo*

Ts - *Temperatura do solo*

Um - *Umidade do Solo*

UNESP - *Universidade Estadual Paulista*

Us - *Umidade do solo*

V - *Índice de saturação por bases*

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1: Estimativa brasileira das emissões dos setores globais no ano de 2016..	8
Tabela 2: Informações geográficas, clima e histórico das áreas onde foram conduzidos os experimentos na cultura de cana-de-açúcar (<i>Saccharum spp.</i>)..	21
Tabela 3: Estatísticas descritivas da emissão de CO ₂ e dos atributos físicos e químicos do solo para todas as áreas estudadas.	33
Tabela 4: Coeficientes de correlação linear entre os quadrantes (Q1, Q2, Q3 e Q4) dos mapas de padrões espaciais do fator k e dos componentes principais 1 e 2 nas áreas estudadas de cana-de-açúcar em sistema de cana crua.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variação da temperatura dos continentes e do globo terrestre nos últimos 100 anos.....	6
Figura 2: Cenário do aumento da temperatura da superfície da Terra no final do século 21.....	7
Figura 3: Estimativa brasileira da qualidade da Emissão dos GEEs por setores no ano de 2016	8
Figura 4: Intensidade de radiação emitida pela Terra em função do comprimento de onda e das faixas de absorção dos principais gases causadores do efeito estufa..	13
Figura 5: Áreas experimentais de estudo: a) Motuca (SP), b) Guariba (SP), c) Pradópolis (SP) e d) Aparecida do Tabuado (MS).	19
Figura 6: Mapas das cidades das áreas experimentais do Estado de São Paulo (Pradópolis, Guariba e Motuca) e Mato Grosso do Sul (Aparecida do Tabuado).....	20
Figura 7. Sistema LI-8100 interligado à câmara de solos (a), sensor de temperatura do solo (b) e câmara para solo inserida sobre o colar de PVC (c).	22
Figura 8: TDR - Hydrosense system, dispositivo portátil utilizado para a mensuração da umidade do solo.	23
Figura 9: Gráfico Biplot dos componentes principais CP1 e CP2 da análise de componentes principais com todos os pontos amostrais e as seguintes variáveis: emissão de CO ₂ do solo (Fm), estoque de carbono no solo (Estc), porosidade livre de água (PLA), fósforo disponível (P), macroporosidade (Macro), capacidade de troca de cátions (CTC) e umidade do solo (Um).	36
Figura 10: Análise dos componentes principais indicando o coeficiente de correlação entre os componentes principais e as variáveis em três classes de grupos de emissão de CO ₂ no solo para MOT.	38
Figura 11: Padrões espaciais dos atributos de MOT de k, Fm, Estc, Pla, Um CTC e P para o CP1 e CP2.	39

Figura 12: Análise dos componentes principais indicando o coeficiente de correlação entre os componentes principais e as variáveis em três classes de grupos de emissão de CO ₂ no solo para GUA.	41
Figura 13: Padrões espaciais dos atributos de GUA de k, Fm, Estc, Pla, Um, P e CTC para o CP1 e CP2	42
Figura 14: Análise dos componentes principais indicando o coeficiente de correlação entre os componentes principais e as variáveis em três classes de grupos de emissão de CO ₂ no solo para PAD	43
Figura 15: Padrões espaciais dos atributos de PAD de k, Fm, Estc, Pla, Macro CTC e P para o CP1 e CP2.....	44
Figura 16: Análise dos componentes principais indicando o coeficiente de correlação entre os componentes principais e as variáveis em três classes de grupos de emissão de CO ₂ no solo para APT	45
Figura 17: Padrões espaciais dos atributos de APT de k, Fm, Estc, Pla, Um CTC e P para o CP1 e CP2	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 Emissão de gases causadores do efeito estufa nos sistemas Agrícolas

A mitigação da emissão dos gases do efeito estufa (GEEs) reduz os impactos das mudanças climáticas do planeta. Pesquisas recentes apontam que as concentrações atmosféricas dos gases CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso) atingiram preocupantes patamares históricos. A concentração de CO₂ equivalente na atmosfera, registrada no ano de 2018, foi próxima de 409 ppm (Global Climate Change, 2018), já o CH₄ foi em torno de 1.855,4 ppb (Esri, 2018) e o N₂O foi de 331,19 ppb (N₂O Levels, 2018), representando aumento dos níveis de emissão desses gases desde a era pré-industrial.

As condições climáticas afetam a intensidade da emissão de CO₂ do solo, interferindo diretamente no processo de respiração das raízes, na atividade microbiana e, conseqüentemente, na produção de CO₂ nos solos agrícolas (Tsai et al., 1992; Schlömer et al., 2013; Xie et al., 2015). Segundo a literatura, outras propriedades do solo também interferem no processo de produção de CO₂, sendo elas: a densidade do solo, os atributos do solo (Teixeira et al., 2012), a textura e a porosidade livre de água (Panosso et al., 2011), a temperatura do solo (Ussiri e Lal, 2009), o preenchimento de água nos poros (Smart e Peñuelas, 2005; Linn e Doran, 1984) e a umidade do solo (La Scala, et al., 2006; Moitinho et al., 2013).

A constante de decaimento do carbono (k) carrega informações sobre o potencial de emissão de CO₂ (dióxido de carbono) em um ponto específico da área de estudo, determinada pela estabilidade do carbono, podendo ser usada para a tomada de decisão em relação às atividades de uso e manejo do solo. A constante de decaimento é mensurada pela equação: $k = Fm / Estc$, em que: k = constante de decaimento (tempo⁻¹); Fm = emissão de carbono via CO₂ determinado nas áreas de estudo (Mg ha⁻¹ tempo⁻¹); $Estc$ = estoque de carbono do solo (Mg ha⁻¹).

O Brasil é um grande produtor de alimentos e o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com área plantada na safra de 2017/2018 em torno de 8,74 milhões de hectares e produção de 635,6 milhões de toneladas. Os Estados de São Paulo e Mato

Grosso do Sul apresentam grande importância nesse cenário, produzindo cerca de 61,8% (5,22 milhões de hectares) da cana-de-açúcar (CONAB, 2017).

O uso adequado das práticas de manejo do solo é de grande importância para o processo de mitigação da emissão dos GEEs no solo. As pesquisas apontam que as práticas usadas na reforma do canavial, como a calagem para a correção do pH do solo (Marcelo et al., 2012; Silva et al., 2013; Figueiredo et al., 2014) e o preparo intensivo (Silva-Olaya et al., 2013; Iamaguti et al., 2015) promovem perdas expressivas do carbono presente no solo, na forma de CO₂, principalmente em períodos curtos; assim, como consequência, observam-se alterações dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, além das variações de umidade e de temperatura do solo (Salton e Mielniczuk, 1995; La Scala et al., 2006; Moitinho et al., 2013).

A geoestatística estima as dependências espaciais dos valores médios e dos pontos não amostrados. Por meio da krigagem, são gerados mapas para o zoneamento e manejo específico das áreas, ajudando no trabalho agrícola. Também se tem a otimização do georreferenciamento para as propriedades físicas, químicas (Montanari et al., 2010; Corrêa et al., 2015) e biológicas do solo, que possuem uma grande variação espaçotemporal, correlacionando-se com o potencial produtivo do solo. Segundo Brito et al. (2009), a caracterização da variabilidade espacial da emissão de CO₂ pela geoestatística traz informações relevantes sobre a distribuição espacial, auxiliando na compreensão da dinâmica do CO₂ entre a atmosfera e o solo.

As interações da umidade e da temperatura do solo influenciam nas variações temporais da emissão de CO₂ do solo, principalmente em estações do ano em que os teores de água no solo são baixos (Panosso et al., 2011). Schwendenmann et al. (2003), estudando a variação espaçotemporal do fluxo de CO₂ em áreas florestais, obtiveram que o fator principal que explicou as variações temporais do fluxo de CO₂, foi a quantidade de água no solo. Os autores concluem que o fluxo, a difusão e a taxa de produção de CO₂ diminuíram quando o solo apresentava elevada umidade.

Conclui-se que o processo de emissão do gás CO₂ do solo para a atmosfera é complexo e depende das condições edafoclimáticas locais e da grande variabilidade no tempo e no espaço. Para a determinação do padrão espaçotemporal da emissão de CO₂, muitos autores utilizam técnicas geoestatísticas em áreas com vegetação

(Rochette et al., 1991; Fang et al., 1998; Xu e Qi, 2001; Panosso et al., 2009; Brito et al., 2010; Konda et al., 2010) e em solos desprovidos de vegetação (La Scala et al., 2000; Herbst et al. 2009; Teixeira et al., 2011), porém são necessários mais estudos e o uso de técnicas mais apuradas para a compreensão do fenômeno.

7 CONCLUSÕES

Os resultados mostram que dentro de uma mesma área, existiram mudanças nos padrões espaciais do fator de decaimento do carbono no solo, ocorrendo em áreas de cana-de-açúcar regiões com potencial para o acúmulo ou o sequestro de carbono no solo.

Foi observado que os atributos físicos e químicos do solo estão ligados ao processo de transporte e à produção de CO_2 no solo, respectivamente. Os coeficientes de correlação significativos foram demonstrados entre os componentes principais, e os mapas do fator k, em todas as áreas estudadas, onde os atributos físicos do solo foram os principais responsáveis pela emissão de CO_2 , por meio da perda de carbono do solo em áreas de cana-de-açúcar, no sistema de cana crua. Já para a área de cana-de-açúcar no município de Aparecida do Tabuado - MS, os fatores químicos do solo foram os principais responsáveis pelas alterações nos padrões espaciais da estabilidade do carbono no solo, em contraste com os atributos físicos observados nas áreas do Estado de São Paulo.

A análise de componentes principais indicou a formação de grupos, mostrando um contraste entre os pontos de altas (A) e baixas (B) emissões, em todas as regiões estudadas, em detrimento da utilização dessa variável na análise, exceto para a área de Aparecida do Tabuado (MS). Quando comparados os atributos do solo com a emissão de CO_2 , ficou evidenciado que os valores de maiores emissões representados por A estão correlacionados positivamente com a PLA, CTC, P e negativamente com Um, sendo que, para os pontos de maior emissão tem-se alta PLA, CTC e P. Já para menores valores de Fm, observam-se maiores valores de Um. Dessa forma, seria possível determinar zonas de manejo específico, determinadas pelas relações entre a estabilidade do carbono no solo e as componentes principais, visando a melhorar o rendimento das práticas agrícolas, principalmente as que estão ligadas ao preparo do solo, ao uso de insumos agrícolas, ao acúmulo de MO na forma de palhada, ao manejo hídrico e à umidade do solo, visando a promover a maior conservação e sequestro de carbono no solo.

Contudo, para o isolamento dos fatores, são necessários novos estudos com o tempo de conversão do canavial para o sistema de cana crua, com a longevidade do

canavial, pontos que interferem nos processos de acúmulo de carbono no solo, e estudos que comparem a qualidade desse carbono, considerando o grau de humificação da matéria orgânica do solo.

8 REFERÊNCIAS

ABC (2015) **Agricultura de Baixo Carbono**. Disponível em <<http://www.agricultura.sp.gov.br/media/13376-plano-abc-publicacao.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2018.

Allaire SE, Lange SF, Lafond JA, Pelletier B, Cambouris AN, Dutilleul P (2012) Multiscale spatial variability of CO₂ emissions and correlations with physico-chemical soil properties. **Geoderma**, 170:251-260.

Baird C e Cann M. **Química Ambiental**. Tradução de Marco Tadeu Grassi, Márcia Matiko Kondo, Maria Cristina Canela e Felix José Nonnenmacher. 4^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

Ball BC e Smith KA (1991) **Gas movement**. In: Smith KA e MULLINS CE (Ed.). **Solis analysis: physical methods**, New York: Marcel Dekerp. p. 511-549.

Bicalho ES, Panosso AR, Teixeira DDB, Miranda JGV, Pereira GT, La Scala N (2014) Spatial variability structure of soil CO₂ emission and soil attributes in a sugarcane area. **Agriculture Ecosystems & Environment**, 189:206-215.

Bicalho ES (2016) **Soil greenhouse gas emissions and their relations to soil attributes in a sugarcane area**. 80 f. Dissertação de Doutorado em Agronomia, UNESP Jaboticabal.

Brito LF, Marques JRJ, Pereira GT, La Scala N (2010) Spatial variability of soil CO₂ emission in different topographic positions. Campinas, **Bragantia**, 69:19–27.

Brito LF, Marques JRL, Pereira GT, Souza ZM, La Scala JRN (2009) Soil CO₂ emission of sugarcane field as affected by topography. Piracicaba, **Scientia Agricola**, 66:77-83.

Bruce, JP, Frome, Haites E, Janzen H, Lal R (1999) Carbon sequestration in soils. Ankeny, **Journal of Soil and Water Conservation**, 54:382–389.

Burrough PA (1987) **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon, 193 p.

Carvalho JLN (2010) Greenhouse gas mitigations in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, 67.

Cerri CC, Bernoux M, Cerri CEP, Lal R. Challenges and opportunities of soil carbon sequestration in Latin America. In: Lal R, Cerri CC, Bernoux M, Etchevers JD, Cerri CEP (Ed.) (2006) Carbon sequestration in soils of Latin America. New York: **The Haworth Press**, 1:41-47.

Cerri CC, Maia SMF, Galdos MV, Cerri CEP, Feigl BJ, Bernoux M (2009) Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. Piracicaba, **Scientia Agricola**, 66:831-843.

Cerri CEP, Galdos MV, Carvalho JLN, Feigl BJ, Cerri CC (2013) Quantifying soil carbon stocks and greenhouse gas fluxes in the sugarcane agrosystem: point of view. Piracicaba, **Scientia Agricola**, 70:361–368.

CONAB (2017) **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 26 set. 2018.

Corrêa AR, Montanari R, Laura VA, Melotto AM, Silva ENSD, Pellin DMP, Santos ASD (2015) Aspects of the silvopastoral system correlated with properties of a typic quartzipsamment (entisol) in Mato Grosso do Sul, BRAZIL. Viçosa, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:438–447.

Dasselaar AVPV, Corre WJ, Prieme A, Klemedtsson AK, Weslien P, Stein A, Klemedtsson L, Oenema O (1998) Spatial variability of methane, nitrous oxide and carbon dioxide emissions from drained grassland. Madison, **Soil Science Society America Journal**, 62:810-817.

Denman KL, Brasseur G, Chidthaisong A, Ciais P, Cox PM, Dickinson RE, Hauglustaine D, Heinze C, Holland E, Jacob D, Lohmann U, Ramachandran S, Silva Dias PL da, Wofsy SC, Zhang X (2007) Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (Ed.). Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge**, New York: Cambridge University Press, 499-588.

Duiker SW e Lal R (2000) Carbon budge study using CO₂ flux measurements from a no till system in Central Ohio. Amsterdam, **Soil and Tillage Research**, 54:21-30.

EMBRAPA (1997) **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento / EMBRAPA-CNPQ, p. 212.

Epron D, Bosc A, Bonal D, Freycon V (2006) Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology** 22: 565-574.

Epron D, Nouvellon Y, Roupsard O, Mouvondy W, Mabilia A, Saint-Andre L, Joffre R, Jourdan J, Bonnefond JM, Berbigier P, Hamel O (2004) Spatial and temporal variations of soil respiration in a eucalyptus plantation in Congo. Forest, **Ecology and Management** 202:149-160.

Esrl (2016) Recent monthly average Mauna Loa CO₂. **Earth system research**. Disponível em <<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

Esrl (2018) Trends in Atmospheric Methane. **Earth system research**. Disponível em <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/>. Acesso em: 26 set. 2018.

Eswaran H, Berg EVD, Reich P (1993) Organic carbon in soils of the world. **Soil Science Society of America Journal**, 57:192-194.

Fang C, Moncrieff JB, Gholz HL, Clark KL (1998) Soil CO₂ efflux and its spatial variation in a Florida slash pine plantation. Dordrecht **Plant and Soil**, 205: 135-146.

Figueiredo CC, Resck DVS, Carneiro MAC (2010) Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. Viçosa-MG, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:907-916.

Figueiredo EB, Panosso AR, Reicosky DC, La Scala N (2014) Short-term CO₂-C emissions from soil prior to sugarcane (*Saccharum spp.*) replanting in southern Brazil. Chichester, **Global Change Biology**, 7:316–327.

Forster P, Ramaswamy V, Artaxo P, Berntsen T, Betts R, Fahey DW, Haywood J, Lean J, Lowe DC, Myhre G, Nganga J, Prinn R, Raga G, Schulz M, Van Dorland R (2007) Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (Ed.). Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press **Cambridge**, p. 129-234.

Galdos MV, Cerri CC, Cerri CEP (2009) Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. Amsterdam, **Geoderma**, 153:347-352.

Gilbert N (2012) One-third of our greenhouse gas emissions come from agriculture. London, **Nature**.

Global Climate Change. Disponível em <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

Hair JF, Tatham RL, Anderson RE, Black WC (2005) trad. Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 5ª ed.

Herbst M, Prolingheuer N, Graf A, Huisman JA, Weihrmüller L, Vandeborghet J (2009) Characterization and understanding of bare soil respiration spatial variability at plot scale. Madison, **Vadose Zone Journal**, 8:762–771.

Huijbregts CJ (1975) Regionalized variables and quantitative analysis of spatial data. In: DAVIS JC, McCULLAGH MJ (Eds.) Display and analysis of spatial data. New York: **Journal Wiley**, 38-53.

Iamaguti JL, Moitinho MR, Teixeira DD, Bicalho EDS, Panosso AR, La Scala N (2015) Preparo do solo e emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área canavieira. Campina Grande, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19:497–504.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. Climate Change (2007) Mitigation. Contribution of Working Group III. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, **Cambridge**.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change (2014) **Mitigation. Contribution of Working Group III. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**.

Isaaks EH e Srivastava RM (1989) **Applied geostatistics**. Nova York: Oxford University Press, p. 561.

Kaiser HF (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. New York, **Psychometrika**, 23:187-200.

Kirschbaum, MUF (2000) Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming? Dordrecht, **Biogeochemistry**, 48:21–51.

Konda R, Ohta S, Ishizuka S, Heriyanto J, Wicaksono A (2010) Seasonal changes in the spatial structures of N₂O, CO₂, and CH₄ fluxes from Acacia mangium plantation soils in Indonesia. Oxford, **Soil Biology & Biochemistry**, 42:1512–1522.

Kosugi Y, Mitani T, Itoh M, Noguchi S, Tani M, Matsuo N, Takanashi S, Ohkubo S, Nik AR (2007) Spatial and temporal variation in soil respiration in a Southeast Asian tropical rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, 147:35-47.

La Scala Jr N, Mendonça ES, Souza JJ, Panosso AR, Simas FNB, Schaefer CEGR (2010) Spatial and temporal variability in soil CO₂ -C emissions and relation to soil temperature at King George Island, Maritime Antarctica. **National Institute of Polar Research**, 4:479-487.

La Scala N, Bolonhezi D, Pereira GT (2006) Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. Amsterdam, **Soil & Tillage Research**, 91:244-248.

La Scala N, Lopes A, Spokas K, Bolonhezi D, Archer DW, Reicosky DC (2008) Short-term temporal changes of soil carbon losses after tillage described by a first-order decay model. Amsterdam, **Soil & Tillage Research**, 99:108-118.

La Scala N, Marques JRJ, Pereira GT, Corá JE (2000) Short-term temporal changes in the spatial variability model of CO₂ emissions from a Brazilian bare soil. Oxford, **Soil Biology and Biochemistry**, 32:1459–1462.

La Scala N, Panosso AR, Pereira GT, Gonzalez AP, Miranda JGV (2009) Fractal dimension and anisotropy of soil CO₂ emission in an agricultural field during fallow. **International Agrophysics**, 23:353-358.

Lal R (2004) Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Washington, **Science**, 304:1523-1627.

Lamb A, Green R, Bateman I, Broadmeadow M, Bruce T, Burney J, Goulding K (2016) The potential for land sparing to offset greenhouse gas emissions from agriculture. London, **Nature Climate Change**.

Leite VDPO **Transporte de CO₂ no Sistema Solo-Planta-Atmosfera**. Rio Claro, 2010. (Dissertação de Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Linn DM e Doran JW (1984) Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. Madison, **Soil Science Society of American Journal**, 48:1267-1272.

MACHADO PLOA (2005) Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. São Paulo, **Química Nova**, 28:329–334.

Marcelo AV, Cora JE, La Scala N (2012) Influence of liming on residual soil respiration and chemical properties in a tropical no-tillage system. Viçosa, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:45–50.

MCT (2004) **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima**, Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, Brasil, p. 271.

Meir P, Grace J, Miranda A, Lloyd J (1996) Soil respiration in Amazônia and in cerrado in central Brazil. Amazonian Deforestation and Climate. eds. J. C. H. Gash, C. A. (eds.), Chichester, UK, **Amazon Deforestation and Climate**, John Wiley and Sons, 319-330.

Melillo JM, Steudler PA, Aber JD, Newkirk K, Lux H, Bowles FP, Catricala C, Magill A, Ahrens T, Morrisseau S (2002) Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. Washington, **Science**, 298:2173-2176.

Moitinho MR (2017) **Variabilidade da emissão de CO₂ do solo sob diferentes manejos em áreas de cana-de-açúcar**. 126 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Moitinho MR, Padovan MP, Panosso AR, La Scala N (2013) Efeito do preparo do solo e resíduo da colheita de cana-de-açúcar sobre a emissão de CO₂. Viçosa-MG, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37:1720-1728.

Montanari R, Carvalho MP, Andreotti M, Dalchiavon FC, Lovera LH, Honorato MAO (2010) Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo. Viçosa-MG, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1811–1822.

N₂O LEVELS. Disponível em < <http://www.n2olevels.org/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

Panosso AR, Marques J, Milori DMBP, Ferraudo AS, Barbieri DM, Pereira GT, La Scala N (2011) Soil CO₂ emission and its relation to soil properties in sugarcane areas under Slash-and-burn and Green harvest. Amsterdam, **Soil Tillage Research**, 111:190–196.

Panosso AR, Marques JRJ, Pereira GT, La Scala N (2009) Spatial and temporal variability of soil CO₂ emission in a sugarcane area under green and slashand-burn managements. Amsterdam, **Soil & Tillage Research**, 105:275–282.

Panosso AR, Perillo LI, Ferraudo AS, Pereira GT, Miranda JGV, La Scala JrN (2012) Fractal dimension and anisotropy of soil CO₂ emission in a mechanically harvested sugarcane production area. Amsterdam, **Soil & Tillage Research**, 124:8-16.

Parkin TB (1993) Spatial variability of microbial processes in soil – a review. Madison, **Journal of Environmental Quality**, 22:409–417.

Parton WJ, Wooster PL, Martin A (1994) Modeling soil organic matter dynamics and plant productivity in tropical ecosystems. In: WOOSTER PL, SWIFT MJ (Eds). The biological management of tropical soil fertility. **Chichester : John Wiley & Sons**, 171-188.

PBMC (2013) Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao **Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** – Sumário Executivo GT1. PBMC.

Pivetta M (2013) Extremos do clima. São Paulo, **Revista Pesquisa FAPESP (online)**, 16p.

Porter Jr, Xie L, Challinor AJ, Cochrane K, Howden SM, Iqbal MM, Lobell DB, Travasso MI (2014) Food security and food production systems. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma

B, Kissel ES, Levy AN, Maccracken S, Mastrandrea PR, White LL (Eds.)). United Kingdom and New York, Cambridge University Press, **Cambridge**, 485–533.

R Development Core Team. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Raij BV (2001) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, p. 285.

Rayment MB e Jarvis PG (2000) Temporal and spatial variation of soil CO₂ efflux in a Canadian boreal forest. Oxford, **Soil Biology and Biochemistry**, 32:35-45.

Razafimbelo T, Barthès B, Larré-Larrouy MC, De Luca EF, Laurent JY, Cerri CC, Feller C (2006) Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. Amsterdam, **Agriculture Ecosystem & Environment**, 115: 285–289.

Rochette P, Desjardins RL, Pattey E (1991) Spatial and temporal variability of soil respiration in agricultural fields. Ottawa, **Canadian Journal of Soil Science**, 71:189-196.

Salton JC e Mielniczuk J (1995) Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). Viçosa, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:313–319.

Schlömer S, Furche M, Dumke I, Poggenburg J, Bahr C, Seeger S, Vidal A, Faber E (2013) A review of continuous soil gas monitoring related to CCS – technical advances and lessons learned. London, **Applied Geochemistry**, 30:148–160.

Schwendenmann L, Veldkamp E, Brenes T, O'brien JJ, Mackensen J (2003) Spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an old-growth neotropical rain forest, La Selva, Costa Rica. Dordrecht, **Biogeochemistry**, 64:111-28.

SEEG (2016) **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. Disponível em < <http://seeg.eco.br/o-que-e-o-seeg/> >. Acesso em: 26 set. 2018.

Silva EF, Moitinho MR, Teixeira DDB, Pereira GT, La Scala N (2013) Soil CO₂ emission associated with liming in area of conversion of orange for sugarcane in Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, 34: 885–898.

Silva-Olaya AM, Cerri CEP, La Scala N, Dias CTS, Cerri CC (2013) Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. Bristol, **Environmental Research Letters**, 8:1–8.

Six J, Frey SD, Thies RK, Batten KM (2006) Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. Madison, **Soil Science Society America Journal**, 70:555–569.

Smart DR e Peñuelas J (2005) Short-term CO₂ emissions from planted soil subject to elevated CO₂ and simulated precipitation. Amsterdam, **Applied Soil Ecology**, 28:247-57.

Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA, Haberl H, Harper R, House J, Jafari M, Masera O, Mbow C, Ravindranath NH, Rice CW, Abad CR, Romanovskaya A, Sperling F, Tubiello FN, Bolwig S (2014) Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: United Kingdom and New York, **Cambridge**, 811–922.

Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O'mara F, Rice C, Scholes B, Sirotenko O, Howden M, Mcallister T, Pan G, Romanenkov V, Schneider U, Towprayoon S, Wattenbach M, Smith J (2008) Greenhouse gas mitigation in agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Rockville, **Biological Sciences**, 363:789–813.

Souza ZM, Marques JJ, Pereira GT, Bento MJC (2004) Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de- -açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 28:51-58.

Teixeira DB, Bicalho ES, Panosso AR, Perillo LI, Iamaguti JL, Pereira GT, La Scala N (2012) Uncertainties in the prediction of spatial variability of soil CO₂ emissions and related properties. Viçosa-MG, **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 36:1466-1475.

Teixeira DB, Bicalho ES, Cerri CEP, Panosso AR, Pereira GT, La Scala JRN (2013) Quantification of uncertainties associated with space-time estimates of short-term soil CO₂ emissions in a sugar cane area. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 167:33-37.

Teixeira DDB, Panosso AR, Cerri CEP, Pereira GT, La Scala N (2011) Soil CO₂ emission estimated by different interpolation techniques. Dordrecht, **Plant and Soil**, 345:187–194.

Thornton P (2012) **Recalibrating food production in the developing world: global warming will change more than just the climate**. CCAFS Policy Brief n. 6. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

Tilman D, Balzer C, Hill J, Befort BL (2011) Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Washington-DC, **Proceedings of the**

National Academy of Sciences of the United States of America, 108:20260–20264.

Trangmar BB, Yost RS, Uehara G (1985) Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. San Diego, **Advances in Agronomy**, 38:45-94.

Tsai SM, Baraibar AVL, Romani VLM (1992) Efeitos de fatores físicos e químicos sobre os microrganismos do solo umidade e aeração. In: CARDOSO EJBN, TSAI SM, NEVES MCP (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, p. 60–89.

Ussiri AN e Lal R (2009) Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. Amsterdam, **Soil & Tillage Research**, 104:39-47.

Val JE, Ferraudo AS, Bezerra LAF, Corrado MP, Lobo RB, Freitas MAR, Paneto JCC (2008) Nellore bull selection alternatives using multiple traits of economic importance. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, 60:705-712.

Vermeulen SJ, Campbell BM, Ingram JSI (2012) Climate change and food systems. Palo Alto, **Annual Review of Environment and Resources**, 37:195–222.

Webster R e Oliver MA (1990) **Statistical methods in soil and land resource survey**. Oxford: Oxford University Press, p. 316.

Xie SP, Deser C, Vecchi GA, Collins M, Delworth TL, Hall A, Watanabe M (2015) Towards predictive understanding of regional climate change. London, **Nature Climate Change**, 5:921–930.

Xu M e Qi Y (2001) Soil-surface CO₂ efflux and its spatial and temporal variations in a Young ponderosa pine plantation in northern California. Oxford, **Global Change Biology**, 7:667-677.

Zhao Y, Xu X, Darilek JL, Huang B, Sun W, Shi X (2009) Spatial variability assessment of soil nutrients in an intense agricultural area, a case study of Rugao County in Yangtze River Delta Region, China. New York, **Environmental Geology**, 57:1089–1102.

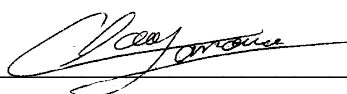
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constante de decaimento pode ser dependente dos atributos do solo e também usada como um indicativo no processo de emissão de CO₂, implicando diretamente na escolha do manejo específico do solo nas áreas agrícolas. Atrelado a isso, as reduções nas emissões adicionais de CO₂ do solo podem contribuir para mitigar os efeitos sobre a temperatura na Terra, diminuindo as oscilações nas precipitações e melhorando o planejamento das atividades agrícolas.

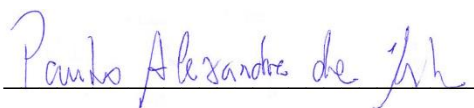
Os resultados mostram que, dentro de uma mesma área, existiram mudanças nos padrões espaciais do k , ocorrendo em áreas de cana-de-açúcar regiões com potencial para acúmulo ou emissão adicional de carbono. O uso de mapas gerados pelos componentes principais e a análise de agrupamentos indicaram que os atributos físicos do solo foram responsáveis pelas regiões de maiores emissões de CO₂, por meio da perda de carbono do solo em áreas de cana-de-açúcar no sistema de cana crua.

Contudo, a validação de uma metodologia para a medição da emissão de CO₂ e sua classificação em níveis de classes seriam muito interessantes, pois essa técnica poderia ser expandida para outros sistemas produtivos, e a partir desses dados gerados, usá-los como mais um indicativo de escolha para o melhor manejo das culturas, a fim de proporcionar o maior rendimento no uso dos insumos agrícolas, visando a obter menores emissões de CO₂ para a atmosfera e a diminuição dos impactos climáticos sobre a Terra.

Jaboticabal, 27 de setembro de 2018



Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso
Orientador



Paulo Alexandre da Silva
Orientando