

CAROLINNA MARIA SILVA MARTINS

**ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
MANEJO AGRÍCOLA NO BRASIL: UMA META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Viçosa
Minas Gerais – Brasil
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M386e
2017 Martins, Carolinna Maria Silva, 1989-
Estoque de carbono no solo sob diferentes sistemas de
manejo agrícola no Brasil : uma meta-análise / Carolinna Maria
Silva Martins. – Viçosa, MG, 2017.
xi, 90f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Marcos Heil Costa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.76-90.

1. Solos - Uso. 2. Carbono. 3. Sistemas agrícolas - Manejo.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-graduação em Meteorologia
Aplicada. II. Título.

CDD 22 ed. 631.45

AGRADECIMENTOS

Tudo foi muito intenso no Mestrado: desde sair de casa até voltar. É sempre muito forte largar a zona de conforto, mas sem o apoio da minha família e amigos teria sido muito mais difícil. Deixar as pessoas foi complicado, mas saber para quem voltar, foi reconfortante. Ter braços abertos esperando para te abraçar forte e mãos aplaudindo a cada pequena conquista (ou limpando as lágrimas nos momentos tumultuados) foram essenciais na minha permanência e força para continuar caminhando rumo ao meu objetivo.

Agradeço à minha mãe e vó, Zaíra, pela voz doce ao telefone que me confortava todos os dias e amenizava a distância. Por acreditar em mim, no meu potencial e permanecer firme e feliz. Por desde cedo me mostrar que sou capaz. Você é meu exemplo de força.

À minha mãedrinha, Dadá, pelo constante apoio, aluguel de ouvido, ligações demoradas, puxões de orelha e por sempre – sempre mesmo – acreditar em mim mais que eu mesma, às vezes. Você me inspira.

Ao meu pai, pela maior proximidade nesse período, pelo amor, pela amizade.

À Gabi, pela paciente amizade e irmandade; Renata, pelos abraços apertados; Dri, pelas risadas e rocks; Ana, pela disposição e conselhos. Obrigada, Combo, pela amizade e apoio, por não desistirem de mim, pela preocupação e, principalmente, por poder conversar com vocês sobre tudo. Vocês deixam minha vida mais colorida e feliz.

Não foi fácil e não foi tranquilo. Mas aprendi a continuar em movimento e usar todo aprendizado adquirido como combustível para o próximo round, fosse profissional ou pessoal. Durante essa caminhada, o amor puro se manteve e o novo surgiu, dando leveza a este percurso.

Agradeço à Brigitte, por ser a melhor companheira de vida e viagem que pude ter. Por ter sido uma sombra, cuidando de mim e sendo zelosa. E à Britney, por ter surgido nesse

período em minha vida para abrilhantá-la e, com o olhar, dizer que vai tudo ficar bem. Minhas filhas de quatro patas, vocês me fazem acreditar na pureza do amor.

Ao Gui, pelo infinito companheirismo, apoio, respeito, amor e luz no fim do túnel. Por fazer os momentos conturbados serem mais calmos. Você transforma meus dias e me motiva a ser alguém melhor.

Foram dez anos em dois. As coisas e pessoas não acontecem em nossa vida por acaso e tenho imensa gratidão à Viçosa, UFV e ao DEA por esses dois anos de intensidade e aprendizado.

Obrigada, Viçosa, por me ensinar que sair de casa com um casaco e um guarda-chuva está muito além do seu clima peculiar; é uma metáfora para vida. É estar preparada tanto para dias bons, quanto ruins.

Obrigada, professor Marcos, pelo aprendizado, imensa paciência e por acreditar no meu potencial. Como já lhe disse uma vez – e parafraseando Sócrates: “Sob a direção de um forte general, não haverá jamais soldados fracos”.

Obrigada, Renato, pela insistência em que eu tentasse Mestrado e por compreender meu tempo. Agradeço imensamente pelas inúmeras oportunidades de crescimento pessoal e profissional que me proporcionou. Seu incentivo foi essencial na minha caminhada.

À Aninha, pela paciência em me ouvir e me apresentar os melhores animes; ao Rapha, pelo melhor brigadeiro com manjeriço; ao Gabriel pelas pancadas de sinceridade regadas de humor e; ao Victor, pela hospitalidade e melhor panqueca do mundo. Vocês são importantes em minha vida. Obrigada por me resgatarem numa época conturbada.

Aos demais colegas do GABIS, por me acolherem tão bem e sempre estarem dispostos a me ajudar. Obrigada pelos ensinamentos, finais de semana regados a estudos ou diversão e pela amizade. Vocês me apresentaram o significado de equipe!

À Isis, pela amizade, generosidade e acolhimento oferecidos a mim e Brigitte sempre que precisamos.

Ao CNPq e CAPES, pelo apoio financeiro, essencial para a realização deste trabalho.

Apesar da distância, contar com o auxílio de chamadas de vídeo, fotos, áudios e músicas facilitou esta fase.

Agradeço à tecnologia, por permitir matar a saudade das pessoas que ficaram longe por um tempo – mas próximas sempre do meu coração.

Aos Bee Gees, por embalarem meus estudos – além dos sábados à noite - e ao Black Sabbath e trilha sonora de Harry Potter, pelos dias dissertativos.

Acredito que cada passo dado, meta traçada, pessoas que entram e saem das nossas vidas, experiências boas e ruins, são degraus para algo bem maior e, muitas vezes, além da nossa compreensão. Dessa forma, nenhum agradecimento seria possível se não fosse pela fé que tenho de que Lá em Cima tem um esquadrão nos guiando e conduzindo em cada direção e decisão tomadas.

Agradeço à Deus, por reforçar minha fé em cada momento de angústia. À Nossa Senhora, por sempre passar à minha frente, abrindo portas, caminhos e, algumas vezes, uma janela. À minha mãe e anjo, Andréa, por ter me dado a vida, me guardar e me guiar do lugar lindo em que estiver.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, compreenderam minha ausência nesse período, minhas crises (de riso, choro, felicidade, tristeza), minhas alegrias, meus sonhos e minha necessidade de café. Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Dinâmica do Carbono no solo	2
1.1.1 Estoque de C em áreas desmatadas e queimadas.....	5
1.1.2 Estoque de C no solo em áreas sob sistema de plantio direto.....	5
1.1.3 Estoque de C no solo em solos sob sistemas de integração.....	6
1.2 Meta-análise	7
1.2.1 Meta-análise do estoque de carbono no solo	7
1.3 Objetivo	9
2 METODOLOGIA.....	11
2.1 Pesquisa	11
2.1.1 Formulação do problema	11
2.1.2 Localização e seleção dos estudos	13
2.2 Coleta dos tratamentos.....	15
2.2.1 Leitura de artigos	15
2.2.2 Planilhas.....	15
2.3 Análise estatística.....	16
2.3.1 Teste de normalidade	17
2.3.2 Teste t de Student ou Teste de Wilcoxon pareado	17
3 RESULTADOS	20
3.1 Organização dos artigos conforme sistema/prática agrícola.....	23
3.2 Boxplot e análise descritiva.....	51
3.3 Análise estatística.....	54
3.2 Dinâmica de C no solo após distúrbio e manejo	57

3.2.1 Dinâmica do COS em áreas com os sistemas/práticas agrícolas encontrados nesta meta-análise	59
4 DISCUSSÃO	63
5 CONCLUSÕES.....	73
5.1 Considerações finais	74
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dinâmica do carbono orgânico em sistemas de manejo do solo.....	3
Figura 2: Etapas da meta-análise para realização deste estudo.....	12
Figura 3: Total de resultados encontrados no Google Acadêmico em 15/01/2016.	21
Figura 4: Total de artigos baixados no período de 1996 a 2016.....	21
Figura 5: Mapa da distribuição por bioma dos estudos baixados.	22
Figura 6: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com adubação química (ADU).....	51
Figura 7: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com adubação verde (ADUV).	52
Figura 8: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com integração lavoura-pastagem (ILP1).....	53
Figura 9: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com sistema de plantio direto (SPD).	54
Figura 10: Dinâmica de C no solo em área de vegetação nativa (A), com distúrbio (B) e com manejo conservacionista (C).....	58
Figura 11: Dinâmica do COS em áreas com adubação química. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com adubação química após o distúrbio (c).	59
Figura 12: Dinâmica do COS em áreas com adubação verde. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com adubação verde após o distúrbio (c).	60
Figura 13: Dinâmica do COS no solo em áreas com ILP1. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com integração lavoura-pastagem após o distúrbio (c).....	61
Figura 14: Dinâmica do COS no solo em áreas com SPD. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com sistema de plantio direto após o distúrbio (c).	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Esquema dos tratamentos utilizados na análise estatística.	17
Tabela 2: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Corazza et al. 1999.	24
Tabela 3: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Gonçalves et al. 1999.	25
Tabela 4: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Freitas et al. 2000.	26
Tabela 5: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Amado et al. 2001.	27
Tabela 6: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Freixo et al. 2002.	28
Tabela 7: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Acosta et al. 2003.	29
Tabela 8: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Lovato et al. 2004.	30
Tabela 9: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Segnini et al. 2007.	31
Tabela 10: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Costa et al. 2008.	32
Tabela 11: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Campos et al. 2010.	33
Tabela 12: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Costa et al. 2010.	34
Tabela 13: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Rozane et al. 2010.	35
Tabela 14: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Nunes et al. 2011.	36
Tabela 15: Organização de estudos selecionados para meta-análise – Paulino et al. 2011.	37
Tabela 16: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Salton et al. 2011.	38

Tabela 17: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Schiavo et al. 2011.....	41
Tabela 18: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Calonego et al. 2012.....	42
Tabela 19: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Guareschi et al. 2012.....	43
Tabela 20: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Matias et al. 2012.....	44
Tabela 21: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Queiroz et al. 2012.....	45
Tabela 22: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Souza et al. 2012.	46
Tabela 23: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Campos et al. 2013.....	47
Tabela 24: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Gazolla et al. 2013.....	48
Tabela 25: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Guareschi et al. 2013.....	49
Tabela 26: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Costa et al. 2015.	50
Tabela 27: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Rossetti et al. 2015.....	51
Tabela 28: Resumo descritivo e análise estatística dos dados dos sistemas/práticas agrícolas.....	55
Tabela 29: Resumo da análise estatística dos sistemas/práticas agrícolas vs NM.	56
Tabela 30: Resumo da análise estatística dos sistemas/práticas agrícolas vs VN.	57

RESUMO

MARTINS, Carolinna Maria Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Estoques de carbono no solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola no Brasil: uma meta-análise.** Orientador: Marcos Heil Costa. Coorientador: Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues.

A agricultura possui um grande potencial de mitigação das mudanças climáticas por meio da adoção de práticas de manejo capazes de estocar carbono no solo. Para compreender melhor a influência das práticas de uso do solo na dinâmica de carbono no solo, este trabalho teve como objetivo analisar a influência dos sistemas de manejo agrícolas nos estoques de carbono do solo no Brasil utilizando uma meta-análise. De 92 artigos considerados, 26 foram selecionados para análise estatística do estoque de carbono na profundidade de 0-20 cm, sob quatro sistemas de manejo: adubação química (ADU), adubação verde (ADUV), integração lavoura-pastagem (ILP1) e sistema de plantio direto (SPD). A análise estatística foi separada em duas, conforme as especificações do grupo controle nos artigos analisados: a área em que foi utilizada o sistema/prática agrícola vs. área não manejada (NM) e área em que foi utilizada o sistema/prática agrícola vs. vegetação nativa (VN). Os resultados estatísticos mostraram que solos sob as práticas de ADU possuem taxa de mudança de C no solo positiva, de 0,32 MgC/ha/ano, porém sob o efeito *priming*, esta taxa pode se apresentar negativa, enquanto o SPD apresentou 0,45 MgC/ha/ano. Ambos os tratamentos foram estatisticamente significativos ($\alpha = 10\%$). ADUV apresentou estoque de C no solo negativo, comparada a pastagens e ILP1 mostrou ser definida pelo tempo de implantação, textura do solo e grupo controle comparativo, obtendo, também, taxa de C negativa. Entretanto, nenhum dos dois foram estatisticamente significativos. Em relação à VN, apenas a combinação de pastagem com sistema de plantio direto possui potencial da taxa de acúmulo de C no solo ser positiva.

ABSTRACT

MARTINS, Carolinna Maria Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Soil carbon stocks under different agricultural management systems in Brazil: a meta-analysis.** Adviser: Marcos Heil Costa. Co-adviser: Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues.

Agriculture has a great potential for mitigation of climate change through the adoption of management practices capable of storing carbon in the soil. To better understand the influence of soil management practices on soil carbon dynamics, this study aimed to analyze the influence of agricultural management systems on soil carbon stocks in Brazil using a meta-analysis. From 92 articles considered, 26 were selected for statistical analysis of the carbon stock in the depth of 0-20 cm, containing 4 management systems: chemical fertilization (ADU), green manuring (ADUV), crop-pasture integration (ILP1) and no-tillage system (SPD). Two statistical tests were carried out, according to the control group specifications in the analyzed articles: managed *vs.* unmanaged area (NM) and managed *vs.* native vegetation (VN). The statistical results showed that soils under ADU practices have a positive soil C accumulation rate, 0.32 MgC/ha/year, but under the priming effect, this rate may be negative, while SPD presented 0.45 MgC/ha/year in the soil. Both treatments were statistically significant. ADUV showed negative soil C stock, compared to pastures, and ILP1 showed to be defined by the implantation time, soil texture and comparative control group, also obtaining a negative C rate. However, neither were statistically significant. When comparing the management systems with Natural Vegetation as Control (VN), only the combination of pasture with no-tillage system, showed in ILP1, has the potential to accumulate soil C.

1 INTRODUÇÃO

As preocupações com o aquecimento global e o aumento dos níveis atmosféricos de dióxido de carbono (CO₂) provocaram um interesse considerável nos últimos anos sobre o papel dos solos como fonte ou coletor de carbono (C) (HOUGHTON, 2003; BAKER *et al.*, 2007). Excluindo rochas carbonatadas, os solos constituem o maior reservatório de carbono superficial, cerca de 1500 a 2400 PgC, equivalente a quase quatro vezes a quantidade armazenada na biomassa terrestre, com 450 a 650 PgC, e quase três vezes a quantidade armazenada na atmosfera, com cerca de 828 PgC (IPCC, 2013; PRATHER *et al.*, 2012; JOOS *et al.*, 2013; PRENTICE *et al.*, 2001; BATJES, 1996; LAL; 2004a, 2006), indicando que qualquer aumento do sequestro de C pelos solos deve compensar significativamente o aumento do CO₂ atmosférico e o aquecimento global resultante (FONTAINE *et al.*, 2004).

Embora a combustão de combustíveis fósseis seja a principal causa do aumento do CO₂ na atmosfera, as mudanças no uso da terra têm contribuído significativamente (BAKER *et al.*, 2007). Durante a década de 1990, a combustão de combustíveis fósseis e a produção de cimento emitiram $6,3 \pm 1,3$ PgC para a atmosfera, enquanto a mudança de uso da terra

emitiu $1,6 \pm 0,8$ PgC/ano (SCHIMEL *et al.*, 2001; IPCC, 2001). Qualquer mudança do uso da terra ou do seu manejo pode induzir mudanças nos estoques de carbono do solo, mesmo em sistemas agrícolas em que o carbono é tido como estável (LAL *et al.*, 1997; SIX *et al.*, 2002). O sequestro de C é causado por sistemas de manejo que agregam altas quantidades de biomassa ao solo, causam sua mínima perturbação, conservam o solo e a água e melhoram sua estrutura (LAL, 2004a).

A depleção de carbono do solo é acentuada pela degradação do mesmo e exacerbada pelo uso indevido da terra e seu manejo inadequado. Algumas práticas agrícolas contribuem para essa depleção, como: desmatamento e queima de biomassa, aração e outras formas de perturbação do solo, remoção de resíduos vegetais, uso excessivo de pesticidas e outros produtos químicos, dentre outras.

A adoção de práticas de manejo recomendadas em solos agrícolas pode remover CO₂ atmosférico ao mesmo tempo que tem impactos positivos na segurança alimentar, agroindústrias, qualidade da água e meio ambiente (LAL, 2004a). É possível acumular carbono no solo através da restauração de solos degradados/desertificados e da intensificação de terras agrícolas e florestais, usando práticas como cultivo conservacionista, manutenção de resíduos vegetais, manejo integrado de nutrientes, rotação de culturas envolvendo culturas de cobertura, práticas que aumentam a eficiência da água, nutrientes de plantas e uso de energia, pastagens melhoradas incluindo espécies arbóreas, pastoreio controlado e uso judicioso de fatores de produção (LAL, 2003).

1.1 Dinâmica do Carbono no solo

O equilíbrio entre as entradas e saídas do carbono orgânico do solo (COS) influencia criticamente a concentração atmosférica de CO₂ (AMUNDSON, 2001; LÜTZOW *et al.*, 2006). Para um determinado tipo de solo, o estoque de COS também pode variar, sendo o

estoque determinado pelo saldo de entradas e saídas de C do solo (SMITH, 2008). A complexa dinâmica do balanço do COS pode ser observada na Figura 1.

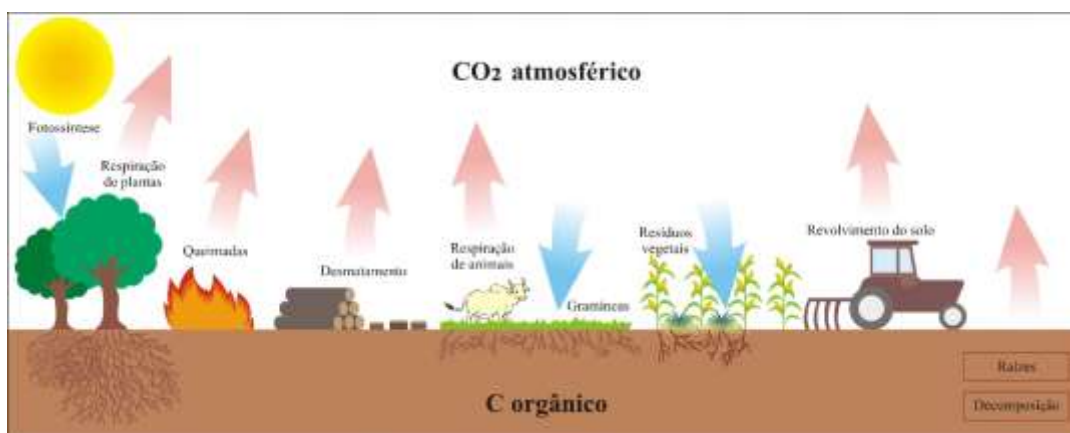


Figura 1: Dinâmica do carbono orgânico em sistemas de manejo do solo.

A troca de carbono entre o reservatório terrestre e o atmosférico é o resultado de processos naturais e da emissão de gases causados pela ação humana (ROSA *et al.*, 2014). O carbono entra nos ecossistemas através da fotossíntese, dos quais, na média, metade desse valor é logo liberado como CO₂ pela respiração autotrófica (FERREIRA, 2013; ROSA *et al.*, 2014; KIRSCHBAUM, 2000) .

A taxa de entrada de C no solo está relacionada com a produtividade da vegetação que cresce neste solo, medida pela produção primária líquida (NPP) (SMITH, 2008). A NPP varia com o clima, a cobertura do solo, a composição das espécies e o tipo de solo. Uma fração de NPP entra no solo como matéria orgânica (MO), seja através de lixiviados de plantas, exsudatos radiculares ou por decomposição de estruturas fragmentadas de plantas (JONES *et al.*, 2004), proporcionando assim o substrato para a formação do COS (KIRSCHBAUM, 2000). Quando o carbono orgânico é adicionado aos solos, a taxa de respiração do solo (raízes e micorrizas) aumenta (GALLARDO *et al.*, 1994; HOGBERG *et al.*, 1996), fazendo com que seja maior do que a NPP. Além disso, a fixação biológica do nitrogênio (N) e a deposição atmosférica fornecem nitrogênio adicional ao solo, fazendo

com que essa maior quantidade de N disponível para as plantas torne-se uma importante restrição ao ganho de carbono através da NPP.

O equilíbrio entre a entrada e saída de C no solo é perturbado pela mudança do uso da terra até que um novo equilíbrio seja eventualmente alcançado no novo ecossistema. Durante esse processo, o solo pode agir como fonte ou sumidouro de carbono, conforme a diferença entre entradas e saídas (GUO *et al.*, 2002).

Segundo Raich *et al.* (1992), a respiração das raízes, a decomposição da liteira na superfície e da matéria orgânica do solo (incluindo detritos de raízes) são os principais componentes da saída do CO₂ do solo.

O carbono retorna à atmosfera pela decomposição do COS (respiração heterotrófica do solo). A taxa de decomposição do carbono orgânico é determinada por fatores específicos do solo (textura, pH, etc.), fatores climáticos e pela quantidade presente de carbono orgânico do solo (OLSON, 1963). Quando os solos são perturbados através do cultivo, o teor de matéria orgânica declina. O declínio ocorre porque as condições de decomposição - aeração do solo e teor de umidade – são, muitas vezes, melhoradas quando os solos são perturbados, levando a maiores taxas de respiração do solo (ELLIOTT, 1986; SIX *et al.*, 1998).

Além disso, a emissão de CO₂ pode ocorrer também através de queimadas, desmatamento (ROSA *et al.*, 2014) e respiração de seres vivos, retornando uma quantidade equivalente à NPP para a atmosfera (FERREIRA, 2013). Parte do carbono que não é liberado para a atmosfera, é incorporado no húmus do solo ou solubilizado na água de percolação (SOTTA, 1998).

A dinâmica de acúmulo de C no solo depende do sistema de manejo empregado no solo, desde as operações de preparo, até as sequências de culturas (SALTON, 2007). Com a conversão da cobertura vegetal original em pastagens ocorre uma série de alterações nas propriedades físicas e químicas do solo, que podem provocar sua melhoria, mas também

podem acelerar a degradação, dependendo do tipo de solo, da espécie vegetal e do sistema de manejo (ROSA *et al.*, 2014; TRUMBORE *et al.*, 2009). Além disso, as respostas dos ecossistemas são complexas, pois práticas de manejo podem induzir mudanças em comunidades de plantas que, ao longo do tempo, podem exercer efeitos secundários no armazenamento de C (SCHUMAN *et al.*, 2002).

1.1.1 Estoque de C em áreas desmatadas e queimadas

O desmatamento de ecossistemas naturais resulta em uma redução substancial nos estoques de carbono no solo. Após o cultivo de terras anteriormente florestadas (desmatamento), o C pode ser rapidamente perdido como resultado do aumento da decomposição e erosão de C causado pela perturbação do solo (LAL, 2005).

Cerri *et al.* (1996), avaliando a dinâmica do C após desmatamento e uso com pastagem, em Manaus, observaram que houve diminuição de 20 a 30 % no C total no solo nos primeiros anos após o desmatamento e queima, sendo recuperado, progressivamente, após 20 anos de uso com pastagem bem manejada, ultrapassando o valor inicial de C em 5 a 15 %.

1.1.2 Estoque de C no solo em áreas sob sistema de plantio direto

Amado *et al.* (2001) mostram em seus experimentos que a aração e a gradagem do solo diminuíram os estoques de C e que apenas a partir do quarto ano de adoção do plantio direto (SPD), houve recuperação deste C perdido nos sistemas de cultivo. Além disso, o plantio direto associado ao uso de culturas de cobertura demonstrou potencial para recuperar o teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, sequestrar carbono no solo. Corazza *et al.* (1999) também verificaram resultados semelhantes, indicando que o sistema de plantio direto apresentou a maior taxa de adição de C no solo comparado ao sistema manejado com gradagem pesada.

Siqueira Neto et al. (2009), avaliando o sequestro de C num solo em SPD, verificaram que os estoques de C no solo aumentaram com o tempo de implantação do SPD e que o aporte de resíduos culturais e a rotação de culturas com uso de leguminosas reduziram a mineralização da matéria orgânica, favorecendo o acúmulo de C no solo.

Segnini et al. (2007) apresentaram resultados que evidenciaram que sistemas de pastagens bem manejadas de *Brachiaria*, com o não revolvimento do solo ou queimadas, poderiam proporcionar o sequestro de carbono da atmosfera via sistema radicular das plantas, ou mesmo outros restos vegetais depositados na superfície do solo.

1.1.3 Estoque de C no solo em solos sob sistemas de integração

Estudos indicam que o uso de sistemas integrados de produção melhora a qualidade do solo e o sequestro de CO₂.

Conceição et al. (2017) mostram que o sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) obteve uma porcentagem de ganho de carbono no solo de 7,8% após três anos de estabelecimento, representando um aumento de 5,5 Mg/ha na camada de 0-30 cm, valor similar do encontrado na vegetação nativa.

Chaves et al. (2013) evidenciaram efeitos positivos no sistema ILPF em plantio direto, melhorando as propriedades físicas e aumento do estoque de carbono no solo na área que anteriormente foi pastagem degradada em região amazônica. Na camada de 0-20 cm o estoque de carbono do solo na área de vegetação nativa foi de 45,13 Mg/ha, e decresceu 12 Mg/ha quando convertida em pastagem mal manejada. Com a adoção do sistema pecuário integrado em plantio direto, fertilização para cultivo da lavoura e manejo correto da pastagem, o estoque de carbono atingiu 41,72 Mg/ha. Costa et al. (2015) encontraram resultados similares na Mata Atlântica, em solos com sistema de produção de

ILPF houve melhoria da fertilidade e aumento dos estoques de carbono no solo, além da redução da compactação na área de implantação do experimento.

1.2 Meta-análise

Diferentemente da revisão bibliográfica usual, na meta-análise as técnicas quantitativas assumem lugar de destaque, visando extrair informação adicional de dados pré-existentes por meio da união de resultados de diversos trabalhos e pela aplicação de uma ou mais técnicas estatísticas (LUIZ, 2002). Desta forma, a meta-análise permite combinar os resultados de estudos realizados de forma independente (geralmente extraídos de trabalhos publicados) e sintetizar suas conclusões ou mesmo extrair uma nova conclusão (WOLF, 1986). Ao acumular resultados entre os estudos, aumentando a amostra total, pode-se obter uma representação mais precisa da relação populacional do que a fornecida pelas estimativas de estudo individuais (LYONS, 2003), melhorando o poder estatístico da análise, assim como a precisão da estimativa do efeito do tratamento (AKOBENG, 2005).

Métodos estatísticos meta-analíticos têm sido desenvolvidos para análises quantitativas de resultados de pesquisa para múltiplos experimentos independentes. Esses métodos geralmente oferecem vantagens sobre as revisões narrativas ou revisões quantitativas que não possuem rigor de amostragem e métodos estatísticos robustos (GUO *et al.*, 2002; JOHNSON *et al.*, 2001).

1.2.1 Meta-análise do estoque de carbono no solo

A meta-análise tem sido cada vez mais utilizada como metodologia em diversos trabalhos relacionados ao estoque de carbono no solo. Li *et al.* (2012) realizaram uma meta-análise para estudar a dinâmica de C e N no solo após o reflorestamento, extraindo e

padronizando os dados de trabalhos já publicados, levantando questões e buscando respostas como: compreender como as ações de C e N mudam após a reflorestamento; como o uso prévio da terra, o clima e as espécies de árvores plantadas afetam as dinâmicas C e N após a arborização; e como a mudança na variação de estoque N se correlaciona com a mudança no estoque C.

Maillard et al. (2014) afirmam que estudos individuais e alguns artigos de revisão tentaram relacionar a variabilidade na magnitude da mudança de COS a vários fatores explicativos, como o clima (TRIBERTI *et al.*, 2008), taxa de aplicação de estrume (FRANZLUEBBERS *et al.*, 2001), sistema de manejo de estrume (GIERNANI *et al.*, 2007), textura do solo (GAMI *et al.*, 2009), concentração inicial de COS (DERSCH *et al.*, 2001), uso da terra e tempo de aplicação. Dessa forma, optaram por quantificar a resposta de COS à aplicação de estrume de um grande grupo de estudos individuais e avaliar o impacto de fatores explicativos como clima, propriedades do solo (textura, concentração inicial de COS), uso da terra e características de estrume (entrada C, espécie animal, sistema de manejo de estrume).

Para esclarecer se a adoção de nitrogênio (N) resulta em um aumento no COS ou apenas em mudanças na distribuição de C no perfil do solo, Luo et al. (2010) realizaram uma meta-análise através de dados já publicados afim de obter respostas do COS à conversão da plantio convencional para o sistema de plantio direto em 69 experimentos. Além disso, analisaram também como as condições climáticas locais (precipitação e a temperatura), a duração da aplicação do nitrogênio, a taxa de fertilização de N e o tipo de sistemas de cultivo regulam as respostas do COS à adoção do nitrogênio.

Num esforço para integrar dados de análises regionais anteriores e melhorar as estimativas das taxas de sequestro de C pela agricultura C, West et al. (2002) desenvolveram um conjunto global de dados baseado numa revisão de experimentos de longo prazo

publicados na literatura que registrou a resposta do COS às mudanças na manejo agrícola. As medições orgânicas C do solo e os dados auxiliares foram especificamente compilados para (i) estimar quantitativamente a resposta de COS às mudanças na intensidade de lavoura e na rotação de culturas, (ii) estimar quantitativamente a duração das taxas de sequestro de C e (iii) fornecer intervalos de confiança para estimativas de taxas de sequestro de C que poderiam ser usadas na política e em análises modeladas.

Don et al. (2011) compilaram e analisaram quantitativamente centenas de conjuntos de novos e antigos dados para fornecer uma primeira estimativa das mudanças de estoque de C em solos tropicais depois de mudança do uso do solo, na profundidade de 0-30 cm. Quando as mudanças do uso da terra ocorriam em florestas primárias e secundárias, a perda no estoque de COS variava entre -6,4 e -30,3 Mg/ha.

Em seus estudos, Guo et al. (2002) revisaram a influência de várias mudanças no uso da terra no COS. Observou-se que em área de vegetação nativa convertida em lavoura, o COS reduziu 42% na camada superficial do solo. Entretanto, quando a área de lavoura está localizada sob área de pastagem, ocorre um aumento de 19% do COS na profundidade abaixo de 100 cm.

Laganière et al. (2010) revisaram 33 publicações sobre o efeito do reflorestamento no COS. A meta-análise indicou que o reflorestamento possui um impacto positivo no COS em solos agrícolas do que em pastagens. Além disso, observou-se que solos ricos em argila possuem maior capacidade de acúmulo de COS do que em solos com menor teor de argila.

1.3 Objetivo

Diversas meta-análises são realizadas para compreender as mudanças no estoque de C no solo, porém a grande maioria diz respeito à mudança do uso do solo, tendo uma grande lacuna na literatura em relação à influência das práticas e sistemas agrícolas específicos no

estoque de C do solo. Assim, o objetivo desta dissertação é analisar a influência dos usos e sistemas agrícolas nos estoques de COS no Brasil, de maneira a compreender e comparar as práticas que possuem maiores taxas de adição de C ao solo.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram analisados os metadados obtidos em artigos científicos similarmente aos passos abordados na publicação Cochrane Handbook (HIGGINS *et al.*, 2008), que recomenda as etapas mostradas na Figura 2 para a realização de uma revisão sistemática com ou sem análise estatística.

2.1 Pesquisa

2.1.1 Formulação do problema

Práticas agrícolas como o desmatamento, a erosão do solo, a queima de biomassa, o superpastejo, a mecanização do solo, depleção da fertilidade dos solos, dentre outros, afetam o balanço do carbono global causando declínio do carbono orgânico do solo (COS) e promovendo emissões de CO₂ para atmosfera (LIMA, 2002; BAEDE *et al.*, 2001; PACIULLO *et al.*, 2014). Tais atividades estão associadas à deterioração dos atributos

físicos, químicos e biológicos do solo, que garantem sua boa qualidade (SIQUEIRA *et al.*, 2008).

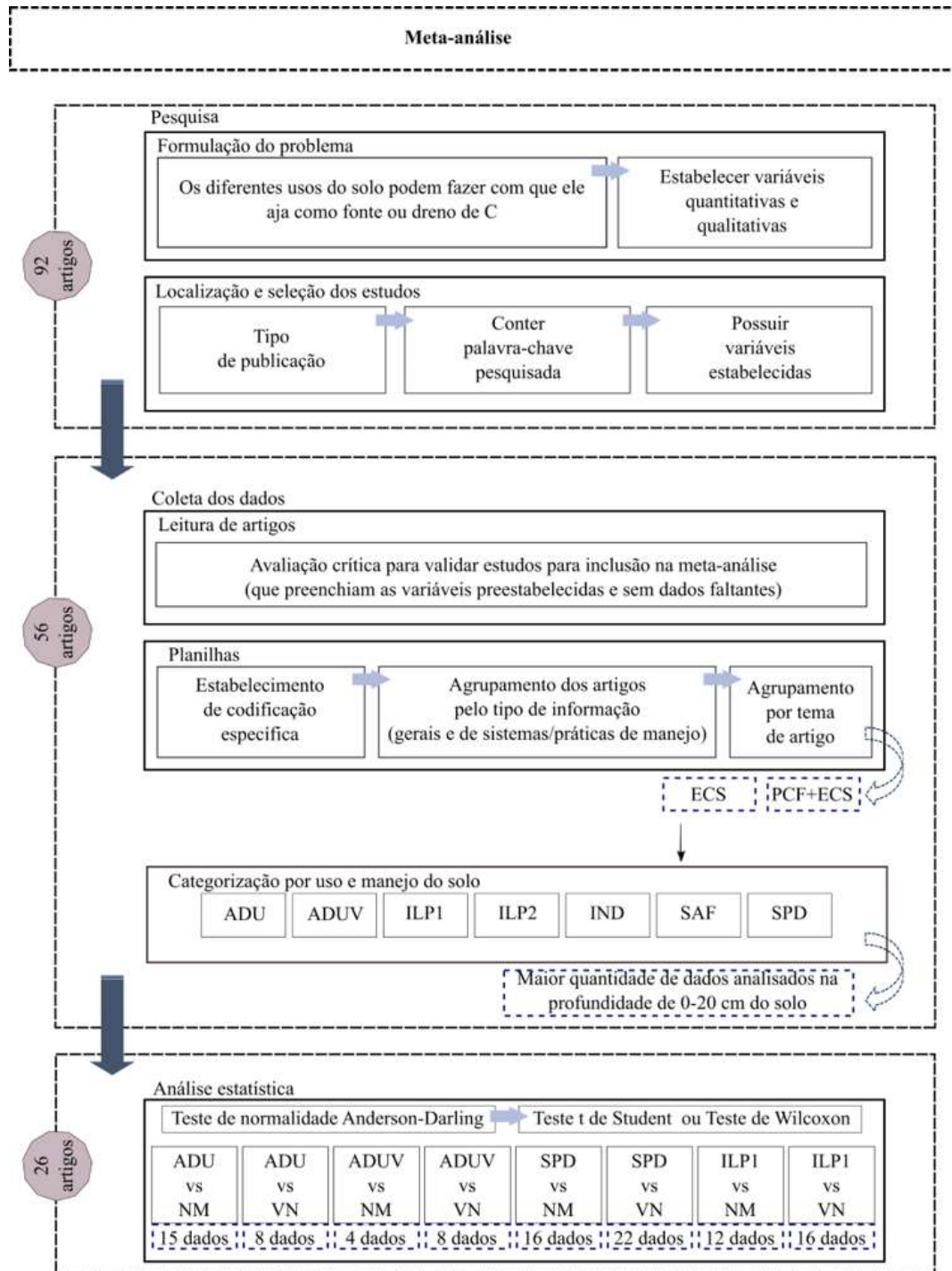


Figura 2: Etapas da meta-análise para realização deste estudo.

No entanto, a capacidade do solo de sequestrar carbono depende da extensão da perda do carbono orgânico do solo no passado, causada pelo seu sistema de uso e manejo. Dessa forma, adotando de práticas de manejo adequadas, uma porção significativa do C perdido pelo solo pode ser recuperada (LAL, 2008) ou até incrementada (BAYER *et al.*, 2003).

Todas as opções de manejo que aumentam as entradas de C no solo e que diminuem a mineralização da matéria orgânica promovem o acúmulo de carbono nos solos (SADOWSKY *et al.*, 1996). Em práticas agrícolas conservacionistas, tais como a manutenção da biomassa vegetal *in situ* (palhada) após a colheita, o não revolvimento do solo, rotação de culturas, uso adequado de fertilizantes químicos e adubos orgânicos, podem contribuir para recompor o reservatório de C orgânico dos solos e restaurar sua capacidade como um sumidouro de carbono (LIMA, 2002; AMADO *et al.*, 2003; MACHADO, 2005).

A partir do problema de que sistemas convencionais têm levado a perdas de C no solo, decidiu-se pesquisar sobre os diferentes sistemas de manejo conservacionistas e práticas agrícolas utilizados no setor agropecuário e sua influência no estoque de carbono no solo. Isso permite compreender a interferência dessas práticas na capacidade de sequestro ou emissão de C.

Através da formulação do problema foi possível estabelecer variáveis quantitativas (estoque de carbono no solo (Mg/ha); adubação (kg/ha)) e qualitativas (espécies de forrageiras e cultivares; tipo de solo; práticas agrícolas; sistemas de manejo; localização do experimento) necessárias para especificar a busca dos estudos.

2.1.2 Localização e seleção dos estudos

O tipo de publicação analisada foi restrito a artigos e documentos técnicos (por conter tratamentos mais precisos e otimizar o tempo de leitura e pesquisa do material examinado)

nos quais os experimentos foram realizados em territórios brasileiros. Não houve delimitação regional ou de bioma ou escolha de sistemas específicos de manejo conservacionista.

A busca foi realizada nas seguintes plataformas eletrônicas: Google Acadêmico, Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDP@), Acesso Livre à Informação Científica da Embrapa (Alice) e Informação Tecnológica em Agricultura (Infoteca-e).

Com tempo escasso para a coleta, leitura e análise dos dados, priorizou-se trabalhos publicados em revistas brasileiras. Dessa forma, cada estudo foi considerado como um caso, de modo que a totalidade de trabalhos sobre um determinado problema de pesquisa configurasse a população de interesse.

Nas amostras, os critérios utilizados para a seleção foram:

- Conter a palavra-chave pesquisada. A fim de conseguir maior quantidade e qualidade possíveis de artigos, buscou-se pelas seguintes palavras-chave¹: “Recuperação de pastagem degradada”, “Emissão de pastagem degradada”, “Recuperação de pastagem ILPF”, Recuperação de pastagem; sistema de integração”, “Pecuária sustentável”, “Sequestro de carbono em pastagem”, “Emissão de GEE em pastagem”, “Mudanças climáticas”.
- Possuir as variáveis estabelecidas anteriormente: estoque de carbono no solo (Mg/ha), adubação (kg/ha), forrageiras, cultivares, tipo de solo, práticas e sistemas de manejo, localização do experimento.

¹ À princípio pretendia-se analisar o estoque de carbono em pastagens recuperadas, por isso as palavras-chaves possuem o termo “pastagem” em sua maioria. Entretanto, durante a leitura dos trabalhos, não foi possível afirmar que o local tratava-se de pastagem recuperada. Em sua maioria, os experimentos encontravam-se em áreas e campos experimentais. Dessa forma, o termo pastagem não foi utilizado neste trabalho.

2.2 Coleta dos tratamentos

2.2.1 Leitura de artigos

Um total de 92 artigos possuíam algumas das variáveis preestabelecidas por meio da análise das palavras-chave e dos resumos. Entretanto, durante a leitura dos artigos, foi feita uma avaliação crítica (validação dos artigos) que consistiu na identificação dos estudos válidos para inclusão na meta-análise, bem como aqueles inválidos (LOVATTO *et al.*, 2007).

Para a realização da meta-análise e validação, era primordial que os estudos analisados possuísem dados de estoque de carbono no solo, sistemas de manejo e práticas agrícolas definidos. Os artigos que não continham estes dados (ou só uma parte deles) ou ausência de informações qualitativas necessárias para compreensão da metodologia utilizada, como escrita e manejo incompreensíveis, foram excluídos.

2.2.2 Planilhas

Os tratamentos coletados foram tabulados em planilha do Microsoft® Excel® 2016 MSO. A construção e alimentação dessa planilha foi feita por meio da coleta dos dados contidos nos artigos validados. Num primeiro momento, continham apenas as variáveis preestabelecidas anteriormente – e necessárias para a realização da meta-análise. Mas, conforme novos fatores foram identificados (espécies de forrageiras, culturas, outros tipos de adubação química) durante a leitura dos estudos, estes eram incorporados à planilha. Para facilitar a compreensão e escrita na planilha, foram criadas codificações referentes aos termos e diversificação destes.

Foram coletados dados de 56 artigos validados. Os dados foram organizados em dois tipos de informações: as gerais, contendo dados de localização, bioma, solo, informes da

publicação e as de sistemas/práticas de manejo, contendo dados de cobertura do solo, estoque de carbono, sistemas de manejo, práticas agrícolas.

Além disso, os artigos foram subdivididos em dois temas: estoque de C no solo (ECS), sendo apresentada a influência de um sistema/prática agrícola no estoque de C no solo e estoque de C no solo e produtividade (PC+ECS), apresentando a influência de um sistema/prática agrícola no estoque de C do solo e na produtividade da cobertura utilizada.

Foram selecionados 56 artigos, sendo 52 de ECS e 4 de PC+ECS. Analisando os dados coletados, os sistemas/práticas agrícolas foram categorizados e sete se destacaram: adubação química (ADU)², adubação verde – presença de leguminosas (ADUV), integração lavoura-pastagem (ILP1)³, integração lavoura-pecuária - com presença de animais no experimento (ILP2), manejo sustentável indeterminado (IND), sistemas agroflorestais (SAF) e sistema de plantio direto (SPD).

Devido à grande variedade encontrada na profundidade das medições, foi necessário adotar um padrão para a realização da análise estatística. Observou-se, então, uma quantidade considerável de tratamentos que analisavam o estoque de C na profundidade de 0-20 centímetros (cm), razão pela qual decidiu-se trabalhar com valores para essa profundidade.

2.3 Análise estatística

Ao restringir a profundidade, os artigos foram reduzidos a 26 documentos que continham os seguintes sistemas/práticas agrícolas: ADU, ADUV, ILP1 e SPD. Todos os estudos possuíam valores de estoque de C no solo da área em que havia o sistema/prática

² Devido à quantidade disponível de artigos relacionados à influência no estoque de C no solo conforme a adubação química recebida, decidiu-se usar essa prática separadamente.

³ A integração lavoura-pecuária foi chamada de integração lavoura-pastagem em ILP1 por não ter o elemento pecuária analisado nos experimentos dos artigos utilizados, diferentemente da ILP2.

agrícola conservacionista e de uma área controle, podendo esta ser uma área de vegetação nativa (VN) ou uma área com a ausência daquele sistema/prática agrícola (não manejada, NM). Assim, a análise estatística seria realizada conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Esquema dos tratamentos utilizados na análise estatística.

ADU	
ADUV	NM /
	vs
ILP1	VN
SPD	

2.3.1 Teste de normalidade

Para a realização da análise estatística, foi necessário conhecer a distribuição amostral utilizada e, assim, escolher o teste mais adequado para cada conjunto de dados: paramétrico ou não-paramétrico.

O teste de normalidade Anderson-Darling, da ferramenta Action Stat (versão 3.1.43.724.694), foi aplicado separadamente nos tratamentos, sendo possível avaliar de forma mais precisa a distribuição de cada conjunto amostral e, assim, poder escolher o teste de hipótese adequado.

Em um conjunto de dados, se o valor de P correspondente for maior que o nível de significância escolhido (10%), os dados seguem uma distribuição normal, caso contrário, os dados não seguem distribuição normal.

2.3.2 Teste t de Student ou Teste de Wilcoxon pareado

Nos casos em que tanto o tratamento quanto o controle possuíam distribuição normal, foi escolhido um teste paramétrico para ser aplicado, o teste t pareado de Student. A escolha

do teste t foi devido à heterogeneidade das amostras, podendo comparar pares entre populações distintas. Assumindo que a amostra foi aleatoriamente selecionada de uma população que segue uma distribuição normal, escolheu-se um intervalo de confiança calculado para 90%. O teste estatístico é dado por:

$$T = \frac{\bar{D} - \mu_D}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}}$$

onde \bar{D} é a média amostral da diferença, μ_D é o valor da hipótese nula; s_D é o desvio padrão da amostra e n é o tamanho da amostra.

O teste de Wilcoxon é um teste de hipótese não-paramétrica utilizado como uma alternativa e/ou complemento ao teste t de Student, quando ou a população do tratamento ou do controle não é normalmente distribuída. Ele gera diferenças entre as amostras pareadas, calcula a mediana das diferenças e seu respectivo intervalo de confiança. Assim como o teste t, escolheu-se um intervalo de confiança calculado para 90%. O valor de p é obtido por distribuição binomial, em amostras com $n \leq 25$:

$$p = P(X \leq k) = \sum_{x=0}^k \binom{N}{x} \cdot p^x \cdot q^{N-x}$$

As hipóteses escolhidas foram as mesmas para o teste t de Student e o teste de Wilcoxon. Entretanto, no primeiro é analisado a média (μ) dos dados e no segundo, a mediana da diferença dos dados pareados ($m(X_1-X_2)$). Definiu-se como hipótese nula (H_0) que não há diferença no estoque de C no solo entre os tratamentos contendo o sistema/prática agrícola conservacionista e os tratamentos do grupo controle, e como hipótese alternativa (H_1) que existe diferença entre os dois conjuntos de tratamentos, sendo $H_0: \mu_1 = \mu_2$ e $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, para o teste t e $H_0: m(X_1-X_2) = 0$ e $H_1: m(X_1-X_2) \neq 0$, para o teste de Wilcoxon, em que:

- μ_1 = média dos dados com sistema/prática agrícola conservacionista (ADU, ADUV, ILP1 ou SPD);
- μ_2 = média do grupo controle (NM ou VN);
- $m(X_1 - X_2)$ = mediana da diferença dos dados pareados, sendo X_1 os dados de ADU, ADUV, SPD ou ILP1 e X_2 os dados do grupo controle (NM ou VN).

3 RESULTADOS

Apesar da temática relacionada com “mudanças de uso da terra e seus impactos sobre os estoques de C no solo” estar cada vez mais presente e constante no meio acadêmico e social, o aumento perceptível de estudos encontrados nas plataformas científicas de busca se intensificou apenas nos últimos dez anos. A maioria das palavras-chaves usadas nas buscas obtiveram maiores resultados na última década (Figura 3).

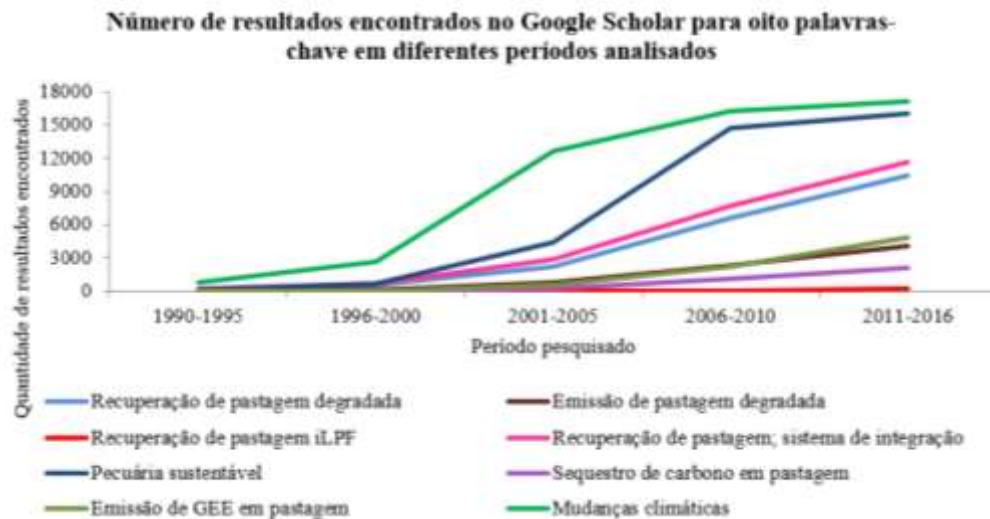


Figura 3: Total de resultados encontrados no Google Acadêmico em 15/01/2016.

O interesse acadêmico no problema proposto nesta dissertação, na última década, foi reafirmado na quantidade de artigos selecionados para a meta-análise. Através da avaliação criteriosa dos estudos baixados, 56 artigos foram validados para a coleta dos metadados. Destes, cerca de 77% foram publicados entre 2006 e 2016 (Figura 4).

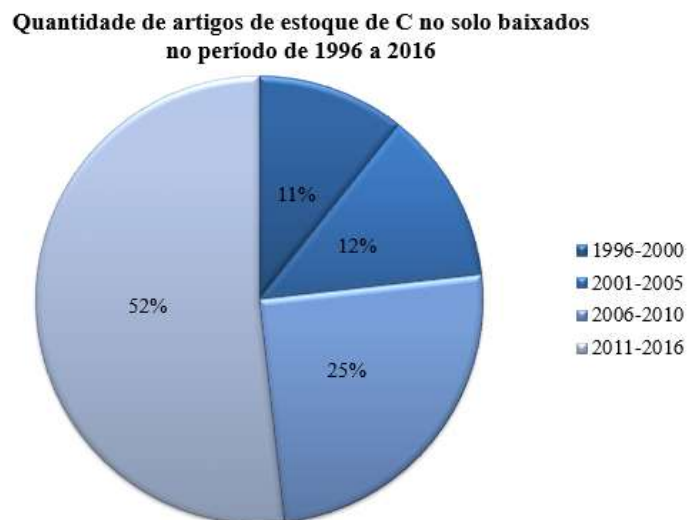


Figura 4: Total de artigos baixados no período de 1996 a 2016.

A distribuição destes estudos pelo território nacional é mostrada na Figura 5. É possível observar que os dados obtidos se concentram nos Biomas Mata Atlântica e Cerrado.

As diferentes práticas agrícolas (adubação química, adubação verde, sistema de plantio direto) e sistemas de produção (ILP com e sem animais) são confrontados a partir de agora com seus respectivos tratamentos controles (sem manejo/prática, NM e a vegetação nativa, VN). As análises estatística e gráfica dos tratamentos foram realizadas separadamente em cada prática/manejo agrícola, para melhor conhecer seus efeitos na distribuição do estoque de C no solo (Mg/ha) na camada de 0-20 cm.

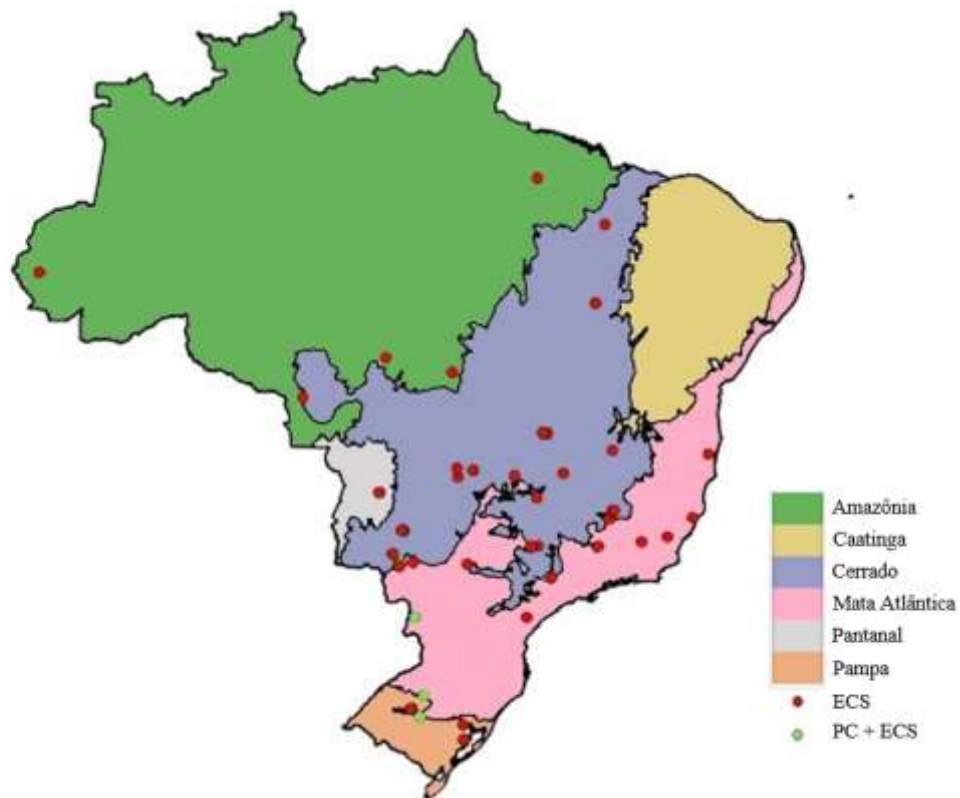


Figura 5: Mapa da distribuição por bioma dos estudos baixados.

3.1 Organização dos artigos conforme sistema/prática agrícola

Durante a coleta dos dados, os artigos foram separados em dois pontos: Informações gerais e Informações do sistema/prática agrícola, conforme mostrado nas Tabelas 2 a 27.

Dados de localização, solo, bioma e informes da publicação foram coletados em Informações gerais. Em Informações do sistema/prática agrícola foram coletadas mais variáveis, por se tratar de dados específicos do experimento realizado em cada artigo. Coletou-se dados de vegetação nativa, da área não manejada e da área com o sistema/prática agrícola. Para cada um desses tratamentos foram coletados dados de sistema de manejo adicional, adubação química, cobertura do solo, revolvimento do solo, presença de animais e estoque de C no solo.

Tabela 2: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Corazza et al. 1999.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado			Solo	Bioma		
Corazza et al.	1999	Artigo			R. Bras. Ci. Solo	-15,58 e -47,7			Planaltina, DF			LAT	CE		
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	39,77
<i>Controle (NM)</i>	-	18	-	-	-	-	-	-	-	BD	-	-	x	-	42,87
<i>Manejo (ADU)</i>	-	15	-	x	-	-	-	x	-	IND	-	x	x	-	37,34
<i>Manejo (SPD)</i>	-	15	-	x	-	-	-	x	-	IND	-	-	-	-	47,35

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; BD: *Brachiaria decumbens*; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 3: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Gonçalves et al. 1999.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Bioma			
Gonçalves et al.	1999	Artigo			R. Bras. Ci. Solo	-29,68 e -53,81			Santa Maria, RS		POD	PAM			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Controle (NM)</i>	SPD	6	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	-	-	-	20,99
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	6	x	44	58	-	-	-	-	VS	-	M	-	-	22,89
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	6	x	44	58	-	-	-	-	LA	-	M	-	-	24,85
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	6	x	44	58	-	-	-	-	PA	-	M	-	-	22,14
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	6	x	44	58	-	-	-	-	AVP	-	M	-	-	23,06

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; POD: podzólico; PAM: Pampas; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag.: forrageira; IND: indeterminado; VS: *Vicia sativa*; LA: *Lupinus angustifolius*; PA: *Pisum arvense*; AVP: *Avena strigosa*; Legum.: leguminosas; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 4: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Freitas et al. 2000.

Informações gerais do artigo															
Autores	<i>Ano de publicação</i>	<i>Tipo de publicação</i>	<i>Revista</i>			<i>Lat e Long</i>			<i>Cidade, Estado</i>			<i>Solo</i>	<i>Bioma</i>		
Freitas et al.	2000	Artigo	Pesq.Agropec.Bras.			-16,53 e -49,13			Goiânia, GO			LAT	CE		
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	<i>Adubação (kg/ha)</i>						<i>Cobertura do solo</i>			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	51,2
<i>Controle (NM)</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	BB	-	-	-	SP	41,1
<i>Manejo (ADU)</i>	-	15	-	-	-	-	-	x	-	BB	-	-	x	R	45,5
<i>Manejo (SPD)</i>	-	20	-	-	-	-	-	x	-	IND	-	M	-	-	49,6

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; BB: *Brachiaria brizantha*; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; M: milho; SP: superpastejo; R: rotacionado; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 5: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Amado et al. 2001.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação		Revista	Lat e Long	Cidade, Estado	Solo	Bioma							
Amado et al.	2001	Artigo		R.Bras.Ci.Solo	-29,75 e -53,7	Santa Maria, RS	ARG	PAM							
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)					Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)		
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.				Cultura	
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	23,24
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD	8	130	130	90	-	6450	-	-	AVP e VS	-	M	-	-	22,76
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD	8	130	130	90	-	6450	-	-	LM e VS	-	M	-	-	23,3
<i>Manejo (ADUV)</i>	SPD	8	65	130	90	-	6450	-	-	IND	MU	M, SJ	-	-	27,48
<i>Manejo (ADUV)</i>	SPD	8	65	130	90	-	6450	-	-	IND	FEI	M	-	-	22,71

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; ARG: argissolo; PAM: Pampas; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADUILP1: integração alvoura-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag: forrageira; NE: não existente; AVP: *Avena strigosa*; VS: *Vicia sativa*; LM: *Lolium multiflorum*; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; MU: mucuna; FEI: feijão; M: milho; SJ: soja; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 6: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Freixo et al. 2002.

Informações gerais do artigo																
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado			Solo	Bioma			
Freixo et al.	2002	Artigo			R.Bras.Ci.Solo	-16,48 e -49,31			Sto. Antônio de Goiás, GO			LAT	CE			
Informações do sistema/prática agrícola																
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo				Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura					
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	45,3
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Manejo (ADU)</i>	-	4	-	-	-	300	-	-	-	-	IND	-	AR, SJ	x	-	41,5
<i>Manejo (ADUV)</i>	ADU	4	-	-	-	300	-	-	-	-	IND	CJ	AR, ML, SJ	x	-	47,4
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	4	-	-	-	300	-	-	-	-	IND	-	AR, SJ	-	-	36,5
<i>Manejo (ADUV)</i>	SPD, ADU	4	-	-	-	300	-	-	-	-	IND	CJ	AR, ML	-	-	33,9

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; ADUV: adubação verde; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; CJ: crotalária; AR: arroz; SJ: soja; ML: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 7: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Acosta et al. 2003.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação	Revista	Lat e Long	Cidade, Estado	Solo	Bioma								
Acosta et al.	2003	Resumo expandido	I INIC-UNIVAP	-28,63 e -53,6	Santa Maria, RS	ARG	MA								
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo				Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Controle (NM)</i>	-	-	0	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	-	-	4,5
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	3	80	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	-	-	2,6
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	3	160	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	-	-	4,2
<i>Manejo (ADU)</i>	SPD	3	240	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	-	-	4,4

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; ARG: argissolo; MA: Mata Atlântica; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag.: forrageira; AVP: *Avena strigosa*; Legum.: leguminosas; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 8: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Lovato et al. 2004.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação		Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Bioma				
Lovato et al.	2004	Artigo		R.Bras.Ci.Solo	-30,83 e -51,63			Eldorado do Sul, RS		ARG	PAM				
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)					Cobertura do solo				Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
Vegetação nativa (VN)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	44,76
Controle (NM)	-	13	0	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	x	-	29,57
Manejo (ADU)	-	13	139	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	x	-	34,15
Controle (NM)	-	13	0	-	-	-	x	-	-	VS	-	M	x	-	31,88
Manejo (ADU)	-	13	139	-	-	-	x	-	-	VS	-	M	x	-	36,38
Controle (NM)	-	13	-	-	-	-	x	-	-	AVP e VS	-	M	x	-	30,72
Manejo (ADUV)	-	13	-	-	-	-	x	-	-	AVP e VS	FEI	M	x	-	34,58
Controle (NM)	-	13	-	-	-	-	x	-	-	VS	-	M	x	-	31,88
Manejo (SPD)	-	13	-	-	-	-	x	-	-	VS	-	M	-	-	40,09
Controle (NM)	-	13	-	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	x	-	29,57
Manejo (SPD)	-	13	-	-	-	-	x	-	-	AVP	-	M	-	-	37,29

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; ARG: argissolo; PAM: Pampas; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; ADUV: adubação verde; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; AVP: *Avena strigosa*; VS: *Vicia sativa*; Legum: leguminosas; FEI: feijão; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 9: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Segnini et al. 2007.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação	Revista	Lat e Long	Cidade, Estado	Solo	Bioma								
Segnini et al.	2007	Circular técnica	XXXI Cong.Bras.Ci.Solo	-22,01 e -47,89	São Carlos, SP	LAT	CE								
Informações do manejo															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	50
<i>Controle (NM)</i>	-	27	-	-	-	-	-	-	-	BD	-	-	-	-	55
<i>Manejo (ADU)</i>	-	27	x	-	x	-	2000	-	-	BD	-	-	-	-	101

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; BD: *Brachiaria decumbens*; Legum: leguminosas; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 10: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Costa et al. 2008.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Biom a			
Costa et al.	2008	Artigo			R.Bras.Ci.Solo	-30,08 e -51,66			Eldorado do Sul, RS		ARG	PAM			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Controle (NM)</i>	-	18	-	-	-	-	-	-	-	AVP	-	M	x	-	27,8
<i>Manejo (ILPI)</i>	SPD	18	-	-	-	-	-	-	-	AVP	-	M	-	-	31,2
<i>Controle (NM)</i>	-	18	-	-	-	-	-	-	-	VS	-	M	x	-	31,6
<i>Manejo (ILPI)</i>	SPD	18	-	-	-	-	-	-	-	VS	-	M	-	-	36,1

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; ARG: argissolo; PAM: Pampas; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; ILPI: integração lavoura-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; AVP: *Avena strigosa*; VS: *Vicia sativa*; Legum: leguminosas; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 11: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Campos et al. 2010.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação	Revista			Lat e Long	Cidade, Estado	Solo	Bioma						
Campos et al.	2010	Resumo Expandido	XVIII Reu.Bras.Man.Cons. Do Solo e da Água			-9,15 e -53,43	Bom Jesus, PI	LAT	CE						
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)					Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)		
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.				Cultura	
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	43
<i>Controle (NM)</i>	-	3	-	-	-	-	2000	-	-	IND	-	AR, SJ	x	-	42,8
<i>Manejo (SPD)</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	ML, SJ	-	-	40,5
<i>Manejo (SPD)</i>	-	5	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	ML, SJ	-	-	53,8
<i>Manejo (ILPI)</i>	-	13	-	-	-	-	-	-	-	BSP	-	ML, SJ	-	-	50,6

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; SPD: sistema de plantio direto; ILPI: integração lavora-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag.: forrageira; NE: não existente; IND: indeterminado; BSP: *Brachiaria* sp.; Legum: leguminosas; AR: arroz; SJ: soja; ML: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 12: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Costa et al. 2010.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação	Revista						Lat e Long	Cidade, Estado		Solo	Bioma		
Costa et al.	2010	Resumo Expandido	XVIII Reu.Bras.Man.Cons. Do Solo e da Água						-19,46 e -53,43	Sete Lagoas, MG		LAT	CE		
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	44,81
<i>Controle (NM)</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	BD	-	-	-	C	41,19
<i>Manejo (ADU)</i>	-	1	150	-	-	-	-	-	-	PM	-	-	-	R	50,53

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag: forrageira; NE: não existente; BD: *Brachiaria decumbens*; PM: *Panicum maximum*; Legum: leguminosas; C: pastejo contínuo; R: pastejo rotacionado; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 13: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Rozane et al. 2010.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Bioma			
Rozane et al.	2010	Artigo			Biosci.J.	-21,23 e -53,43			Colina, SP		LAT	CE			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	26,7
<i>Controle (NM)</i>		10	-	-	-	-	-	-	-	PM	-	-	x	x	29,1
<i>Manejo (ILP)</i>	SPD	1	-	-	-	2000	-	6000	-	PM	-	M	-	-	25,8

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILP1: integração lavoura-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; PM: *Panicum maximum*; Legum: leguminosas; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 14: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Nunes et al. 2011.

Informações gerais do artigo															
Autores	<i>Ano de publicação</i>	<i>Tipo de publicação</i>			<i>Revista</i>	<i>Lat e Long</i>			<i>Cidade, Estado</i>		<i>Solo</i>	<i>Bioma</i>			
Nunes et al.	2011	Artigo			R.Bras.Ci.Solo	-15,6 e -47,7			Planaltina, DF		LAT	CE			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	<i>Adubação (kg/ha)</i>					<i>Cobertura do solo</i>				Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	<i>Fertiliz.</i>	<i>Forrag.</i>	<i>Legum.</i>	<i>Cultura</i>				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Controle (NM)</i>	-	11	45	-	-	-	-	-	-	IND	-	ML	x	-	34,36
<i>Manejo (SPD)</i>	-	11	45	-	-	-	-	-	-	IND	-	ML	-	-	36,55
<i>Controle (NM)</i>	ADU	11	45	100	-	-	-	-	-	IND	-	ML	x	-	36,09
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	11	45	100	-	-	-	-	-	IND	-	ML	-	-	39,57

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; ML: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 15: Organização de estudos selecionados para meta-análise – Paulino et al. 2011.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado			Solo	Bioma		
Paulino et al.	2011	Resumo Expandido			48 ^a Reu.An. Soc. Bras.Zootec.	-22,78 e -47,29			Nova Odessa, SP			LAT	MA		
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Controle (NM)</i>	-	14	-	-	-	-	-	-	-	BB	-	-	-	x	49,6
<i>Manejo (ADU)</i>	-	14	50	-	-	-	-	-	-	BB	-	-	-	R	48,9
<i>Manejo (ADU)</i>	-	14	200	-	-	-	-	-	-	BB	-	-	-	R	54,7

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; MA: Mata Atlântica; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; BB: *Brachiaria brizantha*; Legum: leguminosas; R: pastejo rotacionado; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 16: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Salton et al. 2011.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado	Solo	Bioma				
Salton et al.	2011	Artigo			Pesq.Agropec.Bras..	-22,23 e -54,81			Dourados, MS	LAT	MA				
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)							Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	44,49
<i>Controle (NM)</i>	-	9	-	-	-	-	-	-	-	UD	-	-	-	-	50,11
<i>Manejo (ADUV)</i>	SPD	9	-	-	-	-	-	-	-	AVP	N	M, SJ, T	-	-	42,6
<i>Manejo (ILP1)</i>	-	9	-	-	-	-	-	-	-	AVP	-	SJ	x	-	44,1
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD, ADU	9	-	-	-	300	-	-	-	AVP, UD	-	SJ	-	-	48,02

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; MA: Mata Atlântica; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILP1: integração lavoura-pastagem; ADUV: adubação verde; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag: forrageira; x: não especificado; NE: não existente; UD: *Uruchola decumbens*; AVP: *Avena strigosa*; Legum: leguminosas; N: nabo; M: milho; SJ: soja; T: trigo; Rev. solo: revolvimento do solo.

Continua na próxima página.

Informações gerais do artigo

Autores	<i>Ano de publicação</i>	<i>Tipo de publicação</i>	<i>Revista</i>	<i>Lat e Long</i>	<i>Cidade, Estado</i>	<i>Solo</i>	<i>Bioma</i>
Salton et al.	2011	Artigo	Pesq.Agropec.Bras..	-21,6 e -55,16	Maracaju, MS	LAT	CE

Informações do sistema/prática agrícola

Tratamento	SMA	Tempo (anos)	<i>Adubação (kg/ha)</i>						<i>Cobertura do solo</i>			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	<i>Fertiliz.</i>	<i>Forrag.</i>	<i>Legum.</i>	<i>Cultura</i>				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	68,66
<i>Controle (NM)</i>	-	11	-	-	-	-	-	-	-	UD	-	-	-	-	65,8
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD	11	-	-	-	-	-	-	-	AVP	-	SJ	-	-	56,6
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD, ADU	11	-	-	-	300	-	-	-	AVP, UD	-	SJ	-	-	61,39

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILP1: integração lavoura-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag.: forrageira; NE: não existente; UD: *Uruchola decumbens*; AVP: *Avena strigosa*; Legum: leguminosas; SJ: soja; Rev. solo: revolvimento do solo.

Continua na próxima página.

Informações gerais do artigo

Autores	<i>Ano de publicação</i>	<i>Tipo de publicação</i>	<i>Revista</i>	<i>Lat e Long</i>	<i>Cidade, Estado</i>	<i>Solo</i>	<i>Bioma</i>
Salton et al.	2011	Artigo	Pesq.Agropec.Bras..	-20,43 e -54,71	Campo Grande, MS	LAT	CE

Informações do sistema/prática agrícola

Tratamento	SMA	Tempo (anos)	<i>Adubação (kg/ha)</i>						<i>Cobertura do solo</i>				Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	<i>Fertiliz.</i>	<i>Forrag.</i>	<i>Legum.</i>	<i>Cultura</i>					
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	-	54
<i>Controle (NM)</i>	-	11	-	-	-	-	-	-	-	UD	-	-	-	x	-	53,5
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD	11	-	-	-	-	-	-	-	UB	-	SJ	-	-	-	50,5
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD, ADU	11	100	-	-	-	200	-	-	PM	-	SJ, ML, S	-	-	-	47,9
<i>Manejo (SPD)</i>	-	11	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	ML, SJ, S	-	-	-	47,4
<i>Manejo (ADUV)</i>	ADU	11	-	-	-	-	400	-	-	UD	ST, CL	-	-	C	-	58,6

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILP1: integração lavoura-pastagem; SPD: sistema de plantio direto; ADUV: adubação verde; SMA: sistema de manejo adicional; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; UD: *Uruchola decumbens*; UB: *Uruchloa brizantha*; PM: *Panicum maximum*; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; ST: estilosantes; CL: calopogônio; SJ: soja; ML: milho; S: sorgo; C: pastejo rotacionado; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 17: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Schiavo et al. 2011.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação		Revista			Lat e Long		Cidade, Estado		Solo	Bioma			
Schiavo et al.	2011	Artigo		Pesq.Agropec.Bras..			-21,6 e -55,13		Maracaju, MS		LAT	CE			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	59,49
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD	8	-	-	-	-	-	-	-	UD	-	SJ, M	-	-	56,25
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD	32	-	-	-	-	-	-	-	UD	-	SJ	-	-	60,2
<i>Manejo (ILP1)</i>	SPD	32	-	-	-	-	-	-	-	PM	-	SJ	-	-	40,57

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILP1: integração lavoura-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag: forrageira; NE: não existente; UD: *Uruchola decumbens*; PM: *Panicum maximum*; Legum: leguminosas; SJ: soja; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 18: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Calonego et al. 2012.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Bioma			
Calonego et al.	2012	Artigo			Revista Caatinga	-22,11 e -51,45			Presidente Prudente, SP		ARG	MA			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
Vegetação nativa (VN)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	32,55
Controle (NM)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	BB	-	-	x	R	11,68
Manejo (ADUV)	SPD	4	-	-	-	-	-	-	-	AVP	CR	M, S	-	-	6,63

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; ARG: argissolo; MA: Mata Atlântica; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADUV: adubação verde; SMA: sistema de manejo adicional; SPD: sistema de plantio direto; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; BB: *Brachiaria brizantha*; AVP: *Avena strigosa*; Legum: leguminosas; CR: crotalária; M: milho; S: sorgo; R: pastejo rotacionado; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 19: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Guareschi et al. 2012.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long	Cidade, Estado			Solo	Bioma				
Guareschi et al.	2012	Artigo			R.Bras.Ci.Solo	-17,45 e -51,16	Montividu, GO			LAT	CE				
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)					Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)		
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.				Cultura	
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	67,74
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	2000	-	-	BD	-	-	-	x	28,27
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	3	120	-	-	770	x	-	-	IND	-	SJ	-	-	29,72
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	15	120	-	-	770	x	-	-	IND	-	SJ, M, S	-	-	56,29
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	20	150	120	130	200	x	-	-	IND	-	SJ, M	-	-	57,3

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag.: forrageira; NE: não existente; IND: indeterminado; Legum.: leguminosas; SJ: soja; M: milho; S: sorgo; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 20: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Matias et al. 2012.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long	Cidade, Estado			Solo	Bioma				
Matias et al.	2012	Artigo			Rev.Bras.Ciênc.Agrár.	-21,25 e -48,3	Jaboticabal, SP			LAT	CE				
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	43,19
<i>Controle (NM)</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	-	x	-	30,92
<i>Manejo (SPD)</i>	-	9	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	33,2

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; M: milho; SJ: soja; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 21: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Queiroz et al. 2012.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Bioma			
Queiroz et al.	2012	Resumo Expandido			XXIX Cong.Nac. Milho e Sorgo	-19,46 e -44,25			Sete Lagoas, MG		LAT	CE			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	41,60
<i>Controle (NM)</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	UB	-	-	-	-	56,95
<i>Manejo (ILP1)</i>	ADU	1	250	-	-	400	-	x	-	UB	-	M	-	-	56,28

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: Cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILP1: integração lavoura-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag.: forrageira; NE: não existente; UB: *Uruchloa*; *brizantha*; Legum: leguminosas; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 22: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Souza et al. 2012.

Informações gerais do artigo																
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long	Cidade, Estado			Solo	Bioma					
Souza et al.	2012	Artigo			Engenharia Ambiental - Universidade Rio Verde	-17,78 e -51,91	Rio Verde, GO			LAT	CE					
Informações do sistema/prática agrícola																
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)		
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura					
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	36,72
<i>Controle (NM)</i>	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	BD	-	-	-	SP	33,2
<i>Manejo (ADU)</i>	-	8	-	x	-	-	-	x	-	-	BB	-	-	-	R	44,07

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; BD: *Brachiaria decumbens*; BB: *Brachiaria brizantha*; Legum: leguminosas; SP: superpastejo; R: pastejo rotacionado; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 23: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Campos et al. 2013.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Bioma			
Campos et al.	2013	Artigo			Pesq.Agropec.Bras.	-9,15 e -45,1			Bom Jesus, PI		LAT	CE			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	43,16
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Manejo (ILPI)</i>	SPD	9	-	-	-	-	-	-	-	UB	-	ML, M, SJ	-	-	49,36
<i>Manejo (SPD)</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	ML, SJ	-	-	39,97
<i>Manejo (SPD)</i>	-	5	-	-	-	-	-	-	-	IND	-	SJ, M	-	-	53,95

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILPI: integração lavoura-pastagem; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag: forrageira; NE: não existente; UB: *Uruchloa brizantha*; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; ML: milho; M: milho; SJ: soja; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 24: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Gazolla et al. 2013.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado		Solo	Bioma			
Gazolla et al.	2013	Artigo			Rev.Bras.Ciênc.Agrár.	-17,35 e -51,96			Caiapônia, GO		LAT	CE			
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	136,19
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Manejo (ADU)</i>	-	10	100	-	-	-	-	-	-	BSP	-	-	-	x	83,22
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	10	100	-	-	760	2500	-	-	IND	-	SJ, M	-	-	102,06

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ADU: adubação química; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag: forrageira; NE: não existente; BSP: *Brachiaria* sp.; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; SJ: soja; M: milho; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 25: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Guareschi et al. 2013.

Informações gerais do artigo															
Autores	<i>Ano de publicação</i>	<i>Tipo de publicação</i>			<i>Revista</i>	<i>Lat e Long</i>			<i>Cidade, Estado</i>	<i>Solo</i>	<i>Bioma</i>				
Guareschi et al.	2013	Artigo			Semina: Ciências Agrárias	-17,45 e -51,16			Montividiu, GO	LAT	CE				
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	<i>Adubação (kg/ha)</i>						<i>Cobertura do solo</i>			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	<i>Fertiliz.</i>	<i>Forrag.</i>	<i>Legum.</i>	<i>Cultura</i>				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	67,74
<i>Controle (NM)</i>	-	20	-	-	-	-	2000	-	-	BD	-	-	-	x	29,86
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	3	120	-	-	770	x	-	-	IND	-	SJ	-	-	29,96
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	15	120	-	-	770	x	-	-	IND	-	M, S, SJ	-	-	56,92
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	20	150	120	130	200	x	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	58,51

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; x: não especificado; Forrag.: forrageira; NE: não existente; IND: indeterminado; Legum: leguminosas; SJ: soja; M: milho; S: sorgo; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 26: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Costa et al. 2015.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação	Revista	Lat e Long	Cidade, Estado	Solo	Bioma								
Costa et al.	2015	Resumo Expandido	XXXV Cong.Bras.Ci.Solo	-19,46 e -44,25	Sete Lagoas, MG	LAT	CE								
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	44,3
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	BD	-	-	-	C	31,5
<i>Manejo (ILPI)</i>	-	6	-	-	-	-	-	-	-	PM	-	M, SJ, S	-	-	26

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; ILPI: integração lavoura-pastagem; SMA: sistema de manejo adicional; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag: forrageira; NE: não existente; BD: *Brachiaria decumbens*; PM: *Panicum maximum*; Legum: leguminosas; M: milho; SJ: soja; S: sorgo; Rev. solo: revolvimento do solo.

Tabela 27: Organização dos estudos selecionados para meta-análise – Rossetti et al. 2015.

Informações gerais do artigo															
Autores	Ano de publicação	Tipo de publicação			Revista	Lat e Long			Cidade, Estado	Solo	Bioma				
Rossetti et al.	2015	Artigo			R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental	-21,23 e 48,28			Jaboticabal, SP	LAT	CE				
Informações do sistema/prática agrícola															
Tratamento	SMA	Tempo (anos)	Adubação (kg/ha)						Cobertura do solo			Rev. solo	Animais	Estoque de C no solo de 0 a 20 cm (Mg/ha)	
			N	P	K	NPK	Ca	Fertiliz.	Forrag.	Legum.	Cultura				
<i>Vegetação nativa (VN)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	-	-	-	-	39,27
<i>Controle (NM)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	5	-	-	-	800	-	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	26,16
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	6	-	-	-	800	-	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	27,7
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	7	-	-	-	800	-	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	30,93
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	8	-	-	-	800	-	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	27,87
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	9	-	-	-	800	-	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	33,44
<i>Manejo (SPD)</i>	ADU	10	-	-	-	800	-	-	-	IND	-	M, SJ	-	-	32,31

Abreviações: Lat: latitude; Long: longitude; LAT: latossolo; CE: cerrado; VN: vegetação nativa; NM: área sem o manejo; SPD: sistema de plantio direto; SMA: sistema de manejo adicional; ADU: adubação química; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio; Ca: calagem; Fertiliz.: adubação com fertilizantes não descritos no artigo; Forrag.: forrageira; NE: não existente; IND: indeterminado; Legum.: leguminosas; M: milho; SJ: soja; Rev. solo: revolvimento do solo.

3.2 Boxplot e análise descritiva

Os dados foram separados em dois conjuntos: os que possuíam como grupo controle uma área não manejada (NM) e os que possuíam como grupo controle uma área de vegetação nativa (VN). Inicialmente, em cada conjunto foi realizado um boxplot para apresentar os dados visualmente e identificar a presença de valores discrepantes.

Ao todo, 11 artigos possuíam dados de adubação química (ADU). Destes, 9 possuíam dados do grupo controle NM e 8 possuíam dados do grupo controle VN.

Foi possível observar, no primeiro conjunto de dados (ADU vs NM, Figura 6a), a presença de um valor discrepante em ADU, de 101 Mg/ha de estoque de C no solo que pode ter sido responsável pela grande variação apresentada nos dados de ADU. Além disso, os dados de ADU possuem maior dispersão, caracterizados pelo comprimento do box, bem como das linhas. Já NM possui menor dispersão, porém valores de estoque de C no solo menores.

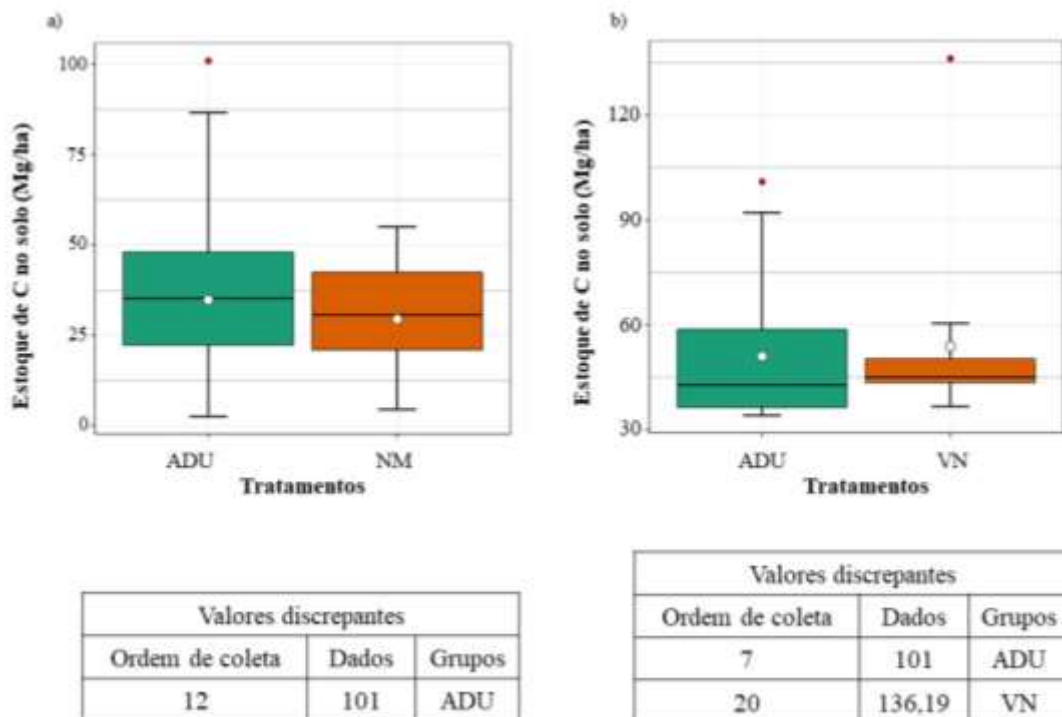


Figura 6: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com adubação química (ADU).

Dois valores discrepantes também foram observados no segundo conjunto de dados, mostrado na Figura 6b. Apesar do box de ADU possuir altos valores de estoque de C no solo, a mediana encontrou-se abaixo dos valores de C mostrados em VN, bem como maior dispersão dos dados.

Cinco artigos contendo adubação verde (ADUV) como sistema de manejo foram selecionados, sendo que todos eles possuíam VN como grupo controle e apenas 2 também possuíam uma área de NM como controle. Nenhum dos conjuntos de dados apresentou valores discrepantes.

Ambos os conjuntos mostraram uma enorme dispersão dos dados, observado pelo grande comprimento do box, sendo mais evidenciado em ADUV vs NM (Figura 7a). Entretanto, devido à maior quantidade de dados obtidos em ADUV vs VN, essa evidência ficou menor neste segundo conjunto de dados (Figura 7b).

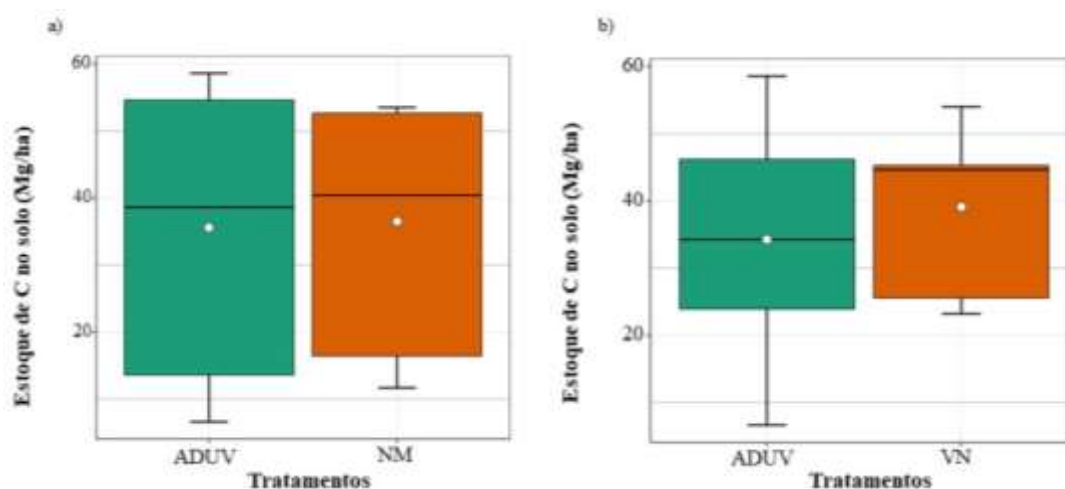


Figura 7: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com adubação verde (ADUV).

Dados de integração lavoura-pastagem (ILP1) foram obtidos em 9 artigos, dos quais 8 possuíam VN como controle e 6 possuíam NM. No primeiro conjunto (Figura 8a), observa-se dados extremamente dispersos, com grande variedade em 50% dos valores de estoque de C no solo, mostrado no comprimento do box. Tanto os valores de média, quanto mediana são maiores no grupo controle NM, comparado a ILP1.

No segundo conjunto (Figura 8b), observa-se que ILP1 possui enorme dispersão de dados devido ao comprimento do seu box, porém em VN essa dispersão fica mais evidenciada pelo comprimento das linhas. Apesar da mediana do estoque de C no solo em ILP1 ser maior que em VN, o contrário ocorre ao comparar as médias, sendo claramente observado também pela disposição superior do box.

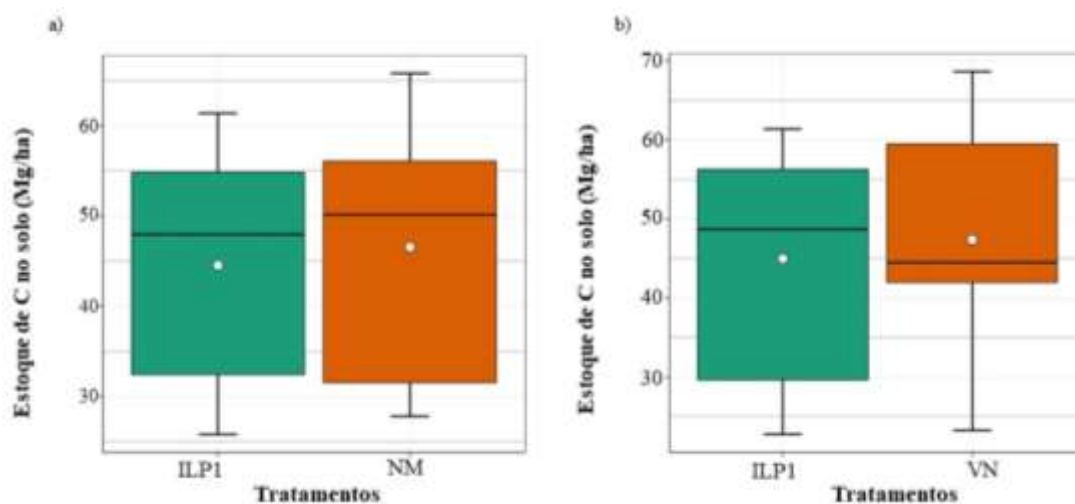


Figura 8: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com integração lavoura-pastagem (ILP1).

Uma quantidade de 12 artigos utilizados na meta-análise possuía o sistema de plantio direto como principal sistema de manejo. Destes, 9 possuíam como grupo controle NM e 11 artigos possuíam VN como grupo controle. No primeiro conjunto de dados (Figura 9a), observa-se que o box dos dados de estoque de C no solo de SPD está acima do grupo controle NM, bem como sua média e mediana.

Diferentemente, a Figura 9b mostra que o box do grupo controle VN, apesar da alta dispersão, possui valores de estoque de C no solo acima do grupo SPD, observado também pela posição da média e da mediana. Dois valores discrepantes também foram observados no segundo conjunto de dados. Assim, observa-se que, a princípio, os valores de VN são superiores aos encontrados em SPD.

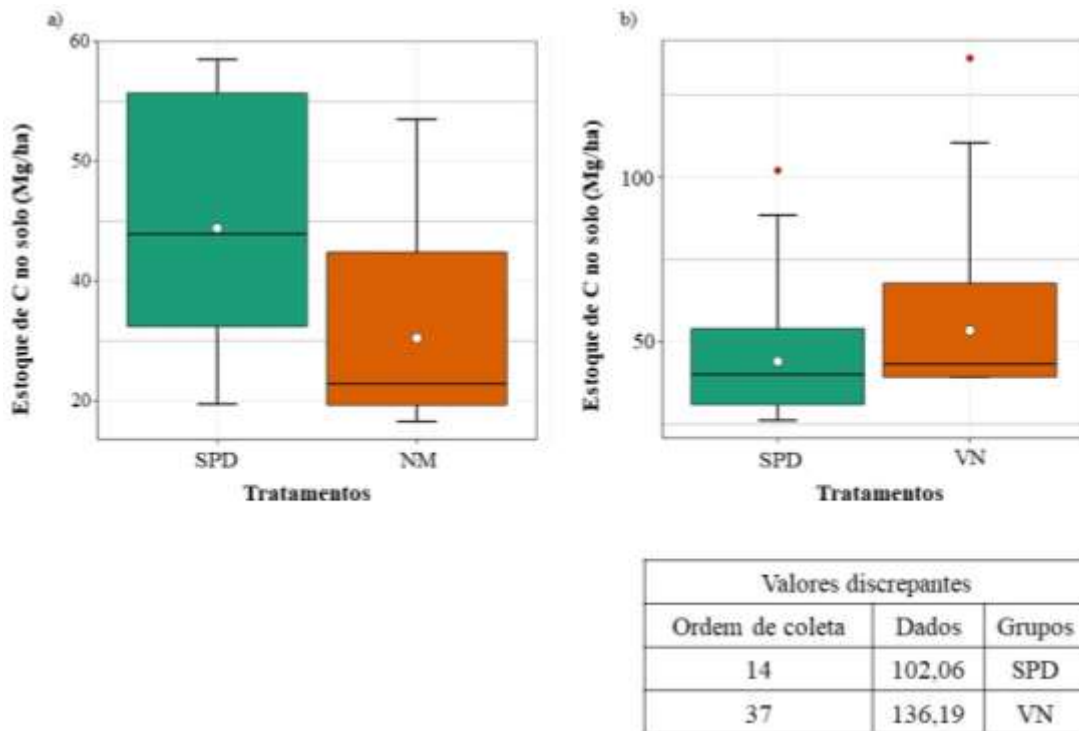


Figura 9: Boxplot dos valores de estoque de C no solo dos tratamentos com sistema de plantio direto (SPD).

3.3 Análise estatística

Para realizar a análise estatística dos dados, os valores discrepantes foram retirados e um resumo descritivo dos sistemas/práticas agrícolas foi realizado nos dados de cada conjunto de dados. A mediana dos valores de estoque de C no solo de cada sistema/prática agrícola e respectivos grupos controle (NM ou VN) foram coletados e, logo após, realizado um teste de normalidade Anderson-Darling nos conjuntos para saber a distribuição dos dados. Assim, foi possível escolher o melhor teste estatístico para cada grupo estudado, teste T ou de Wilcoxon.

Todos os dados foram sintetizados na Tabela 28.

Tabela 28: Resumo descritivo e análise estatística dos dados dos sistemas/práticas agrícolas.

Sistema de manejo	COS 0-20 cm (Mg/ha)		P-valor do Teste de normalidade Anderson-Darling	Teste estatístico	P-valor do teste estatístico
	Mediana	Média			
ADU	-	34,15	0,31		
NM	-	29,57	0,26	Teste t	0,03
ADU	39,42	-	0,45		
VN	44,78	-	0,06	Wilcoxon	0,25
ADUV	38,59	-	-		
NM	40,42	-	-	Wilcoxon	0,88
ADUV	34,24	-	0,95		
VN	44,63	-	0,07	Wilcoxon	0,46
ILP1	-	47,96	0,29		
NM	-	50,11	0,20	Teste t	0,19
ILP1	48,69	-	0,02		
VN	44,49	-	0,21	Wilcoxon	0,35
SPD	43,92	-	0,19		
NM	31,4	-	0,00	Wilcoxon	9,20E-03
SPD	40,03	-	0,04		
VN	43,18	-	0,00	Wilcoxon	2,90E-03

Através da síntese dos dados, foi possível observar que nos conjuntos de dados ADU vs NM e de SPD vs NM a análise estatística mostrou-se significativa com o P-valor abaixo do nível de significância escolhido ($\alpha = 10\%$). Dos outros conjuntos de dados, apenas SPD vs VN apresentou-se estatisticamente. ADUV e ILP1 não apresentaram dados estatisticamente significativos em nenhum dos controles analisados. Devido à pouca

quantidade de dados em ADUV vs NM, não foi possível analisar a normalidade dos dados e, assim, optou-se por utilizar o teste de Wilcoxon na análise.

O acúmulo de carbono do solo (ΔC) nos sistemas de manejo foi estimado por $\Delta C = \text{estoque C no solo dos sistemas/práticas agrícolas } (\mu_1 \text{ ou } m(X_1)) - \text{estoque C do Controle } (\mu_2 \text{ ou } m(X_2))$. Ao dividir esse valor pela mediana do tempo de implantação de cada sistema, foi possível calcular também a taxa de adição ou perda de C no solo (Mg/ha/ano).

Na Tabela 29 é possível observar que a adubação química e o sistema de plantio direto possuem potencial de aumento no estoque de C no solo nos primeiros 20 cm de profundidade, com um ΔC significativo de 4,58 Mg/ha e 12,52 Mg/ha, respectivamente, em relação à NM. Entretanto, apesar de não significativos, ILP1 e ADUV mostraram um declínio no estoque de C no solo, com ΔC de -2,15 e -1,82 Mg/ha, respectivamente, em relação à área sem estes sistemas.

Tabela 29: Resumo da análise estatística dos sistemas/práticas agrícolas vs NM.

	$\mu_1 - \mu_2$	$(m(X_1 - X_2))$
	ΔC (Mg/ha)	
ADU vs NM	4,58*	-
ADUV vs NM	-	-1,82 ^{NS}
ILP1 vs NM	-2,15 ^{NS}	-
SPD vs NM	-	12,52*

* significativo $\alpha = 10\%$
^{NS} não significativo $\alpha = 10\%$

Na Tabela 30 observa-se que apenas ILP1 possui potencial para aumentar o estoque de C no solo em relação à VN, com ΔC de 4,20 Mg/ha. ADUV apresentou o maior ΔC negativo, com -10,40 Mg/ha, quase o dobro de ADU, com -5,36 Mg/ha. Entretanto, nenhum desses sistemas/práticas agrícolas citados foram estatisticamente significativos. Apenas o SPD com ΔC de -3,14 Mg/ha, apresentou um resultado estatisticamente significativo.

Tabela 30: Resumo da análise estatística dos sistemas/práticas agrícolas vs VN.

	$\mu_1 - \mu_2$	$(m(X_1 - X_2))$
	ΔC (Mg/ha)	
ADU vs VN	-	-5,36 ^{NS}
ADUV vs VN	-	-10,40 ^{NS}
ILP1 vs VN	-	4,20 ^{NS}
SPD vs VN	-	-3,14*

* significativo $\alpha = 10\%$
^{NS} não significativo $\alpha = 10\%$

3.2 Dinâmica de C no solo após distúrbio e manejo

Um modelo simplificado da complexa dinâmica do C em sistemas de manejo do solo é apresentado na Figura 10. Em solos com cobertura vegetal natural, o C orgânico encontra-se em equilíbrio dinâmico (Figura 10 A), com teores praticamente constantes com o tempo (D'ANDREA *et al.*, 2004). Clima, vegetação, topografia e tipo do solo condicionam o tamanho do estoque inicial de carbono e a variação de C ao longo do tempo tende a ser mínima (AMADO *et al.*, 2003).

Quando ocorre um distúrbio - desmatamento, conversão em pastagem ou lavoura sem manutenção, por exemplo - numa área de vegetação nativa, essa quantidade de C diminui (Figura 10 B). Essa fase costuma apresentar o balanço de carbono negativo, ou seja, há um rápido declínio do teor de MO e elevadas emissões de CO₂ para a atmosfera (AMADO *et al.*, 2003).

Quando práticas de manejo conservacionistas são adotadas verifica-se uma recuperação gradual do teor de carbono perdido (Figura 10 C), neste caso o solo está agindo como um dreno de CO₂ (AMADO *et al.*, 2003) e o balanço de carbono é positivo.

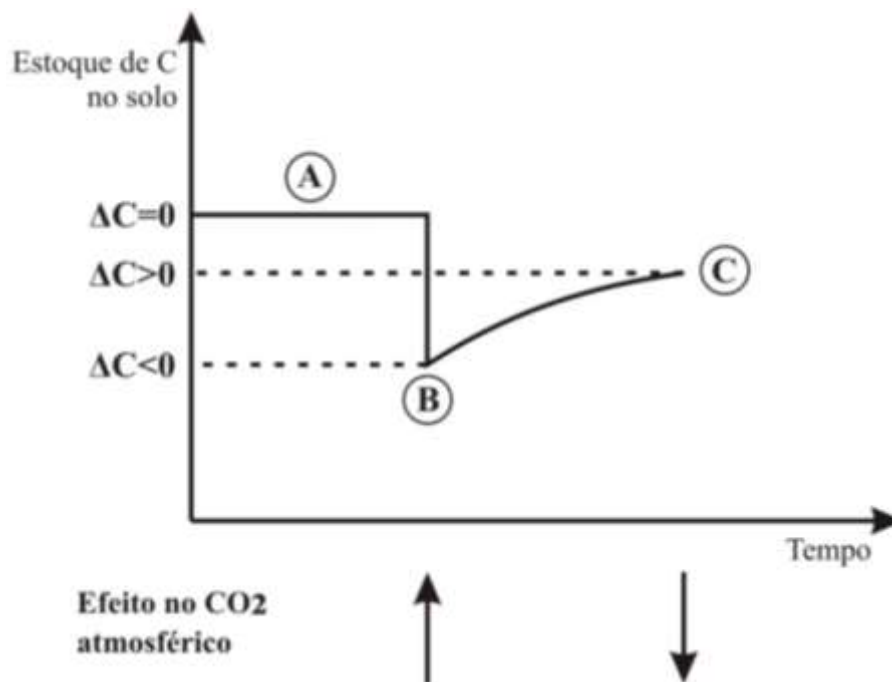


Figura 10: Dinâmica de C no solo em área de vegetação nativa (A), após distúrbio (B) e após manejo conservacionista (C).

O aumento ou redução do estoque de carbono no solo decorrente da adoção de um determinado sistema agropecuário será correspondente ao saldo entre a entrada de C no sistema via fotossíntese e as saídas do sistema via produtos, respiração, oxidação, fermentação, erosão etc. (SALTON, 2007). Assim, tem-se:

$B - A$ = efeito do distúrbio - não analisado neste trabalho;

$C - B$ = efeito do manejo – analisado na Tabela 29, e nesta seção

$C - A$ = efeito combinado – analisado na Tabela 30.

Para construção do diagrama de dinâmica do carbono no solo de cada sistema/prática agrícola, utilizou-se a mediana de ADU/ADUV/SPD/ILP1 como C, a mediana de NM como a área de distúrbio (B) e a mediana de VN como A.

O efeito do manejo conforme o tempo foi calculado adicionando a taxa de C (Mg/ha/ano) de cada sistema/prática agrícola ao seu respectivo NM (B) por um período de 20 anos.

3.2.1 Dinâmica do COS em áreas com os sistemas/práticas agrícolas encontrados nesta meta-análise

De maneira geral, a vegetação nativa apresentou um valor de estoque de C no solo superior aos demais dados, porém semelhante entre eles. Optou-se por utilizar a mediana dos valores encontrados como referência. Esse elevado valor ocorre devido ao maior aporte de resíduos vegetais na superfície do solo e por se tratar de um sistema em que não ocorreu ação antrópica. Numa situação estável, normalmente em solos sob vegetação nativa inalterada, os teores de MOS se mantêm estáveis ao longo do tempo à medida que as adições de C orgânico via resíduos de vegetais e sua conversão em matéria orgânica são da mesma magnitude que as perdas de C orgânico pela mineralização, promovidas pela atividade microbiana (NICOLOSO, 2005).

É possível observar na Figura 11 que o estoque de COS no solo que contém ADU possui uma taxa mediana de mudança de C no solo de 0,32 MgC/ha/ano.

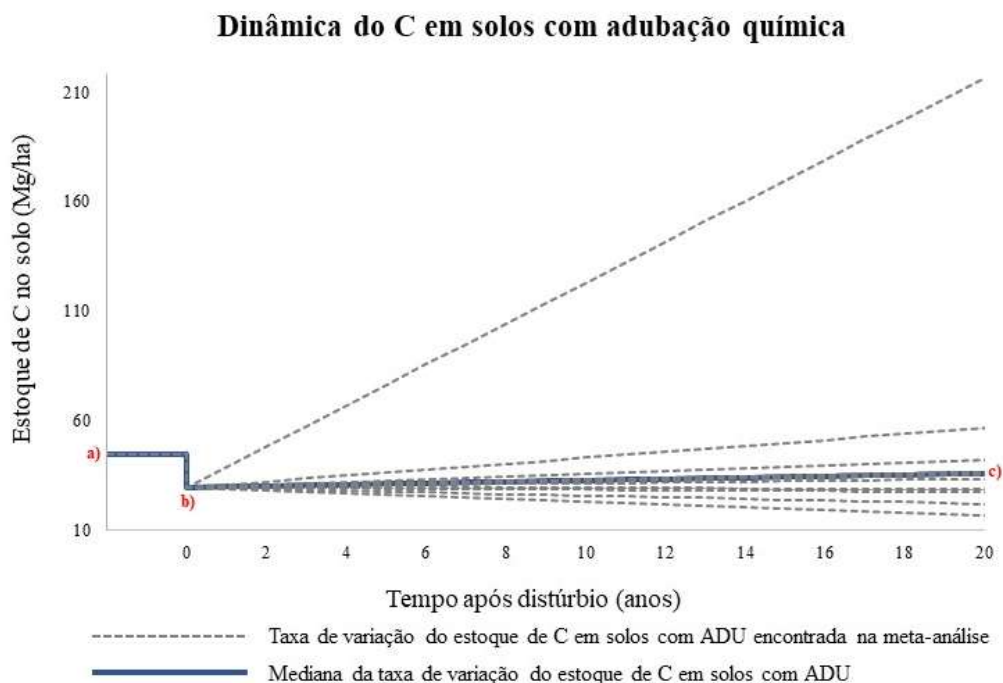


Figura 11: Dinâmica do COS em áreas com adubação química. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com adubação química após o distúrbio (c).

Num período de 20 anos utilizando ADU na área em que houve o distúrbio – pressupondo não haver nenhuma outra perturbação, é possível chegar a um estoque de 35,97 Mg/ha, valor relativamente menor que o inicial encontrado na área de vegetação nativa, de 44,79 Mg/ha, na camada de 0-20 cm. Dos 15 conjuntos analisados, pode-se notar uma grande variação entre os dados, possuindo taxas de mudança de C no solo variando entre 9,34 e -0,63 MgC/ha/ano.

Em áreas de adubação verde (Figura 12), o estoque de C no solo decresce a uma taxa de -0,27 MgC/ha/ano em relação à área com distúrbio, conforme a mediana dos dados encontrados. Tais valores podem ser relacionados com a pouca quantidade de dados utilizados nesta meta-análise. Entretanto, foi possível observar uma taxa máxima de mudança de C no solo de 0,46 MgC/ha/ano.

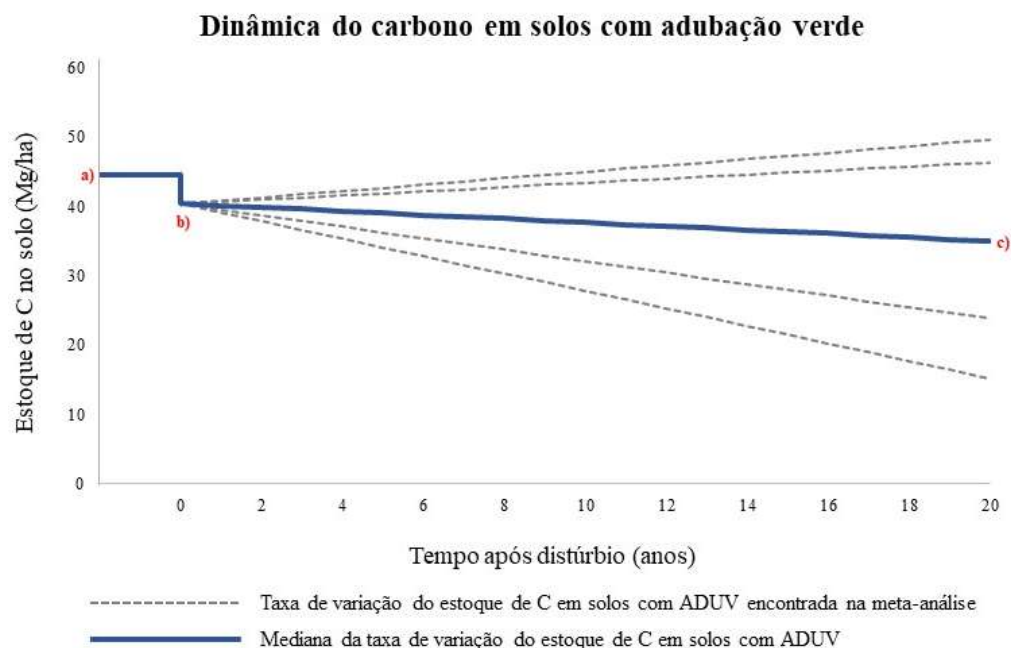


Figura 12: Dinâmica do COS em áreas com adubação verde. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com adubação verde após o distúrbio (c).

Nos estudos de ILP1 mostrado na Figura 13, a mediana do estoque de COS relativo à área de distúrbio foi de 50,11 Mg/ha, sendo um valor maior que o encontrado em área de

vegetação nativa, de 44,49 Mg/ha. Com uma taxa mediana negativa de mudança de C no solo de -0,46 MgC/ha/ano, até aproximadamente 13 anos após a adoção de ILP1 na área com distúrbio, o valor do COS ainda estava acima da vegetação nativa, com 44,9 Mg/ha. Apesar disso, encontrou-se uma taxa máxima de variação de C no solo de 0,6 MgC/ha/ano em um dos estudos analisados.

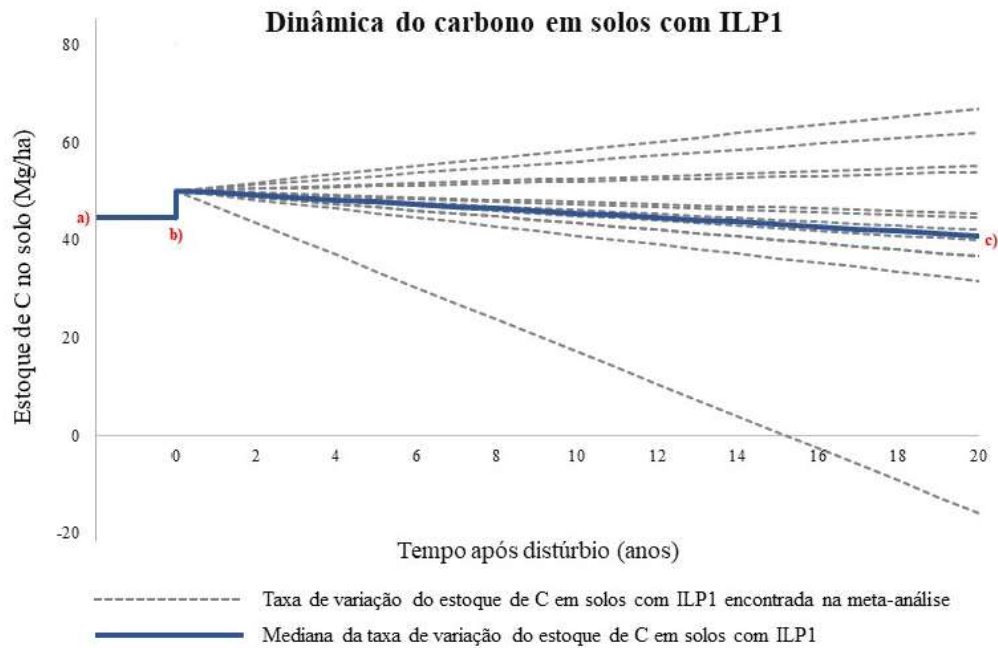


Figura 13: Dinâmica do COS no solo em áreas com ILP1. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com integração lavoura-pastagem após o distúrbio (c).

Na Figura 14 foi possível observar uma taxa mediana de mudança de C no solo de 0,45 Mg/ha/ano após distúrbio em área de vegetação nativa, com variação entre 2,20 e - 0,77 MgC/ha/ano. Nestas mesmas condições, o SPD seria capaz de estocar uma quantidade mediana de 40,40 Mg/ha.

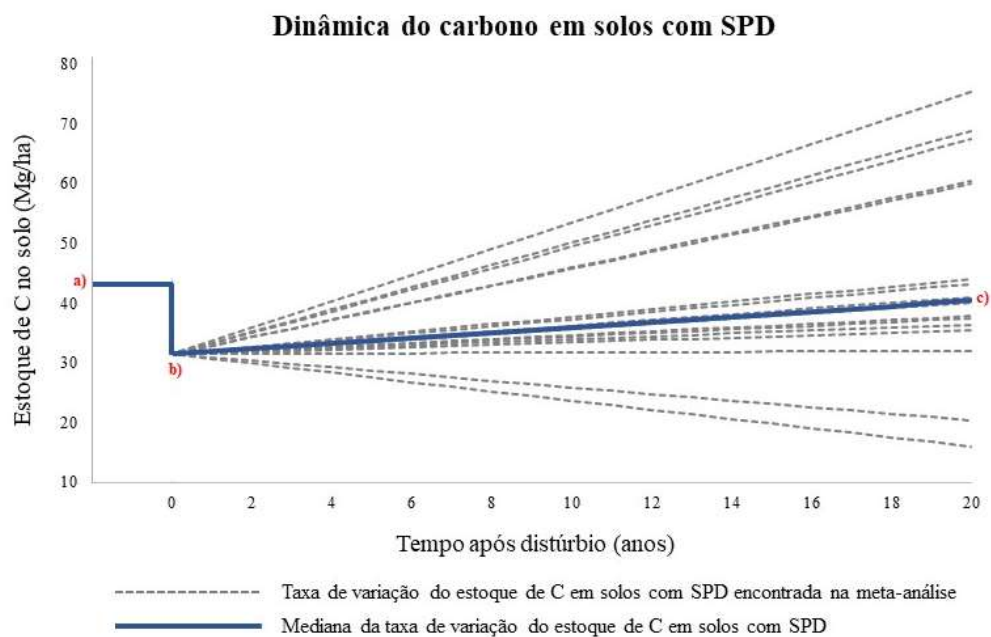


Figura 14: Dinâmica do COS no solo em áreas com SPD. Mediana da área de vegetação nativa (a), mediana da área sem manejo – com distúrbio (b) e mediana da área com sistema de plantio direto após o distúrbio (c).

Analisando o estoque de COS obtido através da taxa máxima de mudança de C de 2,20 MgC/ha/ano, observou-se que num período de 6 anos após o distúrbio utilizando o sistema de plantio direto o estoque de C no solo seria de 44,6 Mg/ha, valor maior que o inicial encontrado na vegetação nativa

4 DISCUSSÃO

Na presente meta-análise, foi possível compreender e sintetizar a dinâmica de C no solo de quatro sistemas/práticas agrícolas distribuídos em 26 artigos. As análises mostraram que de maneira geral, o tempo de implantação de cada sistema deve ser levado em consideração para determinar se o solo age como fonte ou sumidouro de carbono, conforme o manejo utilizado.

A taxa de aumento no estoque do COS através da mudança de uso da terra e adoção de práticas e sistemas sustentáveis foi calculada para 20 anos. Segundo Lal (2004b) ela atinge seu máximo de 5 a 20 anos após a adoção das práticas e continua até o COS alcançar outro equilíbrio. As mudanças de estoque do COS não ocorrem instantaneamente, mas durante um período de anos a décadas.

Com o uso contínuo de tais práticas, essas taxas podem ser sustentadas por 20 a 50 anos ou até a capacidade do solo de sequestrar C ser preenchida (SAUERBECK, 2001). A

taxa em que C é removido da atmosfera pelo solo torna-se menor com o tempo, à medida que o estoque de solo C se aproxima de um novo equilíbrio (SMITH, 2008).

Nos sistemas de manejo contendo adubação química (ADU), encontrou-se uma taxa de mudança de C no solo de 0,32 MgC/ha/ano. Tais resultados são semelhantes com os encontrados por Paulino et al. (2011) que mostraram em seus estudos que os estoques de C no solo nas camadas superficiais de pastagens melhoradas com adubação nitrogenada foram superiores ao controle - uma pastagem antiga e sem adubação, tendo uma taxa de adição de C no solo de 0,36 Mg/ha/ano.

Entretanto, esses valores estão bem abaixo dos encontrados por Segnini et al. (2007) que apresentaram uma taxa de mudança de C no solo de 1,70 MgC/ha/ano. Os autores apontam esse resultado devido à combinação de adubação química por nitrogênio e potássio, além da correção do solo por calcário, por um período de 27 anos. Além disso, o alto valor encontrado pode ser devido ao fato do experimento encontrar-se num campo experimental e a área estar degradada. Segundo Lal (2008), a capacidade de um solo sequestrar carbono depende da extensão da perda do carbono orgânico do solo no passado, causada pelo seu sistema de uso e manejo. Dessa forma, através da adoção de práticas de manejo adequadas, uma porção significativa do C perdido pelo solo pode ser recuperada.

A maior taxa de mudança de C no solo encontrada nesta dissertação foi observada em Costa et al. (2010), de 9,34 MgC/ha/ano. Segundo os autores, esta taxa provavelmente está relacionada, além da adubação nitrogenada, à cultura presente no ano agrícola de realização das amostragens. A pastagem recebeu um grande volume de material vegetal morto da parte aérea e de raízes, proporcionando um acúmulo de C nesta camada. Destaca-se também o fato de que a pastagem permanece por um período maior de tempo no sistema, sem operações de cultivo e manejo, permitindo não somente maior deposição de massa vegetal morta, mas também que a mineralização acelerada da mesma devido aos efeitos dos

tratos culturais seja evitada. Neves et al. (2004) observaram maiores valores COT para os tratamentos com pastagem plantada e cerrado nativo. As pastagens cultivadas, desde que bem manejadas podem manter o nível do estoque de carbono orgânico nas camadas superficiais do solo, equivalente ao estoque sob vegetação natural correspondente (FREITAS *et al.*, 2000).

Os menores valores de taxa de mudança de C no solo em áreas com adubação química encontrados nesta meta-análise são de Acosta et al. (2003), de -0,63 MgC/ha/ano. Segundo os autores, o aumento da disponibilidade do N-mineral pela adubação nitrogenada parece ter proporcionado o aumento da atividade microbiológica que, na presença de carbono orgânico de resíduos, ao nível de superfície, proporcionou um aumento no COT superficial. Entretanto, nas camadas inferiores, sem a presença de carbono de resíduos, o nitrogênio pode ter sido usado para degradar o carbono nativo do solo e reduzir seu estoque nestas camadas. A adição do N-mineral, pode ter estimulado os microorganismos a mineralizarem não somente o carbono adicionado na forma do resíduo, mas também parte do carbono da MOS, que é conhecido como efeito *priming* (BINGEMAN *et al.*, 1953; KUZUYAKOV *et al.*, 2000; LOSS *et al.*, 2013; JENKINSON *et al.*, 1985).

Além disso, o experimento foi realizado em um solo com textura arenosa. Segundo Pavinato (1993), em solos arenosos, o efeito *priming* pode ser maximizado devido a maior taxa de infiltração de água potencializando a lixiviação de NO_3^- nitrificado, e assim, reduzindo também o estoque de nitrogênio nativo do solo. Em solos arenosos, as perdas são proporcionalmente mais rápidas do que nos solos mais argilosos (BUSO *et al.*, 2003). Laganière et al. (2010), em sua meta-análise citada anteriormente, afirmou que solos com alto teor de argila possuem maior capacidade de acúmulo de COS.

Os resultados encontrados nesta dissertação corroboram com a afirmação de Malhi et al. (2011), Silveira et al. (2013) e Tian et al. (2015), de que a adubação como

estratégia de gestão agrícola promove o armazenamento de C no solo, podendo aumentar direta ou indiretamente os insumos de COS.

No sistema de plantio direto (SPD), encontrou-se uma taxa de mudança de C no solo de 0,45 MgC/ha/ano na meta-análise realizada. Este valor está dentro do proposto por Bayer et al. (2003). Os autores estimaram as taxas anuais médias de sequestro de C para as regiões tropicais e subtropicais do Brasil de 0,35 Mg/ha e 0,48 Mg/ha, respectivamente, para solos sob SPD. Tais resultados se assemelham aos encontrados por West et al. (2002), ao comparar tratamentos em sistema convencional de manejo convertidos em sistema de plantio direto, com taxa de sequestro de C de $0,48 \pm 13$ MgC/ha/ano.

A maior taxa de C no solo encontrada nesta meta-análise foi de 2,2 Mg/ha/ano, obtida do artigo de Campos et al. (2010). Os próprios autores afirmam que no Cerrado do Piauí, onde foi realizado o experimento, as altas temperaturas e altas taxas de umidade relativa têm favorecido a decomposição rápida do milho o que tem indicado a necessidade de se testar outras culturas de cobertura. Entretanto, a taxa positiva de C encontrada pode ser devido ao período de utilização do SPD na área, de 5 anos e à utilização da soja como cultura de rotação que pode auxiliar a ocorrência de um efeito *priming* negativo, atrasando a mineralização da MOS e aumentando, conseqüentemente, o COS. West et al. (2002) também observaram altos valores na taxa de sequestro de C em seus estudos em rotação de soja no sistema de plantio direto, de $0,84 \pm 52$ MgC/ha/ano. Six et al. (1999, 2000a) sugeriram que a principal razão para os aumentos de C nos solos com SPD é a menor taxa de rotatividade dos macroagregados e, portanto, a sua maior estabilização, em que a matéria orgânica estaria estabilizada no longo prazo.

Nos dados de SPD foram observados apenas dois valores negativos de taxa de C no solo, de -0,76 MgC/ha/ano, encontrado também no artigo de Campos et al. (2010) e de -0,55 MgC/ha/ano, em Salton et al. (2011), presentes na camada superficial. Esses valores

negativos podem ser analisados separadamente, conforme o grupo controle analisado de cada estudo.

Em Campos et al. (2010), é possível observar que o grupo controle utilizado foi uma área de plantio convencional em que foi utilizado revolvimento do solo com gradagem e aração. Entretanto, a área possuía um histórico de uso, sendo cultivado arroz por dois anos e, após correção com 2 Mg/ha de calcário e 300 kg/ha de gesso, foi implantado soja, tendo adubação de acordo com a necessidade da cultura. Dessa forma, apesar do revolvimento do solo, a adubação química ocorrida nas culturas anteriores ao experimento pode ter auxiliado na recuperação de uma parte do COS, fazendo com que seu valor fosse maior nessa área do que a área de SPD com três anos de implantação, explicando, assim o valor negativo da taxa de C no solo. Segundo Sá (2004), a consolidação do SPD costuma ocorrer em 5 anos após a implantação, corroborando com o resultado também encontrado em Campos et al. (2010).

Em Salton et al. (2011), o grupo controle utilizado foi uma pastagem permanente de *Uruchloa decumbens*. Sistemas com pastagem em comparação aos exclusivamente com lavouras, como era o caso do experimento utilizado em SPD que obteve taxa de C negativa, apresentaram maiores teores de C, o que pode estar associado ao elevado aporte de material vegetal comumente proporcionado pelas pastagens. A utilização de diferentes culturas, com diferentes aportes de C, resulta em diferentes estoques de C no solo, conforme relato de Diekow et al. (2005).

Fujisaka et al. (1998) e Lal (2002), dentre outros autores, atribuem ao sistema radicular de pastagens a grande capacidade de acumular C no solo. Na maioria das situações experimentais, o SPD apresenta maior taxa de acúmulo de C em comparação ao plantio convencional. Entretanto, Roscoe et al. (2003) encontraram taxa de acúmulo de C de - 0,03 Mg/ha/ano no SPD, em comparação ao sistema convencional em latossolo com alto aporte de argila. O efeito da textura do solo, neste caso, pareceu sobrepujar o efeito da

operação de preparo do solo. Visto que o experimento de Salton et al. (2011) encontra-se em uma área de latossolo com textura entre média e argilosa, os resultados encontrados podem também ter sido influenciados pelo teor de argila contido neste solo.

O perfil geral encontrado na construção da dinâmica de C no solo em sob adubação verde (ADUV) mostrou uma taxa negativa de mudança de C no solo, de -0,18 Mg/ha/ano. Analisando os meta-dados individualmente pôde-se compreender melhor esse resultado.

Salton et al. (2011) mostraram que numa área que possuía nabo como leguminosa forrageira num sistema rotacionado em SPD, a taxa de sequestro de C no solo, comparado a uma área de pastagem permanente de *Uruchloa decumbens* foi negativa, de -0,83 Mg/ha/ano. O atual sistema com ADUV foi implantado no local há apenas 9 anos até a coleta dos dados e o resultado encontrado pode estar relacionado com o histórico de preparo convencional de uma lavoura por 30 anos no local, fazendo com que o solo estivesse degradado por um longo período de tempo.

A área de ADUV analisada por Calonego et al. (2012), que também apresentou uma taxa de C negativa no solo, de -1,26 MgC/ha/ano, possuía a crotalária como leguminosa num sistema rotacionado de culturas sob plantio direto e o local também possuía um histórico de 30 anos de agricultura. A pastagem de *Brachiaria decumbens*, utilizada como controle, apresentou um valor de estoque de COS quase duas vezes maior. Segundo Bayer et al. (2011), no Cerrado brasileiro, o uso de pastagem de braquiária é uma opção para acúmulo de C no solo, sendo compatíveis ou muitas vezes superiores aos sistemas exclusivamente agrícolas. D'Andréa et al. (2004) verificaram que na camada de 0 a 40 cm de um Latossolo de Goiás o estoque de C em condição de pastagem com braquiária apresentava-se 14% superior maior do que o solo sob vegetação nativa. Porém, esses resultados consideram apenas pastagens produtivas, já que em condições de pastagens degradadas os estoques de carbono são consideravelmente menores.

Os sistemas com leguminosas sem N mineral, apresentados por Lovato et al. (2004) atingiram uma adição de C equivalente a 80-90% (0,30 MgC/ha/ano) da verificada no mesmo sistema com adubação nitrogenada. Esse efeito das leguminosas na adição de C está diretamente relacionado com o suprimento de N às culturas em sucessão (Amado *et al.*, 2001). Resultados semelhantes (0,46 MgC/ha/ano) foram observados nos dados de Salton et al. (2011), que apresentaram um estoque de C maior numa pastagem de *Uruchloa decumbens* consorciada com estilosantes e calopogônio, comparado à uma área de pastagem sem a consorciação. Bayer (2003) mostra em seu estudo que a inclusão de leguminosas como plantas de cobertura nos sistemas de cultura aumentaram e recuperaram parcialmente os estoques de C e N no solo sob preparo reduzido, na profundidade de 0- 20 cm, comparado ao sistema convencional.

A inclusão de leguminosas nas rotações e a adubação nitrogenada constituem práticas altamente eficientes para o incremento dos estoques de C e N, melhoria da qualidade do solo e da produtividade das culturas (TEIXEIRA *et al.*, 1994; TESTA *et al.*, 1992; VEZZANI, 2001). Entretanto, a escassa quantidade de dados encontrados em ADUV para a realização da meta-análise pode ter contribuído para o resultado não significativo estatisticamente e inconclusivo.

Apesar do consenso de que sistemas de integração lavoura-pecuária condicionam melhorias na qualidade do solo (SANTOS *et al.*, 2011) e, quando ocorre manejo eficiente, possuem potencial para aumentar o teor de carbono no solo, a análise estatística utilizando a mediana dos dados de ILP1 desta meta-análise apresentou uma taxa de C negativa, de - 0,19 Mg/ha/ano. Analisando os dados, foi possível observar três informações: o grupo controle dos dados utilizados, o tempo de manejo e a textura do solo.

De todos os artigos analisados, apenas dois apresentaram dados com uma taxa de C positiva em áreas de ILP1, Costa et al. (2008) e Campos et al. (2010). Gazolla et al. (2013)

mostram que o sistema de ILP apresentam o maior estoque de C no solo numa profundidade de 0-20 cm em comparação a outros tipos de manejo, ficando atrás apenas da vegetação nativa. Pode-se inferir que o maior conteúdo de C da ILP na camada superficial do solo ocorre devido à introdução de espécies forrageiras no sistema, ou seja, essas forrageiras acumulam mais carbono que as culturas agrícolas cuja biomassa é, muitas vezes, insuficiente para a manutenção da cobertura do solo (LOSS *et al.*, 2011).

A área analisada por Costa et al. (2008) apresentou um sistema de ILP1 em sistema de plantio direto de 18 anos contendo milho e forrageira. Campos et al. (2010) mostraram uma área de ILP1 de 13 anos com rotação de milho, soja e forrageira e histórico de 3 anos em plantio direto. Além disso, os experimentos de ambos os autores encontravam-se sob solos de textura média. Salton (2015), afirma que solos de textura média a arenosa, sem tecnologia adequada, não são propícios à agricultura. Para aumentar a possibilidade de sucesso, é preciso colocar em prática o sistema integrado com pasto. As pastagens possibilitam um incremento nos teores de carbono em função do alto desenvolvimento vegetal tanto na parte aérea como nas raízes; desta forma, o C oriundo do efeito combinado dos resíduos vegetais das culturas agrícolas e forrageiras na ILP supera o acúmulo de C derivado apenas de resíduos de gramíneas na pastagem e culturas agrícolas no SPD (FRANZLUEBBERS *et al.* 2008). Segundo Franchini et al. ([2011]), os solos de textura média constituem-se num ambiente frágil do ponto de vista agrícola. Nessas condições, o cultivo de culturas anuais adubadas devem ser implantadas preferencialmente em semeadura direta.

Entretanto, ao explorar o grupo controle utilizado nos experimentos observou-se que, de maneira geral, os dados com a taxa de C no solo positiva possuíam uma média menor (34,06 Mg/ha) de COS e o grupo controle era basicamente uma área de ILP em preparo convencional. Diferentemente, o grupo controle utilizado nos dados que mostraram taxa de

C no solo negativa (50,70 Mg/ha), além de encontrarem-se em solos de textura argilosa em sua maioria, eram pastagens permanentes.

Queiroz et al. (2012) afirmam que, possivelmente, a braquiária cultivada, em razão do grande volume de biomassa vegetal da parte aérea e de raízes superficiais, proporcionou maior acúmulo de COS na camada superficial analisada. Além disso, o fato da pastagem ficar por um período maior de tempo no sistema, sem maiores tratamentos culturais (operações de cultivo e manejo), comparativamente às culturas anuais, pode ter contribuído para o maior valor encontrado na pastagem, reduzindo a velocidade da mineralização dela em decorrência do manejo cultural. Sousa et al. (1997) determinaram as concentrações de C no solo com pastagem e com rotação soja/milho e notaram aumento no teor de C quando a pastagem substituída a lavoura e decréscimo neste quando da substituição da pastagem pela cultura de grãos. Também Salton et al. (2005) relataram que os maiores teores de COT foram alcançados na pastagem permanente em comparação aos sistemas com culturas.

Além disso, o tempo de implantação da ILP1 nos dados que apresentaram taxa de C no solo negativa variou entre 1 e 11 anos, com média aproximada de 7 anos, diferentemente dos outros dados com taxa de C no solo positiva, com tempo de implantação médio de 16 anos. Este fato mostra a importância do tempo de implantação dos sistemas conservacionistas para a estabilização do sistema e conseqüentemente para melhorias dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e a necessidade de avaliação do sistema como um todo. Embora os sistemas sob ILP preconizem o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e manutenção de palhada na superfície, a implantação do sistema altera a estrutura original do solo e a sua recuperação leva um período maior de tempo para ocorrer, tornando necessário o monitoramento destes sistemas ao longo dos anos para avaliar o seu efeito sobre a recuperação de solos degradados (Costa *et al.*, 2015).

De maneira geral, a análise estatística dos dados dos sistemas/práticas agrícolas em relação à VN obtida nesta meta-análise mostra uma taxa de C no solo negativa, de -0,51, -0,14, -0,19 e -0,71 Mg/ha/ano para ADU, ADUV, ILP1 e SPD, respectivamente, sendo este último o único estatisticamente significativo.

Apesar de 73% dos dados analisados apresentarem valor negativo em SPD, existem na literatura diversos estudos que divergem destes resultados e que expressam a tendência do solo sob SPD em atingir valores de C similares aos da área nativa (SIX *et al.*, 1998, 2000b; PINHEIRO *et al.*, 2004; MADARI *et al.*, 2005; BARRETO *et al.*, 2009). Fisher *et al.* (1994) observaram que, em solos de pastagens, introduzidas nas savanas colombianas, ocorreu acúmulo de C no solo comparativamente à vegetação nativa. Segundo Corazza *et al.* (1999), a ocupação do solo por atividades agrícolas com intensidade reduzida de preparo ou mesmo sem preparo indica que podem ocorrer recuperação e até mesmo acumulação superior à da vegetação nativa, conforme já observado por Lal *et al.* (1995).

Na presente meta-análise não foi possível determinar a extensão da perda de COS, pois nem todos os estudos continham o histórico da área onde foi implantada o experimento bem como a qualidade do solo, não sendo considerada, então, na análise estatística. Além disso, os experimentos estavam inseridos em biomas e especificidades de solo variados, não sendo possível separá-los conforme esses fatores e relacionar os resultados encontrados com alguma dessas variáveis específicas. Os grupos controles foram analisados conforme a ausência do sistema/prática de manejo analisado, logo, não foi contabilizado a presença de sistemas de manejo adicionais. Analisar estatisticamente e interpretar os dados sob estas perspectivas pode gerar resultados complementares capazes de beneficiar os já encontrados nesta dissertação.

5 CONCLUSÕES

Estudar grupos de estudos individuais, como é o objetivo da meta-análise, tem contribuído para responder lacunas que os estudos individuais foram incapazes de responder por diversos fatores. No campo das ciências do solo, esta metodologia é capaz de ampliar de maneira robusta e quantitativa a influência que a mudança do uso da terra tem causado no estoque de COS através da reunião de diversos estudos.

Práticas agrícolas que utilizam da adubação química (ADU) são capazes de influenciar de forma positiva o estoque de COS, a uma taxa de 0,32 MgC/ha/ano. Entretanto, alguns solos podem apresentar efeito contrário (efeito *priming*). O N-mineral pode estimular o aumento da atividade microbiana no solo, mineralizando não só o C adicionado como resíduo, mas também parte do C contido na MOS, fazendo com que a taxa de C no solo torne-se negativa e o estoque de COS diminua.

O sistema de plantio direto (SPD) se mostrou um sistema capaz de aumentar o estoque de C no solo a uma taxa de 0,45 MgC/ha/ano. Entretanto, áreas recentes de SPD

(abaixo de 5 anos de implantação), sem a presença de pastagem - apenas lavoura, podem possuir uma taxa de C no solo negativa, quando comparadas à áreas de pastagens bem manejadas.

A pequena quantidade dos trabalhos com adubação verde (ADUV) encontrada para esta meta-análise pode ter influenciado os resultados. Entretanto, foi possível observar nos estudos analisados que quando a área foi utilizada por um longo período de tempo como lavoura, optar por um manejo utilizando adubação verde pode influenciar negativamente os estoques de COS quando comparado a uma área de pastagem como controle. Seria necessário a recuperação do solo para depois aplicar a ADUV.

A integração lavoura-pastagem (ILP1) apresentou uma taxa de C no solo negativa, de -0,46 Mg/ha/ano. Entretanto, este valor pode ser explicado pelo grupo controle utilizado nos trabalhos analisados, a taxa de implantação do sistema e a textura dos solos. Foi possível observar que em solos de textura média a arenosa, em que a implantação da ILP se deu há aproximadamente 16 anos e se encontra sob sistema de plantio direto – comparado a uma ILP em preparo convencional – é capaz de aumentar o estoque de COS. Entretanto, ao comparar ILPs com pouco tempo de implantação com pastagens permanentes em solos de textura argilosa, as taxas de C no solo mostraram-se negativas.

5.1 Considerações finais

Espera-se continuar alimentado a base de dados gerada para obter respostas mais sólidas e precisas sobre a influência do manejo no estoque de C no solo, sendo possível, assim, o uso de mais variáveis nas análises estatísticas conforme haja o aumento da quantidade de dados disponíveis. Dessa forma, lacunas que não foram analisadas nesta dissertação poderão ser preenchidas, como a influência do bioma, o efeito da combinação de sistemas de manejo e das adubações químicas, o tempo de manejo, dentre outras.

Com o aumento dos dados, surge a possibilidade de uma futura análise convergindo a produtividade e estoque de C no solo, conforme o manejo utilizado. Existe um grande potencial de multiplicar os resultados de C no solo, estimando-os através de uma relação com a produtividade da vegetação acima do solo, entretanto ainda não há artigos suficiente para tal, sendo necessário estudos que juntem ambos os dados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKOBENG, A. K. Understanding systematic reviews and meta-analysis. **Arch Dis Child**, v. 90, p.845-853, 2005.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de sistemas de manejo no sequestro de carbono. In: 29º Congresso brasileiro de ciência do solo, 2003, Ribeirão Preto. **29º Congresso brasileiro de ciência do solo**, 2003.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 189-197, 2001.

AMUNDSON, R. The carbon budget in soils. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v.29, p.535–562, 2001.

BAEDE, A. P. M. et al. In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*; Houghton, J. T. et al. Cambridge, **Cambridge University Press**, 1 cap, 2001.

BAKER, J. M. et al. Tillage and soil carbon sequestration — what do we really know? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.118, p.1–5, 2007.

BARRETO, R. C. et al. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil **Agric. Ecosyst. Environ.**, v. 132, p.243-251, 2009.

BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **Eur. J. Soil Sci.** v.47, p.151-163, 1996.

BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: KLAUBERG FILHO, O. et al. (Ed.). **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 55-118, 2011.

BAYER, C. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, v. 86, p. 237–245, 2006.

BAYER, C. Aumento do estoque de matéria orgânica de um Cambissolo Húmico catarinense sob plantio direto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 1, p. 81-87, 2003.

BAYER, C. et al. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Revista Ciência Rural**, v.33, n.3, p. 469-475, 2003.

BERNOUX, M. et al. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agron. Sust. Dev.**, v.26, p.1–8, 2006.

BINGEMAN, C. W. et al. The effect of the addition of organic materials on the decomposition of an organic soil. **Soil Science Society America Proceedings**, v.29, p.692–696, 1953.

BUSO, W.H.D. et al. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. **Pesq. Agropec. Trop.**, v.33, p.97-105, 2003.

CALONEGO, J. C. et al. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **R. Caatinga**, v. 25, p. 128-135, 2012.

CAMPOS, L. P. et al. Estoque de carbono e nitrogênio em Latossolo Amarelo sob sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado do Piauí. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 28., 2010.

CERRI, C. C. et al. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.61-69, 1996.

CHAVES, S. S. F. et al. Estoque de carbono no solo em área de pastagem convencional e sistema agrossilvipastoril em Paragominas. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/979582/estoque-de-carbono-no-solo-em-area-de-pastagem-convencional-e-sistema-agrossilvipastoril-em-paragominas>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

CONCEIÇÃO, M. C. G. et al. Changes in soil carbono stocks under integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Amazon region. **Agricultural Sciences**, v. 8, p. 904-913, 2017.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

COSTA, A. M. et al. Alterações no estoque de carbono do solo sob Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2011, Lavras. Anais... Lavras: UFLA: NEFOR, 2011.

COSTA, A. M. Estoque de carbono em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Sete Lagoas, MG, região do Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 28., 2010.

COSTA, F. S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p.323-332, 2008.

COSTA, N. R. et al. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 39, n. 3, p. 852-863, mai./jun., 2015.

D'ANDRÉA, A. F. et al. Carbon and nitrogen storage, and inorganic nitrogen forms in a soil under different management systems. **Pesq. Agropec. Bras.**, vol. 39, p. 179-186, 2004.

DERSCHE, G. Effects of agronomic practices on the soil carbon storage potential in arable farming in Austria. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.60, p.49–55, 2001.

DIEKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant and Soil**, v. 268, p. 319-328, 2005.

DON, A. et al. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. **Global Change Biology**, v.17, p.1658-1670, 2011.

ELLIOTT, E. T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, v.50, p. 627–633, 1986.

FERREIRA, E. A. B. **Dinâmica de longo prazo do carbono do solo em sistemas de manejo no cerrado**. 235 p. Tese (Pós-Graduação) – Ecologia, Universidade de Brasília, 2013.

FISHER, M. J. et al. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, v. 371, p. 236-238, 1994.

FONTAINE, S. et al. Carbon input to soil may decrease soil carbon content. **Ecol. Lett.**, v.7, p.314–320, 2004.

FRANCHINI, J. C. et al. Sistema de Integração Agropecuária para solos arenosos e mistos, 2011. Disponível em: <
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fuv8p84x02wx5eo0c9slra7t55duf.html#>>. Acesso em: 28 de set. 2017.

FRANZLUEBBERS, A. J. et al. Early response of soil organic fractions to tillage and integrated crop–livestock production. **Soil Science Society of America Journal**, v.72, n.3, p.613-625, 2008.

FRANZLUEBBERS, A. J. Bermudagrass management in the Southern Piedmont USA: I. Soil and surface residue carbon and sulfur. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.834–841, 2001.

FREITAS, P. L. et al. Nível e natureza do estoque orgânico e latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesq. agropec. bras.**, v. 35, n. 1, p. 157-170, 2000.

FUJISAKA, S. et al. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 166, p. 353-362, 1998.

GALLARDO, A. et al. Factors limiting microbial biomass in the mineral soil and forest floor of a warm-temperate forest. **Soil Biol. Biochem.**, v.26, p.1409–1415, 1994.

GAMI, S. K. et al. Soil organic carbon and nitrogen stocks in Nepal long-term soil fertility experiments. **Soil & Tillage Research**, v.106, p.95–103, 2009.

GAZOLLA, P. R. et al. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo Vermelho em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p. 229-235, 2013.

GUO, L. B. et al. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, v.8, p.345-360, 2002.

HIGGINS, J. P. T. et al. **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions**. Chichester: Wiley, 2008. Disponível em: <<https://community-archive.cochrane.org/about-us/evidence-based-health-care/webliography/books/syrev>>. Acesso em: 18 de mai. 2016.

HOGBERG, P. et al. Substrate-induced respiration measured *in situ* in a C3-plant ecosystem using additions of C4-sucrose. **Soil Biol. Biochem.**, v.28, p.1131–1138, 1996.

HOUGHTON, R. A. Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different? **Global Change Biol.**, v.9, p.500–509, 2003.

IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Change. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 2013.

IPCC - Intergovernmental Panel in Climate Change. **Climate change: the scientific basis**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.

JENKINSON, D. S. et al. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen - the so-called "priming" effect. **Journal of Soil Science**, v. 36, n. 2, p. 425-44, 1985.

JOHNSON, D. W. et al. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. **Forest Ecology and Management**, v.140, p.227-238, 2001.

JONES, M. B. et al. Carbon sequestration in temperate grassland ecosystems and the influence of management, climate and elevated CO₂. **New Phytol**, v.164, p.423-439, 2004.

JOOS, F. et al. Carbon dioxide and climate impulse response functions for the computation of greenhouse gas metrics: A multi-model analysis. **Atmos. Chem. Phys.**, v.13, p.2793-2825, 2013.

KIRSCHBAUM, M. U. F. Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming. **Biogeochemistry**, v.48, p.21-51, 2000.

KUZYAKOV, Y. et al.. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, p.485-1498, 2000.

LAGANIÈRE, J. et al. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. **Global Change Biology**, v.16, p.439-453, 2010.

LAL, R. Carbon sequestration. **Philosophical Transactions of the Royal Society, B**, v.363, p.815-830, 2008.

LAL, R. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. **Land Degradation and Development**, v.17, p. 197–209, 2006.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, v.220:, p.242–258, 2005.

LAL, R. **Soil carbon sequestration to mitigate climate change**. 2004a. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 17 jun. 2017.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v.304, p.1623–1627, 2004b.

LAL, R. **Offsetting global CO₂ emissions by restoration of degraded soils and intensification of world agriculture and forestry**. 2003. Disponível em: <www.interscience.wiley.com>. Acesso em: 17 jun. 2017.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, v.116, p.353-362, 2002.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. **Soil Till. Res.** v.43, p.81–107, 1997.

LAL, R. et al. World soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R. et al., eds. Soil management and greenhouse effect. Boca Raton, **CRC Lewis Publishers**, p.1-7, 1995.

LI, D. J. et al. Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: a meta analysis. **New Phytologist**, v. 195, p.172– 181, 2012.

LIMA, M. A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, set./dez., 2002.

LOSS, A. et al. Evolução e acúmulo de C-CO₂ em diferentes sistemas de produção agroecológica. **Acta Agronômica**, v. 62, n.3, p. 242-250, 2013.

LOSS, A. et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 28, n. 1, 2004.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas – enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 36, suplemento especial, 2007.

LUIZ, A. J. B. et al. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, set./dez., 2002.

LUO, Z. et al.. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. **Agric. Ecosyst. Environ.** v.139, p.224–231, 2010.

LÜTZOW, M. V. et al. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review. **European Journal of Soil Science**, v.57, p.426–445, 2006.

LYONS, L. C. **Meta-Analysis**: Methods of accumulating results across research domains. 2003. Disponível em: <<http://www.lyonsmorris.com/metaA/index.htm>>. Acesso em: 15 de abr. 2016.

MACHADO, P. L. O. A. carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. São Paulo, **Quím. Nova**, v. 28, n. 2, 2005.

MAILLARD, E. et al. Animal manure application and soil organic carbon stocks: a meta-analysis. **Glob. Chang. Biol.**, v.20, p.666–679, 2014.

MALHI, S. S. et al. Long-term straw management and N fertilizer rate effects on quantity and quality of organic C and N and some chemical properties in two contrasting soils in Western Canada. **Biology and Fertility of Soils**, v. 47, issue 7, p. 785–800, 2011.

MADARI, B. E. et al. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil Tillage Res.**, v. 80, p.185- 200, 2005.

NEVES, C. M. N. et al. Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.

NICOLOSO, R. S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 149p. (Tese de Mestrado)

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v.44, p.322–331, 1963.

PACIULLO, D. S. C. et al. Pastagens degradadas e recuperadas: emissão ou resgate de gás carbônico. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, CRMV-MG, n. 74, set., 2014.

PAULINO, V. T. et al. Estoque de carbono em pastagem de capim Marandu submetida a estratégias de pastejo rotativo e adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **Anais...** O desenvolvimento da produção animal e sua responsabilidade frente a novos desafios. Belém: SBZ, p.1-3, 2011.

PAVINATO, A. **Teores de carbono e nitrogênio do solo e produtividade de milho afetado por sistemas de culturas.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 122p. (Tese de Mestrado)

PINHEIRO, E. F. M. et al. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil Tillage Res.**, 77:79-84, 2004.

PRATHER, M. J. et al. Reactive greenhouse gas scenarios: Systematic exploration of uncertainties and the role of atmospheric chemistry. **Geophys. Res. Lett.**, v. 39, 2012.

PRENTICE, I. C. et al. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [HOUGHTON, J.T. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 183–237, 2001.

QUEIROZ, L. R. et al. Estoque de Carbono e Densidade de Solo sob Cultivo com Diferentes Culturas Agrícolas em Sete Lagoas, MG. In: CONGRESSO NACIONAL E MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia.

RAICH, J. W. et al. The Global Carbon Dioxide Flux in Soil Respiration and its Relationship to Vegetation and Climate. **Tellus**, p.81-99, 1992.

ROSA, R. et al. **Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. Uberlândia: Soc. & Nat., 2014.

ROSCOE, R. et al. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.70, p. 107-119, 2003.

SÁ, J. C. M. et al. O plantio direto como base no sistema de produção. **R. Plantio direto**, v. 84, p. 45-61, 2004.

SALTON, J. C. Sistemas de integração viabilizam produção em solos arenosos, 2015. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/7010805/sistemas-de-integracao-viabilizam-producao-em-solos-arenosos>>. Acesso em: 28 de set. 2017.

SALTON, J. C. et al. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

SALTON, J. C. Dinâmica do carbono em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Moraes, A. et al (eds) Proceedings of the international symposium on integrated croplivestock systems. Curitiba, 2007.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 158p. (Tese de Doutorado)

SANTOS, G. G. et al. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1339-1348, out., 2011.

SAUERBECK, D. R. CO₂ emissions and C sequestration by agriculture: Perspectives and limitations. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v.60, p.253-266, 2001.

SCHIMEL, D. S. et al. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. **Nature**, v.414, p.169–172, 2001.

SCHUMAN, G. E. et al. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. **Environmental Pollution**, Elsevier Ltda., 116, 2002.

SEGNINI, A. et al. Potencial de sequestro de carbono em área de pastagem de *Brachiaria Decumbens*. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, **Anais...**2007.

SILVEIRA, M. L. et al. Short-term effects of grazing intensity matter accumulation in cultivated and native grass soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 62, 1367–1377, 2013.

SIQUEIRA, J. O. et al. Matéria orgânica em solos de áreas degradadas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, p.495-524, 2008.

SIQUEIRA NETO, M. et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto, em Tibagi (PR). **R. Bras. Ci. Solo**, 33, 1013-1022, 2009.

SIX, J. et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils—effects of no-tillage. **Agronomie**, v.22, p.755–775, 2002.

SIX, J. et al. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 2099–2103, 2000a.

SIX, J. et al. Soil structure and soil organic matter: I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 64, p.681-689, 2000b.

SIX, J. et al. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 1350–1358, 1999.

SIX, J. et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, v.62, p.1367–1377, 1998.

SMITH, P. Land use change and soil organic carbon dynamics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.81, p.169–178, 2008.

SOTTA, E. D. **Fluxo de CO₂ entre solo e atmosfera em floresta tropical úmida da Amazônia Central**. 99 fl. Tese (Mestrado) – Biologia Tropical e Recursos Naturais, Universidade do Amazonas, 1998.

SOUSA, D. M. G. et al. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. ANAIS...Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CDROM.

TEIXEIRA, L. A. J. et al. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 18, p. 207-214, 1994.

TESTA, V. M. et al. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 16, p. 107- 114, 1992.

TIAN, K. et al. . Effects of long-term fertilization and residue management on soil organic carbon changes in paddy soils of China: A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 204, p. 40–50, 2015.

TRIBERTI, L. et al. Can mineral and organic fertilization help sequester carbon dioxide in cropland? **European Journal of Agronomy**, v.29, p.13–20, 2008.

TRUMBORE, S. et al. Dinâmica do carbono do solo. In: KELLER, M. et al. **Amazônia and Global Change**, v. 186, American Geophysical Union as part of the Geophysical Monograph Series, p. 451-462, 2009.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 184p. (Tese de Doutorado)

WEST, T. O. et al. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.66, p.1930–46, 2002.

WOLF, F. M. **Meta-analysis: quantitative methods for research synthesis**. Sage, 1986. 65p.