

ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM FUNÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SIMULADAS COM O MODELO CENTURY

Janio Gloria de Oliveira¹, Geraldo de Amaral Gravina², Elias Fernandes de Sousa³

(Recebido: 5 de setembro de 2012; aceito: 6 de setembro de 2013)

RESUMO: Um dos fatores preponderantes na produção agrícola é a qualidade do solo, que pode ser avaliada a partir de um conjunto de atributos físicos, químicos e biológicos e o Carbono (C) é um dos elementos que podem ser tomados como indicadores do efeito do ciclo da matéria orgânica no sistema solo-planta. O Century é um modelo de simulação que analisa, a longo prazo, a dinâmica da matéria orgânica do solo e dos nutrientes no sistema solo-planta, em diversos agroecossistemas. Visando à sustentabilidade da cafeicultura no sul do estado do Espírito Santo, objetivou-se, neste trabalho, simular, utilizando-se o modelo Century, o impacto do cultivo do café conilon sobre os estoques de C no solo, na região sul do estado do Espírito Santo. Com base nos cenários descritos no relatório do IPCC foi estimado o impacto da variação da temperatura na região, sobre os estoques de C no solo. O estudo foi realizado em uma área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Para a simulação da dinâmica da matéria orgânica e nutriente do solo foram utilizados dados climáticos, de manejo, adubação, produção da área estudada. Com a variação da média da temperatura ambiental houve alteração significativa nos estoques de C, tanto para o acréscimo, quanto para o decréscimo da média da temperatura, apresentando variação de 3,7% e 2,7%, respectivamente, no estoque de C.

Termos para indexação: Matéria orgânica, café, IPCC, simulação.

SOIL CARBON STOCK IN THE LIGHT OF CLIMATE CHANGE SIMULATED WITH THE CENTURY MODEL

ABSTRACT: One of the most important factors in agricultural production is soil quality, which can be evaluated from a physical, chemical and biological set and Carbon (C) is one of the elements that can be used as indicators of the effect of the organic matter cycle in soil-plant system. The Century is a simulation model that, in the long run, analyzes the dynamics of soil organic matter and nutrients in the soil-plant system in several agroecosystems. For the sustainability of coffee production in the southern state of Espírito Santo, this study aimed to simulate, using the Century model, the impact of conilon coffee's growing on C stocks in the southern region of Espírito Santo's soil. Based on the IPCC forecast was estimated the impact of rising temperatures in the region on C stocks in the soil. The study was conducted in an experimental area of the Federal Institute of Espírito Santo (Ifes), Alegre. The simulation of the dynamics of organic matter and nutrients was performed using the Century model. It was used climate, management, fertilization and production data of the studied area. There was a significant change in C stocks, with the increase and the decrease of the average temperature, showing variation of 3.7% and 2.7% in the C stock.

Index terms: Organic matter, Coffee, IPCC, simulation.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a CONAB (2007) o Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Produção resultante de uma área plantada de 2,2 milhões de hectares e parque cafeeiro de, aproximadamente, 5,7 bilhões de covas.

O estado do Espírito Santo, com produtividade média de 26 sacas por hectare/ano (IBGE, 2013), é o segundo estado brasileiro com maior produção, levando essa atividade a ter grande importância social e econômica para o desenvolvimento local. São mais de 130 mil famílias, em mais de 50 mil propriedades,

envolvidas nesse mercado, sendo a agricultura familiar responsável por 60% da produção de café no ES (IBGE, 2013).

Dentro desse contexto só é possível alcançar boa produtividade e mantê-la ao longo do tempo compreendendo e respeitando o agroecossistema. Para isso, deve-se levar em consideração as relações entre os organismos vivos (plantas e animais) e, entre esses e o seu meio ambiente. A planta cultivada ocupa uma posição central no ecossistema cultivado, o seu desenvolvimento e estado sanitário são condicionados por um conjunto de fatores interdependentes: clima,

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/IFES - Campus de Alegre - ES - 29.500-000 - Alegre - ES
jgoliveira@ifes.edu.br

²Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro/UENF - Laboratório de Engenharia Agrícola - LEAG - Av. Ailton Lamego, 2000 - Parque Califórnia - 28013-602 - Campos dos Goytacazes - RJ - gravina@uenf.br

³Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro/UENF - Laboratório de Engenharia Agrícola - LEAG - Av. Ailton Lamego, 2000 - Parque Califórnia - 28013-602 - Campos dos Goytacazes - RJ - efs@uenf.br

solo, natureza dos cultivares, rotação de cultura, fertilização, irrigação, desenvolvimento de pragas, doenças, ervas daninhas e intervenções culturais (ARAÚJO, 2007). A forma de plantio também deve ser observada, no caso específico do café, como o adensamento dos pés, o que evita a erosão do solo, permite a maior infiltração de água e mantém o material orgânico protegendo o solo da erosão.

O relatório do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas - IPCC (IPCC/ONU, 2007) apresenta os cenários climáticos que estão previstos em função de dados atuais e de pesquisas sobre os diversos setores e atividades realizadas no planeta.

A utilização de combustíveis fósseis, juntamente com a mudança no uso do solo contribui para o aumento da concentração do dióxido de carbono, gás metano e óxido nitroso.

A elevação na temperatura aumenta a capacidade do ar de reter vapor d'água e, conseqüentemente, há maior demanda hídrica no sistema de produção de alimentos. Em resposta a essas alterações, os ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade ou sofrer influências negativas (ASSAD *et al.*, 2004).

A predição dos efeitos do clima, da composição atmosférica e das mudanças no uso da terra sobre a dinâmica da matéria orgânica no solo pode ser usada na formulação de políticas agrícolas, ambientais e socioeconômicas. Os modelos de simulação podem ser utilizados para o entendimento do impacto daqueles efeitos sobre a dinâmica da matéria orgânica no solo em programas de gestão ambiental, testar cenários específicos e desenvolver estratégias que mitiguem os impactos negativos dessas mudanças (LEITE & MENDONÇA, 2004).

O Century é um modelo geral para avaliação do ecossistema solo-planta que tem sido usado para representar a dinâmica de nutrientes e carbono para diferentes tipos de ecossistemas (campos, florestas, culturas). O modelo representa a dinâmica de nutrientes (Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre) e da água do solo, além do crescimento vegetal, em diferentes ecossistemas,

com ciclo mensal, em uma camada superficial do solo de 20 cm (PARTON *et al.*, 2011).

Sendo o modelo Century (PARTON *et al.*, 2011), desenvolvido para lidar com uma vasta gama de rotações do sistema de cultivo e práticas de preparo do solo, para análise dos efeitos do sistema de gestão e mudanças globais na produtividade e na sustentabilidade dos agroecossistemas. O Century tem sido amplamente utilizado em ecossistemas tropicais, apresentando boa capacidade para simular os efeitos de diferentes usos e manejos (LEITE & MENDONÇA, 2004; LOPES *et al.*, 2008; BORTOLON *et al.*, 2009; BORTOLON *et al.*, 2011; BORTOLON *et al.*, 2012; TORNQUIST *et al.*, 2009;). As principais variáveis de entrada do modelo são (PARTON *et al.*, 2011): temperatura do ar, precipitação mensal, conteúdo de lignina do material vegetal, teores de N, P e S do material vegetal, textura do solo, aporte de N do solo e da atmosfera e teor inicial de C, N, P e S nos diferentes compartimentos do solo.

O modelo contém vários submodelos, a saber: o submodelo de água, o submodelo de produção vegetal e o submodelo de dinâmica da matéria orgânica do solo, baseado em múltiplos compartimentos com diferentes características de decomposição ou taxas de transformação ativo, lento e passivo. O compartimento ativo é representado pela biomassa microbiana e produtos derivados, com tempo de ciclagem até cinco anos, o lento é representado pela matéria orgânica leve, derivada do material vegetal das culturas ou da aplicação orgânica ao solo, com tempo de reciclagem estimado entre 20 e 40 anos e o passivo, representado pelo material muito resistente à decomposição e protegido fisicamente pelo solo, podendo alcançar tempos de reciclagem entre 200 a 500 anos (TORNQUIST, 2009).

Visando à sustentabilidade da cafeicultura no sul do estado do Espírito Santo, objetivou-se, aqui, estimar por meio do modelo Century, o impacto do cultivo do café conilon sobre os estoques de C do solo e simular como a variação da temperatura ambiente poderá influenciar a dinâmica de matéria orgânica no sistema solo-planta, para a cultura do café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em área experimental da fazenda do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre (IFES), localizado no município de Alegre – ES, na região do Caparaó. O município abrange uma área de 778,6 km², com população de 30.784 habitantes (IBGE, 2013). Desses, pouco mais de 18.000 residem na sede, e os demais em sete distritos: Araraí, Café, Rive, Celina, Santa Angélica, Anutiba e São João do Norte. Situada a uma altitude de 107 metros, a área em estudo apresenta topografia suave ondulada. Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo “Cwa”, isso é, tropical quente úmido, com inverno frio e seco (LIMA, 2008), temperatura anual média de 23,1 °C e precipitação total anual média de 1341 mm (INMET, 2013).

Por ser o café uma cultura de alta relevância para a agricultura regional do sul do Espírito Santo, optou-se por realizar o trabalho em uma área com essa cultura. Foi utilizada uma mata secundária como referência para calibração inicial do modelo e café em sistema de plantio direto, sob as mesmas condições ambientais para as simulações.

O estudo de simulação da dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes foi realizado por meio da utilização do modelo Century. Foram inseridos no modelo dados de manejo, adubação, produção e climáticos da área estudada.

O trabalho foi composto das seguintes etapas: obtenção de dados sobre a cultura do café em sistema de monocultivo; do solo, clima e manejo; formatação dos arquivos de manejo, solo e clima; execução do modelo para estabilização dos parâmetros com a simulação da mata; execução do modelo para as condições de mudança de temperatura; comparação dos resultados obtidos.

Além das simulações com as médias climáticas atuais, foram alteradas as temperaturas médias mensais mínimas e máximas com acréscimo de 3°C e diminuição de 3°C, respectivamente, variações que estão dentro da faixa prevista no relatório do IPCC (IPCC/ONU, 2007).

A atual área de cafeicultura, à época de desapropriação (1960) era usada como área de pastagem nativa (colonião, jaraguá, gordura, pernambuco, etc.). De 1960 até 1974, a área passou a ser usada como campo de produção de milho e

feijão, passando a receber duas a três arações e gradagens anuais. De 1974 a 1988, a área passou a ser usada para produção de olerícolas, no inverno, e milho e feijão, no verão, com uso intensivo de aração e gradagem. A partir de 1988, parte da área passou a ser usada para produção de olerícolas e outra parte na produção de milho e sorgo forrageiro. Em 2001, o café conilon foi implantado em parte da área, com espaçamento de 3m entre fileiras e 1,1m entre plantas dentro da fileira, com adubação química e manejo da área através de roçada e uma capina anual. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. As análises de solo passaram a ter periodicidade apenas após a implantação da cafeicultura. As adubações e calagens anteriores à cafeicultura eram realizadas em função das recomendações da literatura.

A coleta de solo foi realizada na área de estudo, em uma profundidade de 0-20 cm, com escolha de pontos aleatórios e com afastamento de, aproximadamente, 30 metros entre si. Foram coletadas cinco amostras simples, que formaram uma amostra composta para obtenção dos teores de matéria orgânica e características físico-químicas do solo (YEOMANS JC & BREMNER JM, 1988) e cinco amostras simples, com equipamento amostrador de solo para densidade (EMBRAPA, 1999), em pontos próximos aos de coleta, para obtenção de densidade do solo (Tabela 1).

Foram feitas simulações de equilíbrio de 15.000 anos para a área de mata, utilizando-se como dados de entrada para o modelo, as variáveis do local da Tabela 1 e dados médios da série histórica da estação meteorológica, localizada no município de Alegre-ES, nas coordenadas LAT: -20,750 S LON: -41,483 W ALT: 107m (Tabela 2).

Foi criado um arquivo para realizar a simulação de equilíbrio para a vegetação do tipo Mata Atlântica. Antes da calibração do estoque de C no solo foi feito um ajuste nos parâmetros da produção de biomassa para a Mata Atlântica. Todas as estimativas feitas pelo modelo Century foram baseadas na camada de 0-20 cm. No ano de 2012, os valores simulados e observados de COT foram validados com a aplicação do teste t de Student, com uso do pacote R, versão 2.15.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010), apresentado resultados significativos a 5% de probabilidade.

TABELA 1 - Características químicas e físicas do solo sob mata secundária e café.

Características	Mata	Café
Areia	54,6%	65,2%
Silte	13,4%	3,7%
Argila	31,8%	31,1%
Densidade (Mg m ⁻³)	1,46	1,64
pH H ₂ O	5,86	6,0
COT ¹ (g C/m ²)	3.504	2.624

¹ Carbono Orgânico Total

TABELA 2 - Dados climáticos período: julho/1975 a março/2009.

Parâm	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
TMMx ¹	32.1	33.1	32.4	30.4	28.3	27.7	27.2	28.5	28.7	29.9	30.0	31.0
TMMn ²	21.3	21.1	21.0	19.7	17.5	15.8	15.2	15.8	17.2	19.1	20.2	20.9
TMax ³	36.7	36.6	36.2	34.6	33.1	32.3	32.2	34.5	35.5	36.5	35.7	36.0
TMin ⁴	18.5	18.7	18.1	16.2	13.2	11.7	11.3	11.1	12.8	14.8	16.2	17.7
PrecT ⁵	20.0	12.4	13.5	9.8	5.1	1.8	2.4	2.5	5.5	10.4	20.4	25.7

¹TMMx: Temperatura Média Máxima; ²TMMn: Temperatura Média Mínima; ³TMax: Temperatura Máxima absoluta; ⁴TMin: Temperatura Mínima absoluta; ⁵PrecT: Total precipitação. Temperatura em °C e precipitação em cm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Simulações de equilíbrio

Para a simulação de equilíbrio foram necessárias algumas alterações no arquivo de variáveis fixas do modelo, para que as taxas de decomposição dos compartimentos se ajustassem aos modelos da mata em estudo (Tabela 3).

O parâmetro fixo do modelo DEC4, que representa a máxima taxa de decomposição do compartimento passivo, foi alterado de 0,0066 para 0,0118. O parâmetro fixo DEC5, que representa a decomposição de MOS do compartimento lento, foi alterado de 0,2 para 1,435. O parâmetro EPFNS(*), que representa a taxa de fixação de nitrogênio em função da precipitação, sofreu alteração de -0,92 para 0,119 e de 0,03 para 0,00121, respectivamente. Ajustes necessários para que fosse possível executar o modelo para as condições tropicais, uma vez que foi projetado com validade para situações de clima temperado. Para a mata, considerou-se produção primária de 600 gC/m² (Tabela 4). Depois desses ajustes, o modelo foi executado simulando um período de 15.000 anos, possibilitando a estabilização de C no solo.

Na Figura 1, apresentam-se dados de produção de biomassa da Mata Atlântica, simulados.

No final dos 15.000 anos, o total de C simulado (Figura 2) foi muito próximo do total de C medido (Tabela 4).

Com esses resultados, acredita-se que o modelo foi capaz de simular, de maneira satisfatória, os estoques de C sobre influência de sistemas de manejo do café.

3.2. Simulação dos cenários de campo nas condições climáticas atuais

Observa-se na Figura 3 que, a partir dos valores obtidos pelas simulações de equilíbrio da mata, o estoque de COT manteve-se constante entre 1909 e 1961, período de pastagem. Esse comportamento é esperado, uma vez que a pastagem funciona como repositores de biomassa, devido à grande renovação do sistema radicular, e o gado deposita, nessa mesma área, parte do C consumido na forma de fezes e urina (CARVALHO *et al.*, 2009). Esse comportamento evidencia a potencialidade de pastagens, quando bem manejadas, em manter os estoques de COT do solo.

TABELA 3 - Variáveis modificadas para ajuste da simulação.

Arquivo	Variável	Valor padrão	Valor utilizado
FIX.100	DEC4	0.0066	0.0118
FIX.100	DEC5	0.2	1.435
SITE.100	EPFNS(1)	-0.92	0.119
SITE.100	EPFNS(2)	0.03	0.00121

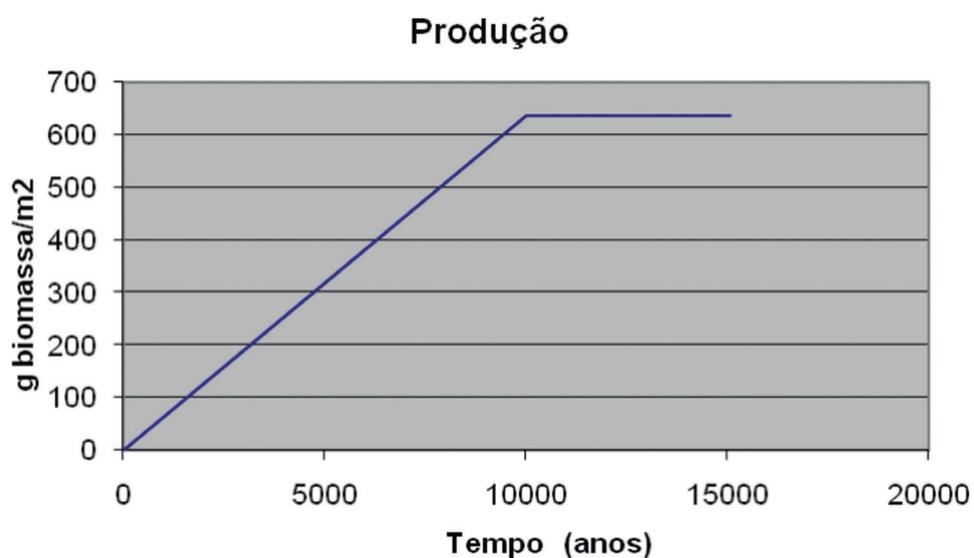
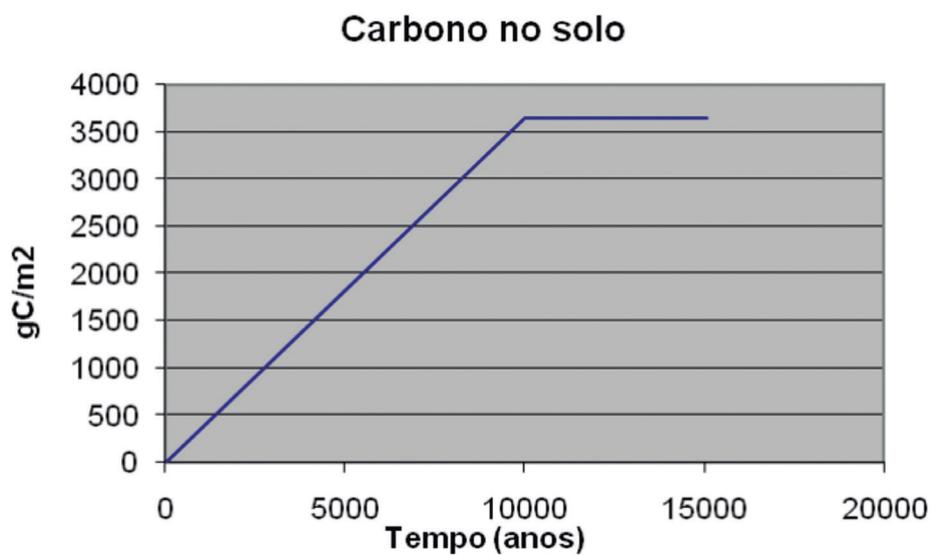
**FIGURA 1** - Produção de biomassa da mata Atlântica, na região sul capixaba estimada pelo modelo Century.**FIGURA 2** - Estoque de C total do solo na Mata Atlântica estimado pelo modelo Century.

TABELA 4 - Resumo dados da rodada de equilíbrio, utilizando-se o modelo Century.

	Valores	
	Medidos	Simulados
Biomassa (g C/m ₂)	600,00	636,05
Carbono Total (g C/m ₂)	3.504,00	3.652,61

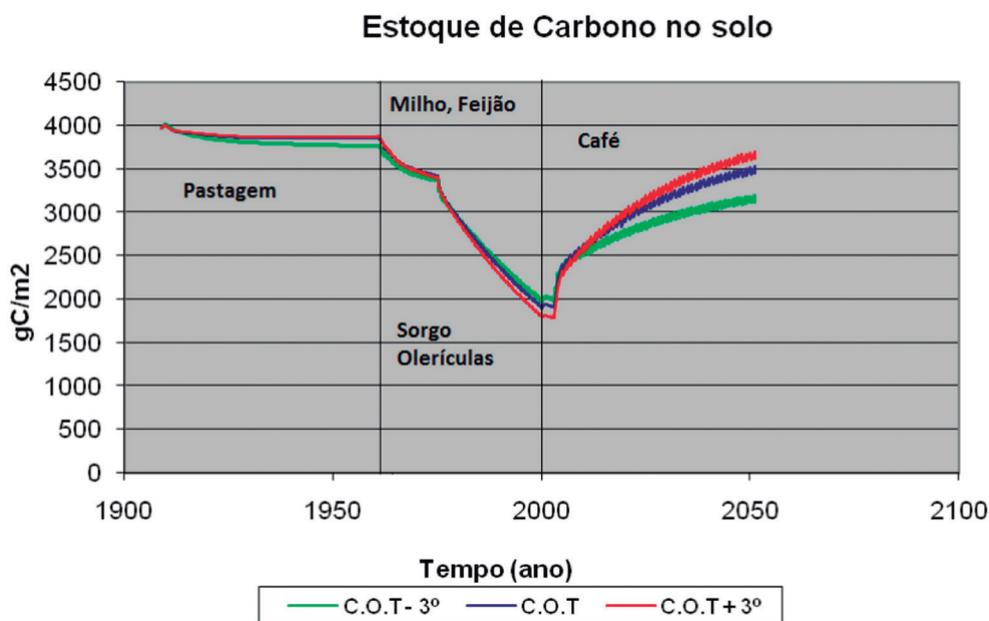


FIGURA 3 - Variação dos estoques de C total estimados pelo modelo Century com temp. atual (C.O.T.), temp. atual acrescida de 3°C (C.O.T. +3), Temp. atual subtraída de 3°C (C.O.T. – 3).

No período compreendido entre 1961 e 2000, quando houve a substituição da pastagem pelo cultivo de milho, feijão, sorgo e olericultura, o estoque de C apresentou queda acentuada. Esse efeito foi proporcionado pelo uso intensivo de aração e gradagem, que quebra os agregados do solo expondo o C dentro dos agregados e protegido de forma coloidal a ação dos microrganismos, além de acelerar a decomposição dos resíduos vegetais (PULROLNIK *et al.*, 2009; VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). A partir de 2001, ano de início do plantio e posterior produção de café, houve recomposição dos estoques de C.

As estimativas das emissões de CO₂ (Figura 4) refletem o comportamento dos estoques de C do solo. No período de pastagem há estabilização das emissões de CO₂, com significativa queda

no período de cultivo, e posterior aumento das emissões, a partir do início do cultivo do café. Esse comportamento segue o estoque de matéria orgânica do solo (PULROLNIK *et al.*, 2009) e, quanto maior os estoques de matéria orgânica, b maior a quantidade de substrato para a ação dos microrganismo, possibilitando o aumento das emissões de C para a atmosfera.

3.3. Comparação entre os estoques de C, nas condições de temperatura simuladas

3.3.1 Aumento da média da temperatura atual em 3°

Com o aumento da temperatura, houve um acréscimo na atividade fotossintética dos vegetais, gerando um aumento no aporte de

matéria orgânica que terá como consequência um aumento da quantidade de C no solo, o que pode ser verificado com a sobreposição dos resultados das simulações (Figura 3), em que o C.O.T. apresenta o resultado da simulação, na temperatura atual e C.O.T. + 3°, o aumento da temperatura de 3°C.

Pelos resultados da simulação para essas condições, a variação no estoque de C no solo foi de, aproximadamente, 2,7%.

O aumento da atividade de fotossíntese associado ao aumento da velocidade de decomposição da biomassa justifica o aumento da emissão de C-CO₂ como pode ser observado na Figura 4, onde há a sobreposição das emissões de C-CO₂ geradas na simulação com a temperatura atual CO₂ e o aumento de temperatura CO₂ + 3°.

3.3.2 Redução da média da temperatura atual em 3°C

Com a redução da temperatura ambiente, houve diminuição na atividade fotossintética,

gerando redução na produção de matéria orgânica que terá como consequência diminuição da quantidade de C no solo, havendo ainda a redução da velocidade de decomposição da matéria orgânica. Esse resultado pode ser verificado graficamente com a sobreposição dos resultados das simulações na Figura 3. Em que C.O.T. apresenta o resultado da simulação na temperatura média atual e C.O.T. - 3° apresenta o resultado com a redução da temperatura média em 3°C. Pelos resultados da simulação para essas condições, a variação no estoque de C, no solo, foi de aproximadamente 3,7%.

A diminuição da atividade fotossintética associada à diminuição da velocidade de decomposição da biomassa justifica a redução da emissão de C-CO₂, como pode ser observada na Figura 4, em que há a sobreposição das emissões de C-CO₂ geradas na simulação com a temperatura atual CO₂ e com a redução de temperatura CO₂ - 3°.

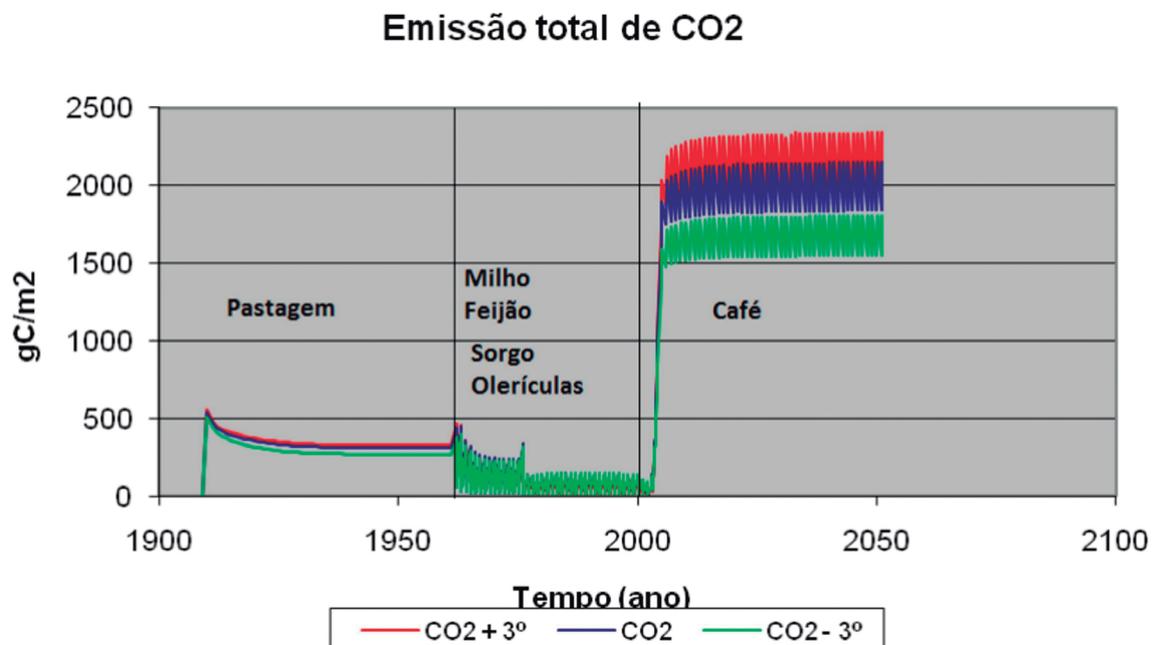


FIGURA 4 - Variação dos estoques da emissão total de CO₂ estimadas pelo modelo Century com temp. atual (CO₂), temp. atual acrescida de 3°C (CO₂ + 3°), Temp. atual subtraída de 3°C (CO₂ - 3°).

4 CONCLUSÕES

Os resultados das simulações demonstram que os estoques de carbono total do solo, na área do estudo, submetida aos tratos culturais de plantio direto da cultivar de café tendem a atingir os valores iniciais da mata nativa, independente da variação da temperatura ser positiva ou negativa em relação à média atual, sendo que a taxa de crescimento do estoque de carbono total do solo é diretamente proporcional ao incremento da temperatura.

5 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. B. S., BALBINO, J. M. S. Manejo de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sob dois tipos de poda em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 61-68, jan./jun. 2007.
- ASSAD, E. D., PINTO, H. S., ZULLO JUNIOR, J., & ÁVILA, A. M. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.
- BORTOLON, E. S., MIELMICZUK, J., TORNQUIST, G. C., LOPES, F., & FERNANDES, F. F. Simulação da Dinâmica do Carbono e Nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando Modelo Century. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, vol. 33, n. 6, 1635-1646, 2009.
- BORTOLON, E. S., MIELNICZUK, J., TORNQUIST, G. C., LOPES, F., GIASSON, E., BERGAMASCHI, H. Potencial de uso do modelo century e sig para avaliar o impacto da agricultura sobre estoques regionais de carbono orgânico do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, 2012.
- BORTOLON, E. S., MIELMICZUK, J., TORNQUIST, G. C., LOPES, F., & FERNANDES, F. F., BERGAMASCHI, H. Validation of the Century model to estimate the impact of agriculture on soil organic carbon in Southern Brazil, **Geoderma**, Volumes 167–168, Pages 156-166, 2011.
- CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; MEZZALIRA, J. C.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, T. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 109-122. 2009.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF. **Cafés do Brasil 2007**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>>. Acesso em: 10 mai. 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, **Centro nacional de Pesquisa de Solos**. 412p. 1999.
- LOPES, F., MERTEN, G. H., MIELNICZUK, J., TORNQUIST, C. G., OLIVEIRA, E. S. Simulação da dinâmica do carbono do solo numa microbacia rural pelo modelo Century. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.6, p.745-753, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Censo 2010**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=es>>. Acesso em: 27 de jul. 2013.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 27 jul. 2013.
- IPCC/ONU. Novos Cenários Climáticos. **Conferência Latino Americana sobre Meio Ambiente e Responsabilidade Social**, Paris, p. Relatório do IPCC/ONU divulgado em 02 fev. 2007, 2007.
- LEITE, L. F., & MENDONÇA, E. S. Simulação pelo modelo century da dinâmica da matéria orgânica de um argissolo sob Adubação mineral e orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, vol 28, p. 347-358, 2004.
- LIMA, J.S.S., SILVA, S.A., OLIVEIRA, R.B., CECÍLIO, R.A. e CÂNDIDO X. **Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES**, Rev. Ciên. Agron.,
- Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 327-332, Abr.- Jun., 2008.
- PARTON, W. J., *et al.*, Observations and modeling of biomass and soil organic matter dynamics for the grassland biome worldwide, **Global Biogeochem. Cycles**, 7(4), 785–809, doi:10.1029/93GB02042. 1993.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 31 jun. 2012.

PULROLNIK, K., BARROS, N. F., SILVA, I. R., NOVAIS, R. F., BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1125-1136, 2009.

TORNQUIST, C. G., MIELNICZUK, J. CERRI, C. E. Modeling soil organic carbon dynamics in Oxisols of Ibirubá (Brazil) with the Century Model, **Soil and**

Tillage Research, Volume 105, Issue 1, 2009, Pages 33-43.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, 2009.

YEOMANS J.C. & BREMNER J.M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 19:1467-1476. 1988.