

CARACTERIZAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA DE CAFEIROS ASSOCIADOS À GREVÍLEA

Paula e Silva Matos¹; Ivan Edson da Silva Meireles²; Sylvana Naomi Matsumoto³; Paula Acácia Silva Ramos⁴; Tâmara Moreira Silva⁵; Aline Novais Santos Gonçalves⁶; Érica Santos do Vale⁷; Luanna Fernandes Pereira⁸; Ueliton Soares de Oliveira⁹; Ednilson Carvalho Texeira¹⁰; Rafael Leite Godoi¹¹; Jaqueline Rocha Alves¹²; Romana Mascarenhas Andrade Gugé¹³; Elói Meinen Júnior¹⁴; Carla de Souza Almeida¹⁵

¹ Pós graduanda em Ciências Florestais, Uesb, Vitória da Conquista-BA, paula.eng.florestal@hotmail.com.

² Mestre em Ciências Florestais, Uesb, Vitória da Conquista-BA, ivaneafsal@hotmail.com.

³ Professora titular do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Uesb, Vitória da Conquista-BA, sylvananaomi@yahoo.com.br.

⁴ Professora Colaboradora do programa de Pós-graduação em Agronomia, UESB, Vitória da Conquista – BA, paula_agro_ramos@yahoo.com.br.

⁵ Doutoranda em Agronomia, Uesb, Vitória da Conquista-BA, tammoreiras@gmail.com.

⁶ Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista - BA, lineagrob@gmail.com.

⁷ Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista - BA, erica.dovale@hotmail.com.

⁸ Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista - BA, luanna.gbi@hotmail.com.

⁹ Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista - BA, uelitonoliveira44@hotmail.com.

¹⁰ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), UESB, Vitória da Conquista - BA, ed.cezard@hotmail.com.

¹¹ Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista - BA, rafaelgodoi70@gmail.com.

¹² Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista - BA, jaquelinealvesr17@gmail.com.

¹³ Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista – BA, romanamascarelhas@outlook.com.

¹⁴ Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UESB, Vitória da Conquista – BA, eloi-junior@uergs.edu.br.

¹⁵ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), UESB, Vitória da Conquista - BA, carla.bdo@hotmail.com.

RESUMO: Atualmente, a funcionalidade dos sistemas agroflorestais (SAF's) está fundamentada com base em aspectos qualitativos. Entretanto, para que ocorra a consolidação desses sistemas, os fatores que condicionam essa forma de manejo necessitam ser caracterizados e quantificados. O objetivo desse trabalho foi verificar o teor de carbono em diferentes compartimentos de cafeeiros em dois sistemas de cultivo, SAF's orgânico e SAF's convencional. O estudo foi conduzido em sistemas de cultivo de café (*Coffea arabica* L.) orgânico e convencional arborizado por grevília (*Grevillea robusta* A. Cunn.), localizados nas regiões do Planalto da Conquista e Chapada Diamantina, Bahia. Foi utilizado o método da simples separação para o corte e determinação da biomassa dos cafeeiros selecionados. Para a realização das análises estatísticas e confecção dos gráficos foi utilizado o programa estatístico R e Microsoft Excel 2016. Os valores médios dos teores de carbono (C) de cafeeiros mantiveram-se abaixo do valor padrão de 50%. Apesar das especificidades relativas a arranjo e idade das grevílias e de densidade e manejo dos cafeeiros, os valores médios dos teores de carbono de cafeeiros do SAF's orgânico e do SAF's convencional foram semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, estoque de carbono, sistema agroflorestal.

CARBON STORAGE CHARACTERIZATION FOR COVERS ASSOCIATED BIOMASS ESTIMATE

ABSTRACT: Currently, the functionality of agroforestry systems (SAF's) is based on qualitative aspects. However, in order to consolidate these systems, the various factors that condition this form of management need to be characterized and quantified. The objective of this work was to verify the carbon content in different coffee compartments in two cultivation systems, organic SAF's and conventional SAF's. The study was carried out in organic and conventional coffee cultivation systems (*Coffea arabica* L.) planted with grevillea (*Grevillea robusta* A. Cunn.), Located in the regions of Planalto da Conquista and Chapada Diamantina, Bahia. The simple separation method was used to cut and determine the biomass of the selected coffee trees. Statistical analysis and graphing were performed using the statistical software R, Microsoft Excel 2016 and SigmaPlot. The average values of carbon (C) content of coffee plants remained below the standard value of 50%. Despite the specificities related to the arrangement and age of the grevillea and the density and management of coffee, the average values of carbon content of organic and conventional SAF coffee were similar.

KEY WORDS: *Coffea arabica*, carbon stock, agroforestry system.

INTRODUÇÃO

A produção de café é uma das principais commodities de exportação do Brasil, atingindo em 2018 uma receita cambial de US\$ 5,09 bilhões (CECAFÉ, 2019). No mesmo ano, o Brasil foi considerado o principal país produtor de café, com safra de 3,5 milhões de toneladas (janeiro-outubro), 74% provenientes de cultivos de cafés arábica (IBGE, 2018). Na região Sudoeste da Bahia, é usual à associação do café com espécies arbóreas, como a grevileas em médias e grandes propriedades, e bananeiras em pequenas propriedades (MATSUMOTO, 2004). Este manejo dos cafés associados aos sistemas agroflorestais (SAF's), contribuem dentre outros aspectos, com a preservação de matas ciliares, otimização do status hídrico da cultura, além de influenciar a qualidade da bebida.

Apesar das vantagens mencionadas, no Brasil, a cafeicultura é praticada predominantemente a pleno sol, fato associado à menor produtividade quando comparada ao plantio arborizado (SOUZA et al., 2012; ARAÚJO et al., 2016). Embora o sequestro de carbono não caracterize como o principal serviço dos SAF's relacionados ao cultivo do café, estudos recentes evidenciam que esses sistemas elevam a capacidade de armazenamento de carbono na biomassa acima do solo (FELICIANO et al., 2018), no solo e na biomassa subterrânea (NAIR et al., 2009; BELIZÁRIO et al., 2018). O potencial de estoque de carbono em sistemas agroflorestais pode variar com a composição das espécies, idade, localização geográfica, fatores ambientais e manejo (JOSÉ, 2009; NAIR et al., 2009). O interesse na estimativa de estoque de carbono em SAF's está atrelado à busca pelo entendimento sobre o papel desse sistema no que diz respeito ao sequestro de carbono e consequente sustentabilidade da produção (OLIVEIRA, 2015). Diante o exposto objetivou-se quantificar o teor de carbono em diferentes compartimentos de cafeeiros (*Coffea arabica*) em dois sistemas de cultivo, SAF's orgânico e SAF's convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de dezembro de 2016 a maio de 2018, em dois sistemas agroflorestais (SAF's) de cafeeiros, submetidos a prática de manejo orgânico arborizado e prática de manejo convencional arborizado, no território da Chapada Diamantina e no Planalto da Conquista, Bahia (Figura 1).

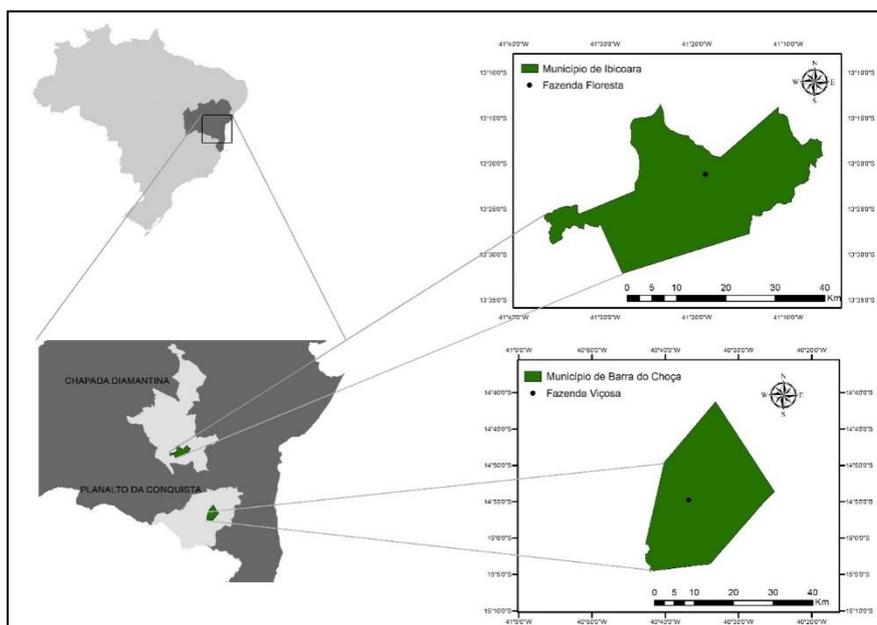


Figura 1. Localização dos sistemas agroflorestais estudados nas regiões da Chapada Diamantina e Planalto da Conquista, Bahia, Brasil.

O SAF com a prática de manejo orgânico arborizado localizado no município de Ibicoara (13° 21' 00" latitude sul e 41°19'12" longitude oeste) está a 1100 metros de altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é temperado do tipo Cfb, com temperatura média anual de 18,4 °C e precipitação média de 1166,2 mm, com período chuvoso concentrado nos meses de outubro a junho (ALVARES et al., 2013; SEI, 2014). Neste sistema, a variedade Catucaí vermelho (*Coffea arabica*) foi implantado em 2005, numa área aproximada de 2,5 ha, com espaçamento de 4 m

x 0,75 m (3333 plantas de café ha⁻¹) e associado às grevileas (*Grevillea robusta*), plantadas nas linhas (em 2008), em diferentes espaçamentos, 8 m x 12 m, 8 m x 8 m, 12 m x 12 m, totalizando, 104 plantas de grevilea ha⁻¹.

A área do SAF com a prática de manejo convencional arborizado, está inserida na região do Planalto da Conquista, município de Barra do Choça, Bahia, com coordenadas geográficas de 14°54'46" de latitude sul e 40°36'39" longitude oeste, a 847 metros de altitude. De acordo a classificação de Köppen, o clima é Subtropical do tipo Cfa (ALVARES et al., 2013) com temperatura média anual de 20,2 °C e 733,9 mm de precipitação média concentrada de novembro a janeiro (SEI, 2013). Neste SAF, as variedades Acauã, Catucaí 2sl e Catucaí 144 foram plantadas em 1997, em uma área de 2,93 ha coberta anteriormente por floresta nativa. Os cafeeiros foram renovados em 2012, em espaçamento 2 m x 0,5 m (10000 plantas ha⁻¹). As grevileas (*Grevillea robusta*) foram inseridas em 1997, em renques, nas linhas dos cafeeiros, em espaçamento de 30 m x 3 m (111 plantas ha⁻¹).

Para formar o conjunto amostral de plantas de cafés utilizados no ajuste de modelos para estimativa de biomassa do cafeeiro, 20 plantas aleatória foram selecionadas no SAF orgânico e 30 no convencional, espaçadas no mínimo 50 metros na linha de plantio, conforme Dossa et al. (2008), Schmitt-Harsh et al. (2012) e Silva et al. (2013). Depois de selecionados os indivíduos amostrais, foram mensurados os seguintes parâmetros dendrométricos: altura total (Ht): medindo-se o comprimento da base ao ápice do caule; diâmetro da base (D_b): diâmetro medido na base no caule, com auxílio de um paquímetro digital; diâmetro a 50% (D_m): medido na posição correspondente a 50% da altura total da planta, com auxílio de um paquímetro digital; diâmetro do topo (D_t): medido a 10 cm do ápice da planta, com auxílio de um paquímetro digital; diâmetro médio (d): média entre os diâmetros anteriormente medidos. Estes mesmos indivíduos amostrais foram cortados, desfolhados, e as folhas foram ensacadas e pesadas. Posteriormente, as plantas foram desgalhadas para separação de galhos finos e grossos, seccionados e pesados. Para a pesagem relativa à massa verde em campo, foi utilizada uma balança digital portátil (BS0187, Starhouse fish, China), com capacidade máxima de 50 kg e precisão de 10 g. A determinação da biomassa seca de cada compartimento do café foi realizada utilizando amostras de cerca de 200 g foram retiradas das folhas, galhos finos de ambas as espécies, galhos grossos e miscelânea do cafeeiro. Além disso, discos com aproximadamente 5,0 cm de espessura foram tomados em três níveis do comprimento do caule do café: 0% (base do caule); 50% (meio) e 100% (topo). As determinações dos teores de carbono, nos diferentes compartimentos das plantas de café foram realizadas pelo método de combustão via seco, empregando-se o analisador elementar modelo C-144, LECO (Saint Joseph, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de carbono de cafeeiros nos SAF's com grevilea nos dois sistemas, orgânicos e convencional, foi mantido abaixo da estimativa proposta pelo IPCC, de 50% de carbono (C) em relação à biomassa seca (índice utilizado na estimativa de teores de C a partir da biomassa em modelos para as diversas espécies) (Tabelas 1). O teor de C de espécies tropicais pode atingir o valor máximo de 51,5%, entretanto este é inferior ao registrado para espécies subtropicais e temperadas, em que os valores se mantêm em patamar mais elevado (60,7 a 55,6%, respectivamente) (MARTIN e THOMAS, 2011).

Tabela 1. Análise descritiva dos teores de carbono por compartimento de cafeeiros arábica conduzidos em sistema agroflorestal orgânico (SAF orgânico) no município de Ibicoara, Bahia, e sistema agroflorestal convencional (SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

Compart.	Coffea arábica									
	SAF orgânico					SAF convencional				
	Min. (%)	Máx. (%)	Média* (%)	s	CV (%)	Min. (%)	Máx. (%)	Média* (%)	s	CV (%)
Folhas	44,08	47,53	46,06a	0,92	2,00	43,44	46,86	45,64a	0,98	2,14
Galhos F.	46,35	48,32	47,36a	0,60	1,27	45,74	48,85	47,42a	0,90	1,91
Galhos G.	46,88	49,52	48,04a	0,57	1,19	45,93	49,39	47,46b	0,86	1,82
Caule	45,64	48,99	47,28a	0,79	1,67	46,83	49,52	47,70a	0,69	1,45
Misc.	46,11	53,15	48,47a	1,64	3,38	45,47	49,71	48,06a	1,06	2,20
Raiz P.	49,13	50,73	49,86a	0,48	0,97	48,66	50,87	49,71a	0,62	1,24
Raizes S.	45,75	48,32	47,06b	0,78	1,65	46,91	51,43	49,24a	1,25	2,54
Biom total	46,96	48,00	47,52a	0,29	0,60	47,12	48,65	47,71a	0,35	0,72

Min.: mínimo; Máx.: máximo; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. *Valores seguidos de mesma letra na comparação entre médias de SAF orgânico e SAF convencional não diferem pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Os valores para biomassa média total registrada nesse estudo no SAF orgânico (47,52%) e SAF convencional (47,71%), são semelhantes aos de Coltri (2012) registrou resultados semelhantes referentes aos teores de carbono dos SAF's para cultivos de café a pleno sol e sombreado (47,5% a 50%). Embora as variações percentuais sejam discretas, tais diferenciais podem afetar a estimativa do estoque de carbono do sistema (LAMLOM e SAVDIGE, 2003). Na associação com cafeeiros, o principal aspecto da introdução das grevêneas, principalmente no Planalto da Conquista, foi condicionado à função de quebra-vento (PEZZOPANE et al., 2011; SOARES et al., 2016). No presente estudo, embora os arranjos das grevêneas tenham sido diferenciados, a densidade das árvores foi semelhante, não afetando o teor de carbono dos cafeeiros. Para os dois sistemas, os teores de carbono dos cafeeiros foram semelhantes, 47,52% e 47,71%, respectivamente para o SAF orgânico e SAF convencional.

De maneira geral, o carbono destinado à estrutura das plantas é pouco afetado pelos fatores ambientais (POORTER e BONGERS, 2006). Quando se analisa o teor de carbono dos cafeeiros arábica, tanto o sistema de cultivo (HERGOUALC'H et al., 2012) como as cultivares (LEITE et al., 2015) são fatores de baixo impacto, ocorrendo influência mais acentuada entre os diferentes compartimentos da planta (HERGOUALC'H et al., 2012). O teor de carbono dos compartimentos de galhos grossos dos cafeeiros foi superior para o SAF orgânico, esse resultado pode ser relacionado a menor densidade de plantio associada à distribuição de luz homogênea no ambiente.

O menor adensamento de cafeeiros resulta em menor competição entre plantas, potencializando o desenvolvimento dos componentes da copa, principalmente galhos (PEREIRA et al., 2011; SAKAY et al., 2015). Para o SAF orgânico e o convencional, o maior teor de carbono dos cafeeiros foi verificado para a raiz pivotante e os menores ocorreram nas folhas (Tabela 1). De modo semelhante, Hergoualc'h et al. (2012) verificaram que o teor de carbono foi mais elevado nas raízes principais, quando comparado à parte aérea dos cafeeiros com 10 anos de idade, cultivados na região dos Vales Centrais da Costa Rica, tanto em monocultura quanto associados a ingazeiras.

CONCLUSÕES

1. Apesar das especificidades relativas a arranjo e idade das grevêneas e de densidade e manejo dos cafeeiros, os valores médios dos teores de carbono de cafeeiros do sistema agroflorestal orgânico e do convencional foram semelhantes.
2. O teor de carbono de cafeeiros consorciados foi mantido abaixo do índice utilizado na estimativa de teores de carbono a partir da biomassa em modelos para as diversas espécies (50%).

AGRADECIMENTOS

Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais/ UESB
Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia /Fapesb
Laboratório de Fisiologia Vegetal/ Uesb

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIOSI, G.; PEZZOPANE, J. R. M. Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 4, p. 700-709, 2016.
- BELIZÁRIO, M. H.; FERRÃO, G. D. E.; CERRI, C. C.; SIQUEIRA-NETO, M. Soil carbon stocks cultivated with coffee in the brazilian savanna: effect of cultivation time and use of organic compost. *Coffee Science*, v. 13, n. 1, p. 53-62, 2018.
- CECAFÉ – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. Disponível em: <http://www.cecafe.com.br/secao/publicacoes/noticias/>. Acesso em: 01 jan. 2019.
- COLTRI, P. P. **Mitigação de emissão de gases de efeito estufa e adaptação do café arábica a condições climáticas adversas**. Campinas-SP: Unicamp, 2012, 148 p. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.
- DOSSA, E. L.; FERNANDES, E. C. M.; REID, W. S.; EZUI, K. Above and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. *Agroforestry Systems*, v. 72, n. 2, p. 103-115, 2008.
- FELICIANO, D.; LEDO, A.; HILIER, J.; NAYAK, D. R. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 265, p. 117-129, 2018.
- HERGOUALC'H, K.; BLANCHART, E.; SKIBA, U.; HÉNAULT, C.; HARMAND, J. M. Changes in carbon stock

- and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 148, p. 102-110, 2012.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, outubro 2018. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 01 jul. 2019.
- JOSÉ, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009.
- LAMLOM, S. H.; SAVIDGE, R. A. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. **Biomass and Bioenergy**, v. 25, n. 4, p. 381-388, 2003.
- LEITE, E. R. S.; PROTÁSIO, T. P.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; VALLE, M. L. A.; SIQUEIRA, H. F. Composição química elementar da madeira e do carvão vegetal de *Coffea arabica* para uso bioenergético. **Coffee Science**, v. 10, n. 4, p. 537-547, 2015.
- MARTIN, A. R.; THOMAS, S. C. A reassessment of carbon content in tropical trees. **PloS One**, v. 6, n. 8, p. 1-9, 2011.
- MATSUMOTO, S. N. **Arborização de Cafezais no Brasil**. Editora Uesb, Salvador-BA 2004, 212 p.
- NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009.
- OLIVEIRA, D. H. de. **Gestão estratégica na cafeicultura: eficiência de fatores produtivos e quantificação de emissões de gases do efeito estufa**. Lavras-MG: UFLA, 2015, 115 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras.
- PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G. F.; BALIZA, D. P.; SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 152-160, 2011.
- PEZZOPANE, J. R. M.; SOUZA, P. S. D.; ROLIM, G. D. S.; GALLO, P. B. Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 201-206, 2011.
- POORTER, L.; BONGERS, F. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. **Ecology**, v. 87, n. 7, p. 1733-1743, 2006.
- SAKAI, E.; BARBOSA, E. A. A.; SILVEIRA, J. M. C.; PIRES, R. C. M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 148, p. 16-23, 2015.
- SANTOS, A. J.; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x café na região Norte do Paraná. **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 89-100, 2000.
- SCHMITT-HARSH, M.; EVANS, T. P.; CASTELLANOS, E.; RANDOLPH, J. C. Carbon stocks in coffee agroforests and mixed dry tropical forests in the western highlands of Guatemala. **Agroforestry Systems**, v. 86, n. 2, p. 141-157, 2012.
- SEI – SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Estatísticas dos Municípios Baianos**. Salvador-BA: 2014. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/estatisticas_municipios/est_mun_v4_chapada_diamantina.zip>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- SEI – SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Estatísticas dos Municípios Baianos**. Salvador-BA: 2013. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/estatisticas_municipios/est_mun_v4_vitoria_da_conquista.zip>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- SILVA, A. B. D., MANTOVANI, J. R.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. L. N. Estoques de carbono no solo e em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Interciência**, v. 38, n. 4, p. 286, 2013.
- SOARES, B. S. Práticas de manejo e conservação do solo da cultura cafeeira na bacia hidrográfica do Riacho Água Fria, Barra do Choça-Bahia. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 191-200, 2016.
- SOUZA, H. N.; GRAAFF, J.; PULLEMAN, M. M. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome. **Agroforestry Systems**, v. 84, n. 2, p. 227-242, 2012.