

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE DOUTORADO EM AGROECOLOGIA

CEÁLIA CRISTINE DOS SANTOS

**PERCEPÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS E ESTOQUE DE
CARBONO NO SOLO EM ÁREAS DE ASSENTAMENTO RURAL NA
AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL**

São Luís

2017

CEÁLIA CRISTINE DOS SANTOS

Licenciada em Geografia

**PERCEPÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS E ESTOQUE DE
CARBONO NO SOLO EM ÁREAS DE ASSENTAMENTO RURAL NA
AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Altamiro Sousa de Lima Ferraz Junior

Coorientadora: Dra. Sandra Maria Oliveira Sá

São Luís

2017

Santos, Ceália Cristine dos.

Percepção de serviços ambientais e estoque de carbono no solo em áreas de assentamento rural na Amazônia Oriental, Brasil/ Ceália Cristine dos Santos. – São Luís, 2017.

102 f.

Tese (Doutorado) – Doutorado em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Altamiro Sousa Lima Ferraz Junior.

1. Armazenamento de carbono. 2. Uso da terra. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDU 631.95:502.131.1(811.3)

CEÁLIA CRISTINE DOS SANTOS

**PERCEPÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS E ESTOQUE DE
CARBONO NO SOLO EM ÁREAS DE ASSENTAMENTO RURAL NA
AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agroecologia.

Aprovada em: ____/____/____

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Altamiro Sousa de Lima Ferraz Junior (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA / CCA / PPGA

Pesquisador Dr. João Batista Zonta
EMBRAPA Cocais

Profa. Dra. Ana Maria Aquino dos Anjos Ottati
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA / CCA / DER

Prof. Dr. Heder Braun
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA / CCA / PPGA

Prof. Dr. Thierry Desjardins
Institut de Recherche pour le Développement - IRD

Dedico

Aos meus queridos pais,
Joacy Montelo dos Santos (*in memoriam*)
e Maria Antônia dos Santos,
pessoas que sempre me deram amor
e incentivo na minha
formação pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua presença constante em minha vida, por iluminar os meus caminhos e me fortalecer diante dos obstáculos a cada novo amanhecer.

À Universidade Estadual do Maranhão por possibilitar a realização do doutorado.

À CAPES, pela concessão da bolsa, apoio financeiro que tornou possível esta pesquisa.

Ao professor Altamiro Souza de Lima Ferraz Junior, pela orientação imprescindível no direcionamento da pesquisa e todo apoio, incentivo e atenção dedicada a este trabalho. A sua tranquilidade inspiradora e que se traduz em amplo ensinamento aos que com ele convivem e motivação para lidar com as turbulências da vida. E por combinar sua sabedoria e humildade.

A Sandra Maria de Oliveira Sá, por apoiar e orientar o trabalho de campo e de laboratório, de fundamental importância na obtenção dos resultados. Por sua obstinação pela pesquisa, que expressa seu comprometimento com a ciência e a certeza de sua relevante contribuição, diante da seriedade e precisão que assume na condução da pesquisa.

A todos os pesquisadores do Projeto Semaguy e em especial aos que diretamente se envolveram com esta pesquisa: Thierry Desjardins e Michel Brossard, por contribuírem com suas experiências e conhecimentos fundamentais na delimitação do trabalho.

À professora Marlen Barros pelo aprendizado que me proporcionou sobre solos, organização e planejamento de trabalho de campo, com paciência, disposição e determinação.

Aos meus irmãos Eveline Dina e Joacy Júnior, por compartilhar os problemas familiares e democraticamente discutir e tomar decisão considerada mais adequada para um dado momento ou situação e até mesmos pelas divergências próprias das relações de irmãos que nos fizeram amadurecer e solidificar nossa união.

Aos companheiros: Elizangela, que pacientemente ouviu, opinou e incentivou várias decisões e escolhas importantes que tive que fazer ao longo desta árdua caminhada; Almerinda Amélia, que com seu pós-doutorado em solidariedade me proporcionou valiosos ensinamentos inesquecíveis de humanidade; e Jhonatan, que me fez compreender a importância de vivenciar a amizade e que o verdadeiro amigo não é aquele que só diz as coisas boas, mas aquele que te fala a verdade, e de entender, sobretudo, que amigo é um irmão que Deus nos permite escolher.

Aos amigos Conceição Mendonça, Noé Nicacio, Roberto Carlos, pelas palavras de encorajamento e conforto nos momentos de aflição, verdadeiros presentes de Deus na

minha vida.

Aos amigos da primeira turma de Doutorado em Agroecologia da UEMA: Ivaneide Pereira do Nascimento, Hulda Rocha, Carlos Cesar, Natalie Nicole, pela convivência, amizade e sinceridade do apoio no decorrer do curso.

Às amigas que consegui edificar no Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, que sem dúvida revigoraram meus conceitos de unidade e solidariedade, pelas sugestões de soluções para os problemas cotidianos da pesquisa, verdadeira demonstração de absoluto apoio: Virley Senna, Rones e Raimundo.

Aos Professores: Heder Braun, Adenir Vieira Teodoro, Maria Raimunda Santos de Lemos, Maria Rosângela Malheiros, Antônia Alice Costa Rodrigues, pelo incentivo à pesquisa e valiosa transmissão de conhecimentos.

Aos funcionários do Programa Neto e a João, que várias vezes atenderam minhas solicitações e auxiliaram com trabalho das amostras, cujo volume e quantidade tornaram exaustivo o trabalho.

Ao Sr. Simeão Maranhão, Líder do Assentamento pelas informações necessárias no direcionamento do trabalho de campo.

Aos trabalhadores rurais do Programa de assentamento Diamante Negro Jutaí, que colaboraram com informações e apoio as atividades de campo.

À equipe do Núcleo de Geoprocessamento da Universidade Estadual do Maranhão-NUGEO, principalmente a Deyse e ao João Filho pelo apoio na construção de mapas e cartas importantes para a representação espacial da área de estudo.

À minha mãe, minha melhor amiga, que com seu amor e dedicação sempre me ajudou a manter os estudos, lutando ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis.

À Anália Maurício do Nascimento, minha eterna Naná, um anjo em minha vida, cujo amor, orgulho que sentia por mim, por minhas escolhas e conquistas revigorava as minhas forças e me incentivava a seguir em frente. Incondicionalmente, sempre me apoiou e fortaleceu, com suas sábias palavras, com a simplicidade de seu sorriso, com seu abraço de mãe. E só tenho a agradecer a Deus por me presentear com a convivência deste ser tão raro e especial e por todo amor e confiança que depositavas em mim.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

O Senhor é meu pastor, nada me faltará.
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a
águas tranquilas.
Refrigera minha alma; guia-me pelas veredas da justiça,
por amor do seu nome.
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte,
não temeria mal algum, porque tu estás comigo; a tua
vara e o teu cajado me consolam.
Preparas uma mesa perante mim na presença dos meus
inimigos, unges a minha cabeça com óleo, o meu cálice
transborda.
Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão
todos os dias de minha vida; e habitarei na casa do
Senhor por longos dias.

(Salmo 23)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos sistemas de uso do solo sobre os serviços ambientais. Nesta perspectiva analisar a percepção dos agricultores sobre os serviços ambientais (SA), os aspectos socioeconômicos, as mudanças no uso e ocupação do solo assim como avaliar o estoque do carbono e fertilidade em sistemas de uso do solo no Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutaí, município de Monção-MA, Amazônia Oriental, Brasil. Para a análise socioeconômica e ambiental utilizaram-se métodos integrados de geoprocessamento e aplicação de questionários. Verificaram-se agricultores adultos e idosos, experientes nos cultivos de corte e queima e vazante, cerca de metade destes iniciaram o ensino fundamental e a maioria são membros participativos de organizações sociais locais, aspectos determinantes em seus posicionamentos e/ou opiniões. Na percepção dos agricultores a pesca é o SA mais importante e é também o mais ameaçado. A dinâmica espacial do período estudado destaca a redução dos corpos hídricos. O bem-estar dos agricultores está diretamente vinculado à segurança e solidariedade. A redução da pesca e da produção de alimentos comprometem a subsistência adequada e o acesso a bens, além de outros componentes do bem-estar. E para avaliar a concentração e estoque de carbono C em sistemas de usos do solo: agricultura itinerante (AI), pastagem (P), capoeira mista (CM) e floresta secundária (FS) com quatro repetições de cada sistemas foi estabelecido um esquema amostral, em área de 2500 m² composto por nove pontos, um perfil central (1,2 x 1,0 x 1,2 m), onde foram coletadas amostras em camadas de 10 em 10 cm até 1,0 m de profundidade e oito mini perfis (0,7 x 0,7 x 0,7 m), nos quais foram coletadas amostras em cinco camadas de solo 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm de profundidade totalizando 50 amostras por parcela. O efeito dos sistemas de uso sobre a concentração e estoque de C foi avaliado por meio de Análises da Variância fator único e em seguida pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). E foi utilizado o software Statística 8. Coletaram-se também amostras compostas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para análise da fertilidade das áreas em estudo. A concentração de C registrada na profundidade de 0-10 cm foi de 9,54 g kg⁻¹ na pastagem e 12,73g kg⁻¹ na capoeira mista. O estoque de C registrados nos sistemas menos perturbados foi de: 15,67 Mg kg⁻¹ na capoeira mista e 12,72 Mg kg⁻¹ na floresta secundária. Na profundidade de 0-30 cm encontra-se 50% do estoque de C do solo em relação ao perfil de 0-100 cm. Esses resultados sugerem que o sistema de corte e queima para implantação de lavouras ou pastagem tende a reduzir os estoques de C no solo, o que aumenta a suscetibilidade à degradação. Os sistemas de uso avaliados não tiveram efeitos sobre a concentração e estoque de carbono e os atributos de fertilidade, estes apresentaram baixos valores que sugerem a necessidade da adoção de práticas adequadas de gestão dos solos.

Palavras-chave: Armazenamento de carbono. Uso da terra. Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The present paper had the goal to evaluate the effects of the use soil systems about environmental services. In this perspective, we analyze farmers' perceptions about environmental services (ES), socioeconomic aspects, the changes in using and land occupation, and to evaluate the carbon stock and fertility in use soil systems, in Jutai Diamante Negro settlement project, Monção city, eastern Amazon, Brazil. Integrated geoprocessing methods were used to the socioeconomic and environmental analysis, and application of questionnaires. There were adults and elderly farmers, experienced in cutting and burning crops and ebbing, about half of them started elementary education and most are participative members of local social organizations determining aspects in their positions and/or opinions, in farmers' perception, fishing is the most important environmental service (ES) and also is the most threatened. The spatial dynamics of the studied period, it highlights the reduction of water bodies. The farmers' well-being is directly linked to security and solidarity. Reducing fishing and food production compromise adequate subsistence and access to goods, besides other components of well-being. In order to evaluate concentration and carbon C stock in use soil systems: itinerant agriculture (IA), pasture (P) mixed capoeira (MC) and secondary forest (SF) with four replicated of each system, and it was established a sample scheme, in an area of 2500 m² composed for nine points, a central profile (1.2 x 1.0 x 1.2m) where were collected samples in layers of 10 to 10 cm until 1,0m depth and eight mini-profiles (0.7 x 0.7 x 0.7m) in which were collected samples in five soil layers 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 and 40-50 cm depth, totaling 50 samples per plot. The effect of the systems of using on the concentration and carbon C stock was checked by analysis of the single variance factor and then by the Tukey ($p < 0,05$). And software Statistic 8 was used. It was also collected 10-20cm to analyze fertility of the research areas. The C concentration recorded in the depth of 0.10cm was 9,54g kg⁻¹ on the pasture and 12,73g kg⁻¹ on mixed capoeira. The carbon C stock recorded in the less disturbed system was: 15,67 Mg kg⁻¹ in mixed capoeira and 12,72 Mg kg⁻¹ in the secondary forest. In the depth of 0-30 cm is found 50% of the soil carbon stock in relation to the 0-100 cm profile. These results suggest that the system of cutting and burning to implantation of crops or pasture is directed to reduce the carbon stock in the soil, which increases the susceptibility to degradation. The systems of using evaluated did not have any effect on the concentration and carbon stock, and the fertility attributes, these presented low values that suggest the necessity to adopt. Appropriate soil management practices.

Keywords: Carbon storage. Soil use. Sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

- Figura 1 – Localização do Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutáí, Monção-Ma, Brasil 47
- Figura 2 – Carta de uso e ocupação do solo no P.A Diamante Negro Jutáí em 1995, 2006, 2015 51
- Figura 3 – Percepção dos agricultores sobre a importância dos Serviços Ambientais 55
- Figura 4 – Percepção dos agricultores sobre ameaças aos Serviços Ambientais 56
- Figura 5 – Percepção dos agricultores sobre o vínculo entre serviços ambientais e bem-estar humano 57

CAPITULO 3

- Figura 1 – Localização das áreas de amostragem no Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutáí, Monção-Ma, Amazônia Oriental..... 67
- Figura 2 – Estoques de Carbono Orgânico Total nas profundidades de 0-100 cm em sistemas de uso do solo no P.A Diamante Negro Jutáí, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão. 75
- Figura 3 – Estoque de carbono nas profundidades de 0-30 cm e de 30-100 cm nos sistemas de uso de solos do P.A Diamante Negro Jutáí, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão 76

LISTA DE QUADROS

CAPITULO 1

Quadro 1 –	Evolução histórica do conceito de serviços ecossistêmicos.....	20
Quadro 2 –	Classificação e definição de serviços ecossistêmicos	21
Quadro 3 –	Serviços ambientais de unidades de uso e ocupação do solo.....	30

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 2

Tabela 1 –	Classificação dos Serviços Ecossistêmicos da área de estudo com base na Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA 2005).....	48
Tabela 2 –	Unidades de uso e ocupação do solo no P.A Diamante Negro Jutaí em 1995, 2006, 2015.....	51
Tabela 3 –	Características sociodemográfica dos agricultores do PA Diamante Negro Jutaí.....	52
Tabela 4 –	Características da produção rural e renda dos agricultores do PA Diamante Negro Jutaí.....	54

CAPITULO 3

Tabela 1 –	Características dos sistemas de uso situados em Plintossolos Háplicos no P.A, Diamante Negro Jutaí, Monção-Ma, Amazônia Oriental	68
Tabela 2 –	Características físicas do solo nas profundidades de 0-100 cm em quatro sistemas de usos do solo (Agricultura Itinerante-AI, Pastagem-P, Capoeira Mista- CM e Floresta secundária -FS), no P.A Diamante Negro Jutaí, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão	71
Tabela 3 –	Atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm, em sistemas de usos no P.A Diamante Negro Jutaí, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão.	73
Tabela 4 –	Teor de Carbono Orgânico Total (COT) em solo em sistemas de uso no P.A Diamante Negro Jutaí, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Agricultura Itinerante
ANOVA	Análise de Variância
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CE	Condutividade elétrica do solo
CM	Capoeira Mista
COT	Carbono Orgânico Total
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Ds	Densidade aparente do solo
FAPEMA	Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão
FS	Floresta Secundária
GEE's	Gases do Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Reforma Agrária e Associação Estadual de Cooperação Agrícola
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRD	Institute de Recherche pour le Développement
LABGEO	Laboratório de Geoprocessamento
MEA	Avaliação Ecológica do Milênio
MO	Matéria Orgânica
MOS	Matéria Orgânica do Solo
NT	Nitrogênio Total
NUGEO	Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão
P	Pastagem
PA	Projeto de Assentamento
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SA	Serviços Ambientais
SE	Serviços Ecológicos
SOC	Carbono orgânico do solo
TFSA	Terra fina seca ao ar
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão

SUMÁRIO

	RESUMO	vii
	ABSTRACT	viii
	LISTA DE FIGURAS	ix
	LISTA DE QUADROS	x
	LISTA DE TABELAS	xi
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
	CAPITULO 1	16
1	INTRODUÇÃO GERAL	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Serviços ambientais	20
2.2	Serviços ambientais dos solos	24
2.3	A importância de unidades de uso e ocupação do solo	25
2.3.1	Vegetação Secundária	26
2.3.2	Campos	27
2.3.3	Rede Hidrográfica / Corpos d'água	27
2.3.4	Agricultura Itinerante	28
2.3.5	Pastagem / Pecuária Tradicional	29
2.3.6	Os Serviços Ambientais nas Unidades de Uso e Cobertura Vegetal	29
2.4	Análise socioeconômica e percepção dos serviços ambientais	30
2.5	Estoque de carbono orgânico e nitrogênio do solo sob diferentes sistemas de usos	32
2.6	Atributos físico-químicos do solo: indicadores de qualidade e de possibilidades de uso	33
	REFERÊNCIAS	35
	CAPITULO 2	42
	ARTIGO 1 – Percepção dos serviços ambientais e análise socioeconômica e ambiental em assentamento rural, no município de Monção, Amazônia Oriental, Brasil	43
	RESUMO	43
	INTRODUÇÃO	44
	MÉTODOS	46

Área de estudo	46
Classificação dos Serviços Ambientais	48
Categorização e mapeamento de usos e ocupação do solo	49
Avaliação socioeconômica e percepção dos serviços ambientais	49
RESULTADOS	50
Modificações nas unidades de uso e ocupação do solo do PA Diamante Negro de 1995, 2006 e 2015	50
Caracterização social dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí	52
Caracterização da produção rural e renda dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí	53
Importância dos serviços ambientais na percepção dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí	54
Ameaça aos serviços ecossistêmicos na percepção dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí	55
Relação direta entre os serviços ambientais e o bem-estar humano na percepção dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí	56
DISCUSSÃO	56
CONCLUSÃO	60
AGRADECIMENTOS	60
LITERATURA CITADA	61
CAPITULO 3	64
ARTIGO 2 – Estoque de carbono e fertilidade em diferentes sistemas de uso do solo no município de Monção, Amazônia Oriental, Brasil	65
Resumo	65
Introdução	65
Material e Métodos	67
<i>Área de estudo</i>	67
<i>Amostragem, desenho experimental e preparo das amostras</i>	68
<i>Teor de Carbono Orgânico Total e Nitrogênio Total</i>	69
<i>Estoque de Carbono Orgânico Total</i>	69
<i>Análises físicas e químicas do solo</i>	69
<i>Análises estatísticas</i>	70
Resultados	70

<i>Características físicas do solo</i>	70
<i>Características químicas do solo</i>	72
<i>Teor de Carbono Orgânico Total (COT) e N total em sistemas de usos do solo em diferentes profundidades</i>	73
<i>Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de usos da terra em diferentes profundidades</i>	74
<i>Avaliação dos estoques de carbono nas profundidades de 0-30 cm e de 30-100 cm</i>	75
Discussão	76
<i>Propriedades físicas do solo</i>	76
<i>Propriedades químicas do solo</i>	77
<i>Concentração de Carbono Orgânico Total (COT) em usos da terra e profundidades</i>	78
<i>Estoque de carbono</i>	78
Conclusão	80
Agradecimentos	80
Referências	81
CONSIDERAÇÕES GERAIS	85
APÊNDICE A – Questionário de caracterização socioeconômica e ambiental – Assentamento Diamante Negro Jutai	86
ANEXO A – Normas da Revista Ecology and Society	90
ANEXO B – Normas da Revista Carbon Management	100

CAPITULO 1

Revisão de literatura

Capítulo escrito de acordo com as Normas para Elaboração de Dissertações e Teses do
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os solos desempenham importantes serviços ambientais, o mais conhecido é o suporte e fornecimento de nutrientes para as plantas, contudo sua degradação é considerada como um grave problema ambiental que ameaça a produção de alimentos em escala global. O solo também constitui o meio responsável por uma parte importante de ciclos biogeoquímicos requeridos para a reciclagem de compostos orgânicos (CRAM et al., 2008).

Segundo Carvalho et al. (2010a) o uso e manejo inadequados do solo colaboram para o efeito estufa e ainda colocam em risco a sua sustentabilidade devido à degradação da matéria orgânica, com efeitos negativos aos seus atributos físicos e químicos, bem como sua biota. De outro modo, práticas adequadas de gestão dos solos, que visam à manutenção ou mesmo o acúmulo de C no sistema solo-planta, podem reduzir os efeitos do aquecimento global.

O solo é relevante agente mitigador de gases do efeito estufa. O dióxido de carbono (CO₂) é absorvido da atmosfera por meio da fotossíntese das plantas, sendo o carbono proveniente deste processo, estocado após senescência das plantas. Estima-se que há um armazenamento no solo, na camada 0-100 cm, de 1500-2000 Pg /ha (1 Pg = 10¹⁵ g) de carbono (GARCIA-OLIVEIRA; MASERA, 2004). O carbono está presente no solo em diversas formas orgânicas, a partir da liteira de recente incorporação até constituintes mais antigos como compostos humificados e carvão. Ainda, a vegetação nativa armazena cerca de 600 Pg C (SCHIMMEL, 1995; IPCC, 2003). Reunidos, solo e vegetação nativa armazenam aproximadamente três vezes a quantidade de carbono contida na atmosfera (HOUGHTON, 2003). Mudanças nos estoques de carbono das plantas e/ou do solo podem causar expressivos impactos na concentração de CO₂ e/ou de outros gases do efeito estufa (GEE's) na atmosfera (NEILL et al., 1997; SCHUMAN; JANZEN; HERRICK, 2002).

Nas últimas décadas, as alterações climáticas, devido à deterioração do solo diante das mudanças de uso e cobertura da terra, tornaram-se uma das questões ecológicas mais importantes em nível global. A degradação dos solos envolve dois sistemas interligados: o ecossistema natural e o sistema socioeconômico (BAJOCCO et al., 2012). Este fato motiva a integração de dados ambientais e socioeconômicos para auxiliar o entendimento dessa mudança (DE FREITAS; SANTOS; ALVES, 2013). O desmatamento e as práticas agrícolas inadequadas às vezes levam à erosão do solo, sendo esta considerada processo-chave de degradação. Os efeitos no local da erosão acelerada do solo incluem: o declínio nas propriedades físicas do solo, a perda de carbono orgânico do solo e a perda dos nutrientes

disponíveis para as plantas e, subsequentemente, uma baixa produtividade das culturas. Estes fatos ameaçam o ambiente e a segurança alimentar para a população (WAIRIU et al., 2016).

Os ecossistemas naturais ou manejados pelo homem produzem bens e serviços conhecidos como serviços ambientais e cumprem funções úteis para a vida humana. Estes serviços podem ser classificados em serviços de suporte (como a formação e conservação de solo, por exemplo), de regulação (climática), de provisão (alimentos e fibras) e culturais (parques e paisagens em geral) (KOSOY et al., 2006). Os solos ofertam importantes serviços de provisão que dependem de sua fertilidade, como a produção de alimentos, armazenamento de grandes quantidades de água e facilitador na transferência de água de superfície para áreas subterrâneas, além de reduzir ou atenuar as inundações através da absorção ou escoamento (MEA, 2005).

Os solos da Amazônia Oriental apresentam limitações ao uso, o manejo deve ser adequado para que possam ser cultivados de forma sustentável, e é necessária a realização de pesquisas para que seu uso atinja tal modelo. Há na Amazônia Oriental Maranhense alguns sistemas de uso e ocupação do solo como capoeiras, pastagens e agricultura itinerante, que têm influenciado o fornecimento dos serviços ambientais.

A capoeira, vegetação secundária espontânea ou vegetação de pousio, desempenha importante papel para a agricultura itinerante, visto que recupera a perda do potencial produtivo devido a derruba e queima. No Estado do Maranhão e em muitas regiões tropicais, o encurtamento do tempo de pousio vem causando uma regeneração incompleta da capoeira, o que torna a agricultura itinerante insustentável e provoca degradação do solo (SILVA; MOURA, 2002; GEHRING, 2006). O agroecossistema que apresenta maior histórico de uso do fogo é a agricultura itinerante ou sistema de roça. Embora pareça bem simples usar o fogo para limpar, queimar e depois realizar o plantio, agricultores experientes aprenderam o momento correto e a duração de cada etapa do sistema, especialmente em relação ao uso do fogo e isto diferencia um sistema sustentável de um degradador. O sistema de corte e queima funciona quando há tempo necessário para que os processos de sucessão natural restaurem a fertilidade do solo perdidos com a derrubada e queima (GLIESSMAN, 2009).

As pastagens representam outra forma de uso do solo comum no Maranhão, contudo também apresentam problemas relacionados ao manejo que atinge diretamente a qualidade dessas áreas. Dentre unidades de uso e ocupação observadas no Estado há associações de pastagens, florestas abertas em processo de exploração ou exploradas, com vegetação degradada e com presença de babaçu. Para a presença relativa de palmeiras de babaçu na área, atingindo apenas 20%, utiliza-se a denominação de vegetação com babaçu e quando esta

incidência é superior a 50% usa-se o termo babaçal (MARANHÃO, 2002). As pastagens nativas, que ainda têm um expressivo significado econômico para a produção de carne bovina no Brasil, encontram-se localizadas em diferentes ecossistemas da região Nordeste e no Maranhão são intensamente utilizadas pela tradicional pecuária extensiva (CESAR et al., 2005). No Estado, estas unidades ocupavam cerca de 28.254 ha e tiveram redução em relação ao censo agropecuário de 1996 (IBGE, 2006). A redução de áreas disponíveis para este tipo de atividade leva ao limite a capacidade de suporte da área que, sem o devido tempo de pousio, compromete a qualidade do sistema no que se refere ao fornecimento de pastos com valor nutritivo adequado para o bom desenvolvimento dos rebanhos.

A principal razão em promover o conceito de serviços ecossistêmicos reside no seu potencial de contribuir para a conservação ambiental. Os benefícios dos ecossistemas promovem uma compreensão da dependência que os seres humanos têm da natureza, como usuários de serviços ambientais (KRONENBERG, 2014). O conceito de serviços ambientais é cada vez mais utilizado e estudado por cientistas e formuladores de políticas, no entanto a compreensão deste conceito para os beneficiários não tem sido muito explorada (LAMARQUE et al., 2011). No contexto de gestão ambiental, a percepção ambiental se torna importante aliado ao poder público, permite a leitura da realidade, configurando-se como meio de apoio aos seus instrumentos e ferramentas (RODRIGUES et al., 2012).

As mudanças no uso da terra podem afetar a capacidade de uma paisagem para fornecer serviços ambientais (VIHERVAARA; RONKA; WALLS, 2012). O uso sustentável do solo torna-se possível com a realização de estudos sobre a oferta de serviços ambientais e a manutenção desses serviços. O conhecimento do potencial e limitações do solo, bem como o reconhecimento dos impactos dos usos permite uma melhor adequação das práticas de produção. No entanto é limitado o número de estudos sobre solos na Amazônia Oriental Maranhense e dos seus serviços ambientais e isto dificulta a tomada de decisões no sentido de adotar práticas e manejo sustentáveis de uso destas áreas. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a percepção dos agricultores sobre os serviços ambientais, os aspectos socioeconômicos, as mudanças no uso do solo assim como avaliar o estoque de carbono e a fertilidade em sistemas de uso solo no P.A Diamante Negro Juaí.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Serviços ambientais

Os serviços de sistemas ecológicos juntamente com os estoques de capital natural que os produzem são essenciais para o funcionamento do sistema de suporte à vida na Terra. Contribuem para o bem-estar humano, tanto de forma direta como indiretamente, e representam parte do valor econômico total do planeta (COSTANZA et al., 1997).

Serviços produzidos por estoques de capital natural e de sistemas ecológicos têm sido identificados das seguintes formas: serviços ambientais, serviços ecossistêmicos ou serviços dos ecossistemas. Para Muradian et al. (2010), apesar da indistinção destas expressões na literatura, os serviços ecossistêmicos são uma subcategoria dos serviços ambientais. Para estes autores, os serviços ecossistêmicos tratam exclusivamente de benefícios humanos provenientes de ecossistemas naturais. Os serviços ambientais compreendem benefícios associados de diferentes tipos de ecossistemas manejados como práticas agrícolas sustentáveis e paisagens rurais.

O conceito de serviços ecossistêmicos, com a análise do impacto das atividades humanas sobre os processos biofísicos do ambiente, tem origem anos de 1970, no campo da ecologia, e com o debate sobre a conservação ecológica dos anos de 1990 é importante notar o papel dos estudos sistêmicos multidisciplinares e globais na evolução desse conceito (BONIN; ANTON, 2012). Segundo Fisher, Turnera e Morling (2009), as principais definições de serviços ambientais encontrados na literatura encontram-se no quadro 1:

Quadro 1 – Evolução histórica do conceito de serviços ecossistêmicos.

Conceito de Serviços Ecossistêmicos	Referência
As condições e os processos através dos quais os ecossistemas naturais e das espécies que a compõem, sustentam e satisfazem a vida humana.	Daily et al. (1997)
Os benefícios das populações humanas derivam, direta ou indiretamente, de funções do ecossistema.	Costanza et al. (1997)
Os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas	MEA (2005)
Serviços de Ecossistemas são componentes da natureza, diretamente apreciado, consumido ou utilizado para produzir o bem-estar.	Boyd e Banzhaf (2007)
Serviços de Ecossistemas são os aspectos dos ecossistemas utilizados (ativa ou passiva) para produzir o bem-estar.	Fisher, Turnera e Morling (2009)
Serviços de Ecossistemas são as contribuições diretas e indiretas de ecossistemas para o bem-estar.	TEEB (2010)

Fonte: Adaptado de Fisher, Turnera e Morling (2009).

A Avaliação Ecológica do Milênio (MEA, 2005), realizada entre 2001 e 2005, por solicitação das Nações Unidas, é o principal trabalho de avaliação dos impactos das mudanças nos ecossistemas em relação ao bem-estar social que reuniu pesquisadores de diversas instituições e nacionalidades e classificou os serviços ambientais em quatro categorias fundamentais: **Serviços de provisão**, bens ou produtos obtidos dos ecossistemas: alimentos, água, madeira e fibra; **Serviços de regulação**, benefícios obtidos com o controle dos processos naturais dos ecossistemas: manutenção do clima, prevenção de enchentes, controle de doenças, ciclagem de lixo e outros dejetos e manutenção da qualidade da água; **Serviços culturais**, benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas: benefícios recreativos, estéticos e espirituais; e **Serviços de apoio**, processos naturais que mantêm os outros serviços dos ecossistemas: formação de solo, fotossíntese e ciclagem de nutriente, cuja descrição e subcategorização encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação e definição de serviços ecossistêmicos.

(Continua)

	Serviços	Subcategoria	Definição
SERVIÇOS DE PROVISÃO	Alimentos	Cultivo	Plantas cultivadas ou produtos agrícolas destinados ao consumo humano ou animal.
		Gado	Animais criados para consumo, uso doméstico ou comercial.
		Pesca	Peixes capturados através de arrasto, redes, linhas e anzóis, e outros métodos.
		Aquicultura	Peixes, mariscos, e / ou plantas que são criados em lagoas, cercados e outras formas, na água doce ou salgada em confinamento para fins de colheita.
		Alimentos silvestres	Espécies animais e vegetais comestíveis recolhidos ou capturados na natureza.
	Fibras	Madeira e fibras de madeiras	Produtos feitos a partir de árvores cortadas de ecossistemas florestais naturais, plantações, ou terras não florestadas.
		Outras fibras (algodão, cânhamo, seda)	Fibras de base não madeireira e não combustíveis extraídos do ambiente natural para uma variedade de usos.
	Combustível de biomassa	-	Material biológico vivo ou derivado de organismos vivos – tanto de plantas quanto de animais – que serve como uma fonte de energia.
	Água doce	-	Corpos subterrâneos de água, águas subterrâneas, águas pluviais e águas superficiais para uso doméstico, industrial e usos agrícolas.
	Recursos genéticos	-	Genes e informação genética utilizados para a reprodução animal, melhoria vegetal e biotecnologia.
Bioquímicos, medicamentos naturais e Produtos farmacêuticos	-	Medicamentos, biocidas, aditivos alimentares e outros materiais biológicos de ecossistemas para uso comercial ou doméstico.	

(Conclusão)

	Serviços	Subcategoria	Descrição
SERVIÇOS DE REGULAÇÃO	Regulação da qualidade do ar	-	Ecosistemas têm influência sobre a qualidade do ar através da emissão de produtos químicos para a atmosfera (isto é, servindo como uma "fonte") ou extração de substâncias químicas da atmosfera (isto é, servindo como um "sumidouro").
	Regulação Climática	Global	Ecosistemas têm influência sobre o clima global, emitindo gases de efeito estufa e aerossóis para a atmosfera ou por absorção de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera.
		Regional e local	Ecosistemas têm influência sobre a temperatura local ou regional, precipitação e outros fatores climáticos.
	Regulação da água	-	Ecosistemas têm influência sobre o momento e a magnitude do escoamento da água, inundações e recarga do aquífero, particularmente em termos de potencial de armazenamento de água do ecossistema ou paisagem.
	Regulação da erosão	-	Papel que a cobertura vegetal desempenha na retenção do solo.
	Purificação de água e tratamento de resíduos	-	O papel dos ecossistemas na filtragem e decomposição de resíduos orgânicos e poluentes na água; assimilação e através de processos de desintoxicação de compostos do solo e subsolo.
	Regulação de doenças	-	Influência que os ecossistemas têm sobre a incidência e abundância de patógenos humanos.
	Regulação da qualidade do solo	-	A função dos ecossistemas para manter a atividade biológica do solo, diversidade e produtividade; na regulação e particionamento de água e fluxo de soluto; e em armazenamento e reciclagem de nutrientes e gases.
	Regulação de pragas	-	Ecosistemas têm influência sobre a prevalência de pragas e doenças sobre culturas e criação de gado.
	Polinização	-	Apoiada por animais que transferem pólen entre plantas, sem o qual muitas plantas não podem se reproduzir.
	Regulação de desastres naturais	-	Capacidade de ecossistemas de reduzir os danos causados por desastres naturais, como furacões e tsunamis e para manter a frequência e intensidade do fogo natural.
SERVIÇOS CULTURAIS	Valores éticos	-	Os valores espirituais, religiosos, estéticos, intrínsecos ou que outras pessoas atribuem aos ecossistemas, paisagens ou espécies.
	Valores de existência	-	O valor que os indivíduos sabem que existe num recurso, mesmo que nunca utilizem esse recurso.
	Recreação e Ecoturismo	-	Os prazeres recreativos derivam de ecossistemas naturais ou cultivados
SERVIÇOS DE SUPORTE	Ciclagem de nutrientes	-	Processo pelo qual os nutrientes - tais como o fósforo, o enxofre e o azoto - são extraídos de sua fonte mineral, aquática ou atmosférica, ou são reciclados de suas formas orgânicas e, finalmente, voltam para a atmosfera, água ou solo.
	Formação do solo	-	Processo pelo qual o material orgânico é decomposto para formar o solo.
	Produção primária	-	Formação de material biológico através da assimilação e acumulação de energia e nutrientes por organismos.
	Fotossíntese	-	Processo pelo qual o dióxido de carbono, água e luz solar combinam-se para formar açúcar e oxigênio.
	Ciclagem da água	-	Fluxo de água através dos ecossistemas em seu estado sólido, líquido ou gasoso.

Fonte: Adaptado do MEA (2005).

Para Costanza et al. (1997), os serviços dos ecossistemas consistem em fluxos de materiais, energia e informação de estoques de capital natural combinados com a fabricação de serviços do capital humano para produzir bem-estar humano.

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005) analisa como mudanças nos serviços ecossistêmicos influenciam o bem-estar humano. Admite-se que o bem-estar humano tem vários componentes, compreendendo o material básico para uma boa vida, como os meios de subsistência seguros e adequados, a suficiência de alimentos, abrigo, roupas e acesso a bens, saúde, incluindo a situação de sentir-se bem e ter um ambiente físico saudável, com elementos como ar limpo e acesso a água potável; boas relações sociais, incluindo a coesão social, respeito mútuo, e a capacidade de ajudar os outros e oferecer segurança para as crianças, incluindo a garantia de acesso aos recursos naturais e outras, segurança individual e segurança em caso de catástrofes naturais e de origem humana; e liberdade de escolha e de ação, abrangendo a oportunidade de atingir o que o indivíduo pretende fazer e ser. A liberdade de escolha e de ação é influenciada por outros componentes do bem-estar, fatores como educação, e é também uma condição prévia para obter outro componente do bem-estar, principalmente com respeito à equidade e justiça.

É importante destacar que a estrutura, função e serviços dos ecossistemas não são sinônimos. Estrutura e função do ecossistema foram identificadas e estudadas ao longo de décadas sem fazer referência aos serviços para os humanos, embora também fornecessem. Enquanto a maioria das estruturas e processos dos ecossistemas fornecem serviços que não são a mesma coisa. Pode-se obter melhor entendimento a partir deste exercício de pensamento. E se houvesse um planeta como a Terra sem seres humanos? Pode ter uma grande variedade de estruturas dos ecossistemas e processos, mas não serviços (FISHER; TURNER; MORLING, 2009). Segundo Boyd e Banzaf (2007) a maior parte das funções e componentes dos ecossistemas é uma espécie de produto intermediário indispensável para a produção, mas não é o serviço propriamente dito. Os componentes dos ecossistemas incluem recursos como água, vegetação, espécies de populações e suas funções compreendem as interações, químicas, físicas e biológicas entre os componentes que no final do processo resultam em bens e serviços ecossistêmicos.

Para Brauman et al. (2007), as pessoas dependem dos serviços dos ecossistemas para a sua sobrevivência e qualidade de vida. E em uma relação direta, à medida que o tamanho da população humana aumentar, a demanda por serviços ecossistêmicos deverá aumentar também. Desta forma, bens e serviços ambientais estão se tornando mais escassos e, sendo assim é fundamental a compreensão de seu valor e da limitação (DAILY et al.,

2000). Comparações entre o status dos serviços ambientais no tempo e no espaço são fundamentais para a gestão dos mesmos, especialmente em escala local e regional, visto que sem tais informações se torna difícil a tomada de decisão por parte dos gestores (PAETZOLD; WARREN; MALTBY, 2010).

Como os serviços ecossistêmicos estão em depleção, entendemos que os benefícios da natureza não podem mais ser considerados como garantidos. E, independente se a tomada de decisões em relação a estes serviços for pública ou privada, nossas formas de viver encontram-se ameaçadas e ficaremos impossibilitados de alcançar as nossas aspirações para o futuro (RANGANATHAN et al., 2008). É importante manter as condições que proporcionam a realização dos serviços ambientais (WHATELY; HERCOWITZ, 2008). Historicamente existem vários campos de conhecimentos sobre a produção de serviços do ecossistema. Contudo ciência, política e gestão dos serviços dos ecossistemas requerem a síntese e a interpretação deste conhecimento (BRAUMAN et al., 2007).

2.2 Serviços ambientais dos solos

Os solos são resultado de processos biogeoquímicos de transformações graduais, do intemperismo das rochas e de uma série de mecanismos físicos e biológicos que produzem partículas minerais de tamanhos variáveis. Pequenos, médios e grandes componentes são classificados como as frações de argila, areia e silte. Os constituintes minerais associados aos componentes orgânicos, predominantemente provenientes de plantas, formam camadas relativamente finas. Os componentes minerais do solo podem variar bastante dependendo de sua origem, da geologia. Tais elementos constituem uma fase sólida que não só reforça a estrutura física do solo, mas também desempenha um papel significativo de proporcionar superfícies reativas para a adsorção (e, portanto, o sequestro) e a dessorção dos elementos e nutrientes, e para a interação com os organismos. O solo é um grande compartimento de C dentro da biosfera, onde as alterações como o aumento ou redução deste estoque podem atenuar ou agravar as mudanças climáticas. O desmatamento, a conversão de áreas de cultivo em pastagens e a drenagem dos recursos hídricos, são causas de emissão de C; desta forma são necessárias políticas e ações internacionais para minimizar essas alterações. O sequestro de C no solo pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, mas o impacto real das diferentes opções é muitas vezes incompreendido (HAYGARTH; RITZ, 2009; POWLSON et al., 2011).

Os solos são um recurso fundamental para a existência da vida no planeta. É uma parte importante da biosfera e tem um elevado potencial de armazenar carbono em relação à vegetação e a atmosfera (BELLAMY et al., 2005). Em termos gerais, o C estocado em ecossistemas tropicais (solo e vegetação) representa cerca de 20 a 25% do C terrestre mundial (CERRI et al., 2001). Os ciclos biogeoquímicos passaram por acentuada alteração na segunda metade do século XX, e as ações humana sobre os ecossistemas não só alteraram a estrutura destes, mas também seus processos e funcionamento (MEA, 2005).

Os serviços ecossistêmicos de provisionamento dependem da fertilidade do solo, assim a formação do solo influencia o bem-estar humano em várias maneiras. As condições do ecossistema, em particular, a degradação dos solos, têm impacto direto sobre o rendimento das culturas bem como sobre a disponibilidade das fontes de alimentos (MEA, 2005).

De acordo com Rutgers et al. (2012), em cada lugar especificamente, há sempre uma série de serviços ecossistêmicos independentemente disponíveis, cada um deles respectivamente apresentando um nível de complexidade diferente e, portanto, voltado para um determinado grupo de usuários do solo. Conseqüentemente, há sempre usuários dos solos com diferentes interesses para cada local. Estes usuários do solo têm interesses divergentes da categoria dos administradores, já que os serviços de gestão do solo e dos ecossistemas são diferentes em escalas espaciais e temporais. A partir do reconhecimento dos serviços dos ecossistemas é possível visualizar os custos de gestão do solo e suas rentabilidades, incluindo os benefícios de uma forma transparente para todas as partes interessadas. Para Breure et al. (2012), a prática da gestão sustentável dos serviços dos ecossistemas torna-se mais fácil, após equilíbrio dos investimentos e interesses das partes interessadas em um lugar específico. Os serviços ecossistêmicos podem ser uma importante ferramenta na formulação de políticas para avaliar diferentes estratégias de gestão dos recursos naturais, visto que oferecem uma razão lógica e um incentivo quantificável para a proteção ambiental, à conservação da biodiversidade e para o desempenho social sustentável.

2.3 A importância de unidades de uso e ocupação do solo

A diversidade das paisagens possibilita a variedade de usos, contudo tal condição é impedida por fatores de ordem técnica, em que é claramente perceptível a exclusão de avanços tecnológicos no modo de produção e âmbito estrutural, mediante a apropriação dos territórios, fator que limita o desenvolvimento. É importante compreendermos a paisagem sob a perspectiva e potencial de uso. Dentre os vários componentes de unidades de uso e

ocupação do solo destacamos: a vegetação secundária, os campos, a rede hidrográfica, a agricultura itinerante e a pastagem (pecuária tradicional).

2.3.1 Vegetação Secundária

As vegetações secundárias representam áreas onde ocorreu intervenção antrópica para o uso da terra, seja com finalidade agrícola ou pecuária, descaracterizando a vegetação primária. Desta forma, essas áreas, quando abandonadas, reagem diferentemente de acordo com o tempo e a forma de uso da terra. O surgimento da vegetação secundária demonstra os parâmetros ecológicos do ambiente (IBGE, 2012).

Para Chazdon (2012), o processo de regeneração de florestas tropicais segue uma progressão de estágios por meio dos quais os estágios florestais gradualmente aumentam a riqueza de espécies e a complexidade estrutural e funcional. Estes estágios podem ser definidos com base em critérios como: a estrutura de idade, a população de árvores, composição de espécies e acúmulo de biomassa.

A cobertura vegetal sucessional ou secundária tem relevantes funções para os ecossistemas, como a fixação de carbono atmosférico, a manutenção da biodiversidade, o estabelecimento da conectividade entre remanescentes florestais, a manutenção do regime hidrológico e a recuperação da fertilidade do solo. Também denominada capoeira, pode ser definida como área de crescimento espontâneo de vegetação secundária proveniente do processo sucessional dos ecossistemas florestais naturais, e surge a partir do abandono da área utilizada após o desenvolvimento de atividades como a agricultura e pecuária, assumindo um papel central no agroecossistema da agricultura itinerante (ALMEIDA et al., 2010; TRINDADE; VALENTE; MOURÃO JÚNIOR, 2012).

Nas florestas abertas ou secundárias, quando a presença de babaçu se encontra em torno de 20% da área, utiliza-se a expressão *com babaçu* e se aparece em intensa concentração, em torno de 50%, usa-se o termo babaçual (MARANHÃO, 2002). As florestas abertas com palmeiras, nos Estados do Maranhão e do Piauí, são denominadas “florestas-de-babaçu”. O babaçu tem um grande potencial econômico, e também a possibilidade de sustento das próprias populações tradicionais, que adotam um manejo sustentável da terra (ARAÚJO JUNIOR; DMITRUK; MOURA, 2014).

2.3.2 Campos

Como explica Ross (2009), o Brasil é ocupado por uma grande extensão e variedade de formações vegetais abertas que recebem a denominação de campos. Estas formações apresentam expressivas diferenciações ambientais entre as várias formações de campos que existem no país. Tais diferenciações são caracterizadas pelo clima, pelo solo e relevo onde estas formações ocorrem.

Compreendem-se por áreas campestres os diferentes conjuntos de vegetação com características bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que o aspecto predominantemente é o arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso (IBGE, 2013). Os campos são biomas cuja fisionomia e composição florística apresentam pouca variação. Estes são formados essencialmente de gramínea, ciperáceas, subarbustos e arbustos.

Os campos secos são unidades não sujeitas à submersão e ficam apenas encharcadas. Possuem uma altitude um pouco superior à dos Campos Inundáveis (cerca de 0,5 a 1,0 m). Estes são tradicionalmente utilizados para a prática da pecuária extensiva (MARANHÃO, 2002).

A Baixada Maranhense apresenta grande ocupação de formações abertas rasteiras relacionadas com os gleissolos em áreas planas inundáveis com fisionomia campestre onde ocorrem espécies como piricarana, jutirana, tabua e capim-junco, com presença ou não de carnaubeiras e são aproveitados com pecuária extensiva de bovinos e bubalinos (MARANHÃO, 2002).

2.3.3 Rede Hidrográfica / Corpos d'água

Os recursos hídricos são foco da discussão ambiental atual. Esta preocupação se intensifica à medida que a população aumenta e, conseqüentemente, eleva-se o uso desse recurso finito (a água). O uso está sendo feito de forma descontrolada por vários setores da sociedade, como a indústria, a agricultura, o abastecimento, dentre outros. Além do uso irracional, há o problema da poluição, o que torna os recursos hídricos escassos não somente em quantidade, mas também em qualidade (SANTIN; GOELLNER, 2013). Os corpos d'água continentais referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc. (IBGE, 2013).

O Estado do Maranhão tem grande potencial hídrico formado por bacias hidrográficas e lacustres e por águas subterrâneas (MARANHÃO, 2002). É o mais amazônico dos Estados nordestinos, inclusive com parte de seu território pertencente à Amazônia Legal, o que indica esta abundância de recursos hídricos superficiais (MONTES, 1997).

2.3.4 Agricultura Itinerante

Há milhares de anos a agricultura de corte e queima realizada nas regiões tropicais do planeta apresenta um papel fundamental para a subsistência de populações pobres rurais. Pesquisas têm sido realizadas na tentativa de compreender a dinâmica desses sistemas, bem como os desdobramentos ambientais e socioeconômicos de sua prática (ALTIERI, 2004). Pedroso Junior, Murrieta e Adams (2008) consideram importante a busca da estabilidade dos sistemas de agricultura itinerante no intuito de atingir a capacidade de sustentar níveis de produtividade, atender as necessidades da população local e permitir um período adequado de pousio, possibilitando benefícios tanto ecológicos quanto sociais. A partir da diminuição da erosão do solo, da perda de fertilidade e da invasão de ervas adventícias, a população tem maior probabilidade de permanecer na mesma área.

As explorações agrícolas praticadas no estado do Maranhão têm destaque para a produção de mandioca, milho e arroz. Sobressaem-se, também, as atividades extrativistas do coco babaçu e a pesca. As cinzas deixadas após a queima, vistas como fonte de nutrientes de elevado valor que devem ser devolvidas ao solo, são rapidamente levadas ao perfil do solo pelas chuvas e seus nutrientes tornam-se disponíveis. Contudo, convém ressaltar, que a capacidade do uso do fogo para beneficiar o sistema depende diretamente do conhecimento dos impactos do uso do fogo a longo prazo sobre a estrutura e função dos agroecossistemas (ROCHA, 2011; GLIESSMAN, 2009).

Os agrossistemas podem ser manejados para atingir uma melhor produção, minimizando impactos negativos no aspecto ambiental e social, com maior sustentabilidade e menor aporte de insumos externos. Há vários graus de resistência e estabilidade dos agroecossistemas, contudo não são estritamente determinados por fatores ambientais ou bióticos. Fatores sociais como crises de mercado ou mudanças na posse da terra podem romper com os sistemas agrícolas tão decisivamente como secas, explosão de pestes ou declínio da fertilidade do solo. As estratégias agrícolas fornecem respostas a forças ambientais, bióticas e das culturas (ALTIERI, 1989).

2.3.5 Pastagem / Pecuária Tradicional

De acordo com a classificação dos estabelecimentos rurais segundo a utilização das terras em pastagens, existem os naturais, que são constituídos pelas áreas destinadas ao pastoreio do gado, sem terem sido formadas mediante plantio, ainda que tenham recebido algum trato, e as plantadas, que abrangem áreas destinadas ao pastoreio e formadas mediante plantio (IBGE, 2006). Pillar et al. (2009) destaca que a pastagem natural é um ecossistema tão importante quanto a Mata Atlântica ou a Floresta Amazônica, pois trata-se de um ecossistema natural pastoril e sua manutenção com pecuária representa uma boa opção de uso sustentável para fins de produção de alimentos. Principalmente em áreas cuja capacidade de uso do solo é restrita para implantação de sistemas agrícolas intensivos, como culturas anuais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013) as áreas campestres, quando destinadas ao pastoreio do gado, são consideradas pastagens naturais, ainda que tenham recebido algum manejo.

A intensificação de pressões de pastejo têm provocado redução da diversidade de plantas herbáceas e arbustos em áreas de pastagem. Conservar os habitat de pastagens é de fundamental importância, pois representa a proteção de diferentes organismos da fauna e da flora, conhecidos ou não, bem como os processos ecossistêmicos (ZHAO; LI; QI, 2006; BRASIL, 2007). Os campos da baixada maranhense são largamente utilizados para criação extensiva no período seco, contudo no período chuvoso o gado é transferido para regiões mais altas, os tesos, onde é feito o manejo semi-intensivo com pastagem plantada e vegetação nativa.

2.3.6 Os Serviços Ambientais nas Unidades de Uso e Cobertura Vegetal

As unidades de uso e cobertura vegetal reúnem benefícios para as populações humanas. É importante entender a importância destes serviços para as comunidades rurais e avaliar as formas de usos e seus impactos na depleção na oferta dos serviços. A manutenção do bem-estar nestas comunidades depende da disponibilização dos serviços ambientais. No quadro 3, reunimos alguns serviços identificados nas unidades de uso e ocupação caracterizadas:

Quadro 3 – Serviços ambientais em unidades de uso e ocupação do solo

Unidades de Uso e Cobertura Vegetal	Serviços Ambientais
Vegetação Secundária	Regulação Climática; da água; da erosão e de pragas e Biodiversidade
Campos	Regulação da água; da erosão e Valores estéticos
Rede Hidrográfica	Água doce; Alimentos (pesca); Valores estéticos; Recreação.
Agricultura Tradicional	Alimentos (cultivos)
Pecuária Tradicional	Alimentos (criações de animais)

Fonte: Adaptado do MEA (2005).

A partir da Classificação do MEA (2005), é possível observar as subcategorias dos serviços e sua descrição, identificar e analisar os principais serviços disponibilizados pelas unidades de paisagem manejadas ou não. É importante destacar que os efeitos dos sistemas de usos sobre os de serviços ambientais e sua intensidade dependem da relação homem e natureza. Para Sagie et al. (2013), a identificação e caracterização dos serviços ambientais representa um avanço cada vez mais comum na elaboração de política de gestão dos recursos naturais e utilização sustentável da terra.

2.4 Análise socioeconômica e percepção dos serviços ambientais

Para Graciano e Lehfeld (2010), o estudo socioeconômico representa uma possibilidade de conhecer uma realidade, visando sua compreensão e intervenção na perspectiva de atingir equidade e justiça social e assim assegurar a todos o acesso a bens e serviços relativos aos programas e políticas sociais. É relevante ressaltar que há uma dimensão relacional que o caracteriza, como uma base de acesso que permite o encaminhamento por uma trajetória que se estende desde a concepção das diretrizes político-institucionais até sua operacionalização pelos profissionais responsáveis que atuam nas instituições (GRACIANO, 2013).

O desenvolvimento econômico e social não está dissociado da preocupação ambiental, pois esta deve estar presente em todo processo, tornando os indicadores ambientais instrumentos de planejamento e gestão dos espaços urbanos e rurais. Sua importância está associada à sua utilização como um instrumento que a sociedade terá para avaliar seu progresso, sua evolução. O quadro de indicadores ambientais irá funcionar para propiciar um melhor aproveitamento dos recursos naturais e também para recomendação de medidas preventivas de degradação ambiental para evitar consequentes prejuízos econômicos no que se refere a sua restauração (MATTAR NETO; KRÜGER; DZIEDZIC, 2009).

As percepções sociais são informações relevantes para os processos de tomada de decisão, pois os contextos socioculturais podem ser integrados ao planejamento de desenvolvimento local, vinculando as decisões políticas às expectativas sociais (CUNI-SANCHEZ et al., 2016). A participação social é uma parte essencial da política de proteção do ambiente e da política ambiental. Portanto, pode ser de particular valor entender como os moradores ou cidadãos consideram e enquadram as questões ambientais nos debates políticos sobre questões de desenvolvimento e formulação de políticas ambientais (BI; ZHANG; ZHANG, 2010).

Diferentes grupos sociais podem ter interesses diversos em relação aos Serviços ambientais, com respeito à sua importância, e aos valores culturais e econômicos que se colocam sobre eles. Assim, a identificação dos beneficiários de serviços ambientais é um passo em frente na avaliação destes serviços (HEIN et al., 2006). Mensah et al. (2017) indica que a importância e o uso do serviço dos ecossistemas variam de acordo com os fatores socioambientais. Neste estudo, considera-se que idade, sexo e renda desempenharam importantes papéis nas percepções das partes interessadas. Compreender como os aspectos socioambientais influenciam a percepção e o uso dos serviços ambientais pelas partes interessadas é importante para os processos de tomada de decisão que visam às expectativas sociais.

De acordo com a maioria dos pesquisadores, a avaliação dos serviços ambientais exige uma abordagem integrativa que considere critérios de avaliação das dimensões ecológica e social (BURKHARD; PETROSILLO; COSTANZA, 2010). O uso da percepção da comunidade pode atuar como uma ferramenta de apoio à gestão do meio ambiente, e subsidiar um processo participativo para uma gestão compartilhada entre poder público e sociedade (RODRIGUES et al., 2012).

Para Paudyal et al. (2015), a percepção e opinião de especialistas e comunidades rurais são instrumentos adequados para a identificação dos serviços ambientais chave em paisagens florestais manejadas por comunidades. Estes autores em seus estudos identificaram fortes variações na valorização de cada serviço ambiental entre membros da comunidade rural e especialistas, entre os gêneros e entre diferentes classes de renda nas comunidades locais. Também demonstraram que as ferramentas participativas, combinadas com imagens de satélite são abordagens adequadas para envolver as comunidades locais em discussões sobre serviços ambientais.

A avaliação dos serviços dos ecossistemas é um primeiro passo para documentar as alterações em sua natureza e disponibilidade. Esta avaliação inclui a identificação das

pressões que atuam sobre estes serviços, bem como a identificação de populações humanas que são mais vulneráveis aos efeitos de tais mudanças. É necessário entender as interações do quadro socioeconômico e os impactos das mudanças nos serviços ambientais (BUSCH et al., 2012).

2.5 Estoque de carbono orgânico e nitrogênio do solo sob diferentes sistemas de usos

A maior parte do carbono da biosfera encontra-se dissolvido na água sob a forma de carbonatos em regiões profundas do oceano. Pode estar estocado em grandes quantidades nos sedimentos marinhos e em grandes quantidades de carbono orgânico dissolvido e particulado nas águas dos oceanos. O ciclo do carbono é amplamente influenciado por atividades antrópicas, principalmente pela queima da matéria orgânica e de florestas (PINTO-COELHO, 2000). É um ciclo complexo e três processos fazem o carbono circular pelos ecossistemas aquáticos e terrestres; (a) reações assimilativas e desassimilativas, principalmente na fotossíntese e na respiração, (b) troca de dióxido de carbono entre a atmosfera e os oceanos e (c) e sedimentação de carbonatos (RICKLEFS, 2010).

A mudança no uso e cobertura do solo é amplamente reconhecida como um importante fator de alteração dos ciclos globais de carbono (YUSHENG et al., 2009; CARVALHO et al., 2010b; MUÑOZ-ROJAS et al., 2011; CHUAI et al., 2013). Reunir informações sobre armazenamentos de carbono e as mudanças no âmbito do uso da terra é de particular interesse para estimar os ganhos e as perdas de solo de C do solo em uma escala regional (ZHANG et al., 2007).

Os solos são o terceiro maior sumidouro de carbono na Terra. Desta forma usos do solo adequados para a condição climática são esperados para sequestrar uma quantidade ideal do carbono da atmosfera (SINGH et al., 2011). O Sequestro de carbono do solo desempenha um papel fundamental na mitigação de CO² responsável pelo aumento do efeito estufa global (NAIZHENG et al., 2011).

Sun et al. (2013) indica que a qualidade e a quantidade de carbono orgânico do solo podem ser utilizadas como indicadores dos efeitos das perturbações no solo. O Carbono orgânico é um importante componente do solo agrícola, constitui parte importante de estoques globais de carbono (FANG et al., 2012).

Mesmo com a ocorrência de maior estoque de carbono orgânico nas florestas do que em áreas agrícolas nos países em desenvolvimento, onde a população humana é elevada, particularmente mais que nas regiões subtropicais, a demanda é elevada, fazendo com que as

terras agricultáveis não sejam poupadas em detrimento da manutenção da cobertura florestal (SINGH et al., 2011).

O N disponível do solo pode ser proveniente de várias fontes, incluindo fertilizantes, restos culturais e resíduos orgânicos, porém, de modo geral, parte considerável do N disponível para a planta provém da mineralização da matéria orgânica do solo. Acredita-se que 2 a 5% do reservatório de N orgânico total do solo mineralize por ano (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O N é absorvido pelas plantas sob a forma de nitrato ou amônio na biomassa, desempenha fundamental papel como componente de biomoléculas e retorna ao pool abiótico via excreção da ureia amônia, ácido úrico ou por ação bacteriana ou fúngica sobre cadáveres (PINTO-COELHO, 2000). O primeiro passo do ciclo do nitrogênio é a amonificação que resulta na produção de amônia NH_3 , após vem a nitrificação, que envolve a oxidação do nitrogênio, primeiro para nitrito e depois de nitrito para nitrato. Contudo, sob as condições anaeróbicas em solos e sedimentos, algumas bactérias podem usar o nitrato em vez do oxigênio como agente oxidante – denitrificação, neste processo o nitrato é reduzido a nitrito e ao nitrogênio molecular. A perda de nitrogênio que ocorre neste processo é compensada pela fixação de nitrogênio de alguns microrganismos (RICKLEFS, 2010).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo para produção agrícola provoca a emissão de N_2O à atmosfera. Nos registros de balanço de carbono que são elaborados no intuito de avaliar o impacto da agricultura e dos setores industriais na emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa), estima-se que 1% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante mineral é emitido na forma de $N-N_2O$ (IPCC, 2006).

Os conteúdos de Carbono orgânico do solo (SOC) e nitrogênio total (NT), considerando suas relações com características do local, são de extrema importância na avaliação regional, continental e global dos estoques atuais de C e N no solo, pois atuam como fatores potenciais para o sequestro de C e N para compensar as emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (WANG; WANG; OUYANG, 2012).

2.6 Atributos físico-químicos do solo: indicadores de qualidade e de possibilidades de uso

De acordo com Rezende et al. (2007), o solo é formado por processos originários de fatores bióticos e abióticos, que definem a sua constituição e seu desempenho em ambiente natural e em equilíbrio. É importante considerar que a interação e a intensidade destes fatores dão origem a solos com diferentes características, que permitem definir sua aptidão para o uso

agrícola, dentre outros usos.

É a combinação de processos biológicos, químico e físicos em determinada região climática e local específico que formam os solos (GLIESSMAN, 2009). A qualidade do solo é definida pela capacidade destes exercerem suas funções nos ecossistemas, sendo considerada uma boa ferramenta para o estudo e planejamento de usos sustentáveis da terra (PAPA et al., 2011).

Os indicadores mais frequentemente utilizados para avaliar a qualidade do solo têm sido os atributos que podem ser alterados, de forma lenta, pelo uso do solo, tais como textura, densidade, porosidade total, resistência à penetração, grau de floculação, nível de agregação, teor de matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (PLANTE; MCGILL 2002; ALVES; SUZUKI; SUZUKI, 2007). Dentre os atributos químicos citam-se o pH, teores de macro e micronutrientes, condutividade elétrica do solo (CE), capacidade de troca catiônica (CTC), os estoques de matéria orgânica do solo (MOS), toxidez por alumínio e metais pesados (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Como informa Gomes e Filizola (2006) nos estudos sobre os indicadores físicos do solo, a densidade e a porosidade são frequentemente avaliadas, pois esses atributos exercem influência sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. A porosidade também é um atributo importante e sofre modificações quando ocorre a degradação da estrutura do solo. Os indicadores químicos de qualidade de solo apresentam relevância nos estudos tanto agronômicos quanto ambientais.

A matéria orgânica é o componente que tem uma estreita ligação com a qualidade do solo e está correlacionada com a maioria dos atributos físicos e químicos do solo. O estoque de carbono de um solo é representado pelo balanço ativo entre o acréscimo de material vegetal e a perda pela decomposição ou mineralização (MACHADO, 2005).

Silva, Camargo e Ceretta (2010) argumentam que em sistema convencional de cultivo a perda de carbono e nitrogênio normalmente tem sido mais elevada que a taxa de adição, isso ocorre devido à oxidação do carbono e à mineralização do nitrogênio, intensificando a emissão de gases (GEE) e reduzindo a fertilidade do solo. Os atributos do solo isoladamente pouco contribuem para a avaliação da qualidade do solo. No entanto, a variação desses atributos, determinada pelo manejo e uso do solo, e a sua avaliação são importantes para o melhor manejo visando à sustentabilidade do sistema (CARNEIRO et al., 2009). O uso e manejo adequado do solo podem resultar em aumento nos estoques de C no solo, na vegetação, bem como atuar na redução da emissão de GEE para a atmosfera e, consequentemente, resultar na atenuação do aquecimento global (CARVALHO, 2010a).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A.; et al. Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 2, p. 289-301, 2010.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.4, p. 617-625, 2007.
- ARAÚJO JUNIOR, M. E. de.; DMITRUK, E. J.; MOURA, J. C. da C. A lei do babaçu livre: uma estratégia para a regulamentação e a proteção da atividade das quebradeiras de coco no estado do Maranhão. **Sequência**, n. 68, p. 129-157, 2014.
- BAJOCCO, S.; et al. The Impact of Land Use/Land Cover Changes on Land Degradation Dynamics: A Mediterranean Case Study. **Environmental Management**, n. 49, p. 980-989, 2012.
- BELLAMY, P. T. H.; et al. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. **Nature**, v. 437, p. 245-248, 2005.
- BI, J.; ZHANG, Y.; ZHANG, B.I.N.G. Public perception of environmental issues across socioeconomic characteristics: A survey study in Wujin, China. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, China, v. 4, n. 3, p. 361-372, 2010.
- BONIN, M.; ANTON, M.; Généalogie scientifique et mise em politique des services écosystémiques et services environnementaux. **Vertigo**, v. 12, n. 3, 2012.
- BOYD, J. ; BANZAFH, S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. **Ecological Indicators**, v.63, n. 2-3, p.616-626, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: atualização Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 jan. 2007.
- BRAUMAN, K. A.; et al.. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 6.1-6.32, 2007.
- BREURE, A. M.; et al.. Ecosystem services: a useful concept for soil policy making. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, 2012.

BURKHARD, B.; PETROSILLO, I.; COSTANZA, R. Ecosystem services – bridging ecology, economy and social sciences. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 257-265, 2010.

BUSCH, M.; et al. Potentials of quantitative and qualitative approaches to assessing ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 21, p. 89-103, 2012.

CARNEIRO, M. A. C.; et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 33, p.147-157, 2009.

CARVALHO, J. L. N.; et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010a.

_____; et al. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 110, p. 175–186, 2010b.

CERRI, C.C.; et al. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões e remoções de dióxido de carbono pelos solos por mudanças de uso da terra e calagem**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001.

CESAR, I. M.; et al. **Sistemas de produção de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005

CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

CHUAI, X.; et al. Land use structure optimization based on carbon storage in several regional terrestrial ecosystems across China. **Environmental Science & Policy**, v. 25, p. 50-61, 2013.

COSTANZA, R.; et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, Londres, v. 387, 253-260, 1997.

CRAM, S.; et al. Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal. **Investigaciones Geográficas**. 2008, n. 66, p. 81-104.

CUNI-SANCHEZ, A.; et al.. Ethnic and locational differences in ecosystem service values: insights from the communities in forest islands in the desert. **Ecosystem Services**, n 19, p. 42-50, 2016.

DAILY, G. C.; et al. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. **Issues in Ecology**, Washington, DC, v. 1, n. 2, p. 1-18, 1997.

_____; et al. Ecology - The value of nature and nature of value. **Science**, v. 289, n. 5479, p. 395-396, 2000.

DE FREITAS, M. W. D.; SANTOS, J. R; ALVES, D.S. Land-use and land-cover change processes in the Upper Uruguay Basin: linking environmental and socioeconomic variables. **Landscape Ecology**, n. 28, p. 311-327, 2013.

FANG, X.; et al.. Soil organic carbon distribution in relation to land use and its storage in a small watershed of the Loess Plateau, China. **Catena**, v. 88, p. 6-13, 2012.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, p. 643-653, 2009.

GARCÍA-OLIVEIRA, F.; MASERA, O. Assessment and measurement issues related to soil carbon sequestration in land-use change, and forestry (LULUCF) projects under the Kyoto protocol. **Climatic Change**, v.65, p. 347-364, 2004.

GEHRING, C. O ambiente do trópico úmido e o manejo sustentável dos agrossistemas. In: MOURA, E. G. de.; AGUIAR, A. das C. F. (Org.). **O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: princípios e tecnologias**. São Luís: UEMA, 2006.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2 ed. Porto Alegre: ED. Universidade/UFRS, 2009.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Embrapa: Jaguariuna, 2006.

GRACIANO, M. I. G.; LEHFELD, N. A. de S. Estudo Socioeconômico: Indicadores e Metodologia numa Abordagem Contemporânea. **Revista Serviço Social & Saúde**. UNICAMP Campinas, v. IX, n. 9, 2010.

GRACIANO, M. I. G. **Estudo socioeconômico: um instrumento técnico-operativo**, Editora: Veras, São Paulo: 2013.

HAYGARTH, P. M.; RITZ, K. The future of soils and land use in the UK: Soil systems for 194 the provision of land-based ecosystem services. **Land Use Policy**, v. 26, p. 187-197, 2009.

HEIN, L.; et al.. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. **Ecological Economic**, n. 57, p. 209–228, 2006.

HOUGHTON, R. A. Why are estimates of the terrestrial C balance so different? **Global Change Biology**, n. 9, p. 500-509, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

_____. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

_____. **Manual técnico do uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good practice guidance for land-use change and forestry**. [S.l.: s.n.], 2003.

_____. **Guidelines for National Green House Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme**. Japan: IGES. Chapter 5, Cropland, 2006.

- KOSOY, N.; et al.. Payments for environmental services in watersheds: insights from a comparative study of three cases in Central America. **Ecological Economics**, Boston, v. 61, n. 2-3, p. 446-455, Mar. 2006.
- KRONENBERG ,J. Environmental Impacts of the Use of Environmental Services: **Birdwatching Case Study** . environmental management, n. 54, p. 617-630, 2014.
- LAMARQUE, P.; et al. Stakeholder perceptions of grassland ecosystem services in relation to knowledge on soil fertility and biodiversity. **Regional Environmental Change**, v. 11, 2011.
- MACHADO, P. O. L. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.
- MARANHÃO. Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Laboratório de Geoprocessamento – UEMA. **Atlas do Maranhão**. 2. ed. São Luís: GEPLAN, 2002.
- MATTAR NETO, J.; KRÜGER, C. M.; DZIEDZIC, M. Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna Analysis of environmental indicators in Passaúna. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 2, 2009.
- MENSAHA, S.; et al. Ecosystem service importance and use vary with socio-environmental factors: A study from household-surveys in local communities of South Africa. **Ecosystem Services**, n. 23, p. 1-8, 2017.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis**. Washington DC: Island Press, 2005.
- MONTES, M. L. **Zoneamento geoambiental do Estado do Maranhão**: diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1997.
- MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.
- MUÑOZ-ROJAS, M.; et al. Changes in land cover and vegetation carbon stocks in Andalusia, Southern Spain (1956–2007). **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 2796-2806, 2011.
- MURADIAN, R.; et al.. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding. payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2010.
- NAIZHENG, X.; et al. Soil organic carbon storage changes in Yangtze Delta region, China. **Environ Earth Science**, v. 63, p.1021–1028, 2011.
- NEILL, C.; et al. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondônia. In: **Soil processes and the carbon cycle**, CRC Press, Boca Raton, p. 9-28, 1997.

PAETZOLD, A.; WARREN, P. H.; MALTBY, L. L. A framework for assessing ecological quality based on ecosystem services. **Ecol. Complex.**, v. 7, p. 273-281, 2010.

PAPA, R. de A.; et al. Qualidade de latossolos vermelhos e vermelho-amarelos sob vegetação nativa de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 564-571, 2011.

PAUDYAL, K.; et al. Participatory assessment and mapping of ecosystem services in a data-poor region: Case study of community-managed forests in central Nepal. **Ecosystem Services**, v. 13, p. 81-92, 2015.

PEDROSO JÚNIOR, N. N.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Humanas**, Belém, v. 3, n. 2, p. 153-174, 2008.

PILLAR, V, de P.; et al. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável**. Brasília: MMA, 2009.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos de Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 252p.

PLANTE, A. F.; MCGILL, W. G. Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 79-92, 2002.

POWLSON, D. S.; et al. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. **Food Policy**, v.36, 2011.

RANGANATHAN, J.; et al. **Ecosystem services: a guide for decision markers**. [S.l.]: WRI, 2008.

RESENDE, M.; ET AL. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5. ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2010.

ROCHA, A. E. **Impactos da agricultura itinerante sobre a vegetação e o solo na Amazônia Legal Maranhense**. 2011. 189 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

RODRIGUES, M.L.; et al. A Percepção Ambiental Como Instrumento de Apoio na Gestão e na Formulação de Políticas Públicas Ambientais. **Saúde e Sociedade**, v. 21, n. 3, p. 96-110, 2012.

ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. 6. ed. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2009.

RUTGERS, M.; et al. A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms. **Science of The Total Environment**, v. 415, n. 15, 2012.

SANTIN, J. R.; GOELLNER, E. A gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso. **Sequência**, Florianópolis, n. 67, p. 199-221, 2013.

SAGIE, H.; et al. Cross-cultural perceptions of ecosystem services: A social inquiry on both sides of the Israelie Jordanian border of the Southern Arava Valley Desert. **Journal of Arid Environments**, v. 97, p. 38-48, 2013.

SCHIMMEL, D.S. Terrestrial ecosystem and the carbon cycle. **Global Change Biology**, v. 1, 77-91, 1995.

SCHUMAN, G. E.; JANZEN, H.H; HERRICK, J.E. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. **Environmental Pollution**, v. 116, p. 391-396, 2002.

SILVA, A. C. da.; MOURA, E. G. de. Atributos e especificidades de solos de baixada no trópico úmido. In: MOURA, Emanuel Gomes de. (Org.) **Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e o semiárido**. São Luís: UEMA, 2002.

SILVA, L.S.; CAMARGO, A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**, Porto Alegre: Evangraf, 2010.

SINGH, S.K.; et al. Concentration and stock of carbon in the soils affected by land uses and climates in the western Himalaya, India. **Catena**, v. 87, p. 78-89, 2011.

SUN, S.; et al.. Similar quality and quantity of dissolved organic carbon under different land use systems in two Canadian and Chinese soils. **Journal of Soils and Sediments**, v. 13, p. 34- 42, 2013.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB). **Ecological and Economic Foundations**. England: UNEP/ Earthprint, 2010.

TRINDADE, E. F. da S.; VALENTE, M. A.; MOURÃO JÚNIOR, M. Propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de manejo da capoeira no nordeste paraense. **Agroecossistemas**, v. 4, n. 1, p. 50-67, 2012.

VIHERVAARA, P.; RONKA, M.; WALLS. M. Trends in ecosystem service research: early steps and current drivers. **Ambio**, n. 39, p. 314-324, 2010.

WAIRIU, M.; et al. Land degradation and sustainable land management practices in Pacific Island Countries. **Regional Environmental Change**, 2016.

WANG, S.; WANG, X.; OUYANG, Z. Effects of land use, climate, topography and soil roperties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, North China. **Journal of Environmental Sciences**, v.24, 2012.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008.

YUSHENG, Y.; et al. The impact of land use/cover change on storage and quality of soil organic carbon in midsubtropical mountainous area of southern China. **Journal of Geographical Sciences**, v.19, p. 49-57, 2009.

ZHANG, H. B.; et al.. Soil organic carbon storage and changes with reduction in agricultural activities in Hong Kong. **Geoderma**, v. 139, p. 412–419, 2007.

ZHAO, W. Y.; LI, J. L.; QI, J. G. Changes in vegetation diversity and structure in response to heavy grazing pressure in the Northern Tianshan Mountains, China. **Journal of Arid Environments**, Intergovernmental Panel On Climate Change, v. 68, 2006.

CAPITULO 2

Percepção dos serviços ambientais e análise socioeconômica e ambiental em assentamento rural, no município de Monção, Amazônia Oriental, Brasil

Artigo escrito de acordo com as normas da revista Ecology and Society

Percepção dos serviços ambientais e análise socioeconômica e ambiental em assentamento rural, no município de Monção, Amazônia Oriental – Brasil

RESUMO

A compreensão dos serviços ambientais por agricultores é essencial para construir um novo direcionamento na gestão dos ecossistemas naturais. Diante do pressuposto que os agricultores valorizam os serviços ambientais, o registro da percepção destes sobre os serviços auxilia a adoção de práticas, manejos e políticas voltados para o uso sustentável das terras. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar a percepção dos agricultores sobre os serviços ambientais, aspectos socioeconômicos e mudanças do uso e ocupação do solo no Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutai, no município de Monção, Amazônia Oriental - Brasil, área integrante da Política Nacional de Reforma Agrária. A abordagem metodológica integrada constituiu-se da aplicação de questionários aos agricultores para análise socioeconômica e percepção dos serviços ecossistêmicos e do geoprocessamento para avaliar as mudanças no uso e ocupação do solo. Os agricultores são adultos e idosos experientes, que em sua maior parte tiveram acesso ao ensino fundamental, participativos nas organizações sociais, reconhecem a pesca como mais importante serviço ecossistêmico e também o mais ameaçado. Consideram que seu bem-estar está diretamente vinculado à segurança e à solidariedade, isso indica unidade da comunidade rural. A redução dos corpos hídricos, da pesca e da produção de alimentos comprometem a subsistência adequada e o acesso a bens além de outros componentes do bem-estar. São necessárias políticas e práticas de conservação dos recursos hídricos e de inserção de um modelo de produção sustentável.

Palavras-chave: Agricultores; Agroecossistemas; Serviços ambientais; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas e seus componentes fornecem uma série de benefícios para o bem-estar humano. Contudo com o aumento do crescimento socioeconômico, os países em desenvolvimento produziram intensas mudanças no uso da terra. A oferta de produtos agrícolas e serviços do ecossistema são fundamentais para a existência humana e a qualidade de vida. Atividades que englobam a extração e o processamento de recursos ecológicos levaram à destruição do capital natural em todo o mundo devido ao excesso de exploração e a falta de gestão adequada. As atuais práticas agrícolas que proporcionam aumento na oferta global de alimentos apresentam impactos negativos sobre o ambiente e sobre os serviços dos ecossistemas, implicando, portanto, na necessidade de métodos agrícolas mais sustentáveis (Costanza et al. 1997, Tilman et al. 2002, MEA 2005, Dong et al. 2012, Wang et al. 2012). É importante considerar que existem diferenças significativas na intensidade da gestão dos ecossistemas naturais e agroecossistemas que resultam em consequências para os seus componentes físicos e biológicos. Estes fornecem uma gama de bens e serviços para as várias partes interessadas em diversas escalas de espaço e tempo (De Groot et al. 2002).

Segundo Rapidel et al. (2015), os agroecossistemas representam 38% do uso de terras no mundo, estão situados próximo aos agrupamentos humanos e são gerenciados para produzir alimentos e fibras, para comercialização e consumo. Os agroecossistemas também são responsáveis por fornecer outros bens e serviços essenciais para os seres humanos, tais como a regulação do clima, redução de inundações e harmonia da paisagem. A sustentabilidade dos agroecossistemas é considerada como uma condição essencial para a rentabilidade a longo prazo da agricultura (Kumar et al. 2006).

Para Vihervara et al. (2010), o conceito de serviços ecossistêmicos fornece um enquadramento útil para investigar valores e percepções sobre os benefícios de capital natural dentro de paisagens agrícolas, com seu uso intensificado por cientistas e atores políticos. A maioria dos estudos nesta área se concentra em fatores que regulam as funções do ecossistema, ou seja, o potencial para oferecer serviços ecossistêmicos, assim como, no fornecimento de serviços ambientais. Por outro lado, as necessidades dos beneficiários ou a compreensão do conceito e a posição relativa dos diferentes serviços dos ecossistemas por parte dos beneficiários, tem recebido atenção limitada (Lamarque et al. 2011).

A maior dificuldade em mensurar e monitorar a sustentabilidade da agricultura advém de seu conceito dinâmico e da essencialidade de sua função, que necessita de um alto nível de observação e habilidades que possam se adaptar às mudanças e a estas ser compatível. Também necessita de uma abordagem científica consolidada, combinada com conhecimento específico e a intensa participação dos agricultores (Hayati et al. 2010, Pham e Smith 2014).

O registro de informações sobre percepções de serviços ecossistêmicos dos agricultores fornece uma visão sobre as práticas e gestões adequadas a serem adotadas por estes (Fontana et al. 2013, Smith e Sullivan 2014). A importância da caracterização socioeconômica da área reside na identificação do perfil dos agricultores, da forma de gerir os agroecossistemas e está diretamente relacionada à capacidade de perceber o fornecimento dos serviços ambientais.

De acordo com Freitas et al. (2013), o uso da terra e as mudanças de cobertura da terra atingem diretamente os processos ecológicos e socioeconômicos e motivam a integração dos dados ambientais e socioeconômicos para ajudar a entender essa mudança. Cada ambiente tem certo nível de potencial de produção definido pelos genótipos e condições ambientais. Para entender os sinais de estagnação ou de redução de rendimentos, componentes biofísicos específicos e socioeconômicos precisam ser quantificados a fim de identificar os fatores responsáveis (Singh et al. 2008).

A caracterização socioeconômica e a produção cartográfica são importantes no entendimento da dinâmica de evolução da paisagem. Desta forma, as metodologias e técnicas para determinar uso e ocupação da terra são ferramentas essenciais na tomada de decisões políticas, devido à relevância do mapeamento, que visam o planejamento territorial para proteção de áreas que demonstram processos conflitantes expressos pela intervenção antrópica (Dias e Oliveira 2015). Assim, planejadores e pesquisadores devem priorizar o desenvolvimento de centros de difusão de conhecimentos regionais para oferecer um efetivo serviço de consultoria agrícola destinada à comunidade rural, relacionando aspectos do meio biofísico e aspectos socioeconômicos com as ferramentas de decisão, tais como modelos de informação. Para este efeito, estudos de caso em regiões agroecológicas representativas precisam ser empreendidos para desenvolver a metodologia para fins de divulgação de conhecimento (Singh et al. 2008).

A análise da percepção dos serviços ambientais viabiliza a adoção de práticas e gestão sustentáveis de produção agrícola. Avaliações dos serviços ambientais (SA) são importantes para indicar perdas potenciais destes serviços causados pelas mudanças dos usos do solo. Os aspectos socioeconômicos têm implicações sobre a capacidade de gerir e reconhecer os serviços ecossistêmicos. Esta investigação proporciona a compreensão destes serviços em um assentamento rural integrante do Programa Nacional de Reforma Agrária. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a percepção dos agricultores sobre os serviços ambientais, os aspectos socioeconômicos e as mudanças no uso e ocupação do solo no Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutaí no município de Monção, Maranhão, Brasil.

MÉTODOS

Área de estudo

O Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutaí, área integrante do Programa Nacional de Reforma Agrária está situado na porção oriental do município de Monção, microrregião da Baixada Maranhense mesorregião do Norte Maranhense, Amazônia Oriental. O município possui uma área de 1.353,31 km² e 31.738 habitantes e Índice de Desenvolvimento Humano de 0,546 (IBGE 2010, PNUD 2010). Existem em Monção 12 assentamentos, dentre estes o Projeto de Assentamento (PA) Diamante Negro Jutaí, criado pela portaria N° 255 de 17 de março de 1994, possui 9.338,65 ha e abriga 266 famílias distribuídas nas comunidades de Vila Diamante, Serdote, Nova Morada, Morada Nova, São Raimundo, Água Branca, Centro dos Cordeiros e Ananazal (Ver Fig. 1).

O PA Diamante Negro-Jutaí possui formações geológicas Itapecuru, Aluviões Holocênicos, Coluviões Holocênicos e Alúvio-Coluvionais Pleistocênicos (Ferreira 1999, Maranhão 2002, Silva et al. 2010).

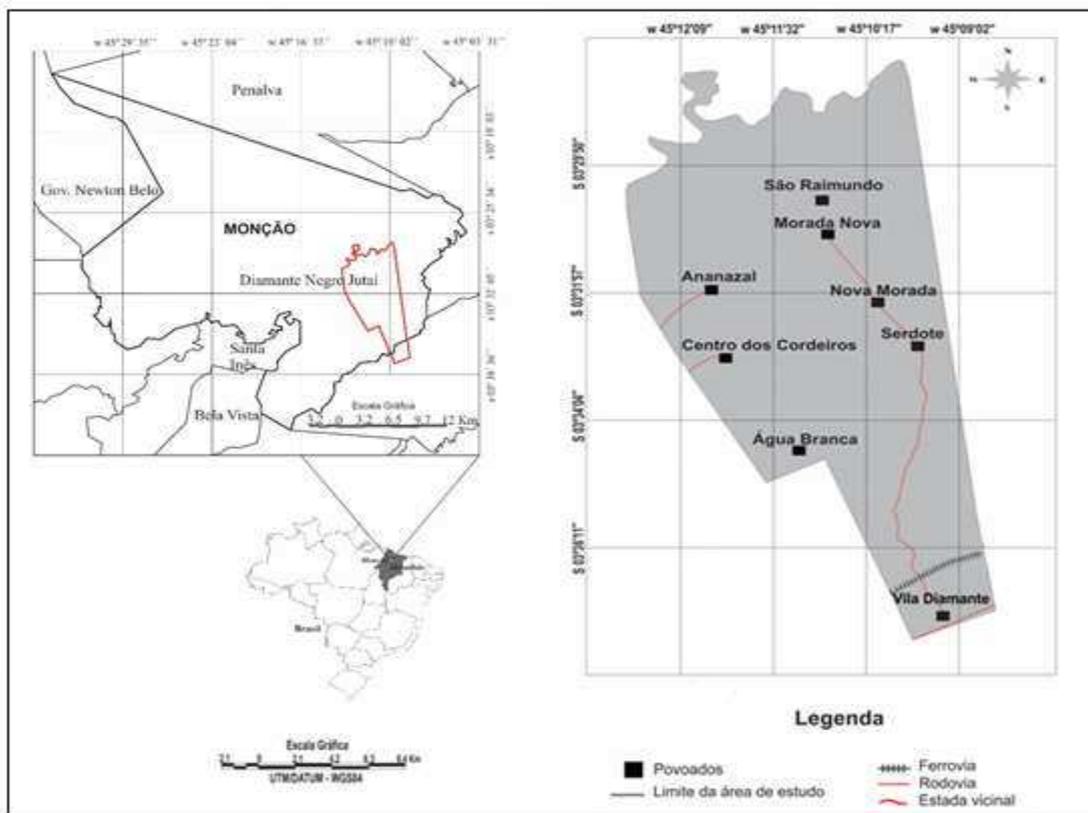


Fig. 1. Localização do Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutáí, Monção–MA, Brasil.
Fonte: DSG/IBGE.

Os solos da área são da classe Plintossolos (Plintossolos Pétricos (FF) e Plintossolo Argilúvico (FT) e Gleissolos (Tiomórficos) (Maranhão 2002, INCRA 2006). O relevo da região compreende a planície flúvio-marinha, áreas planas e inundáveis periodicamente. O assentamento encontra-se numa formação geológica do Estado denominada Superfície Maranhense com testemunhos, em termos geomorfológicos a área é definida como uma superfície pediplana (Maranhão 2002).

O assentamento está localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré (sub-bacia Hidrográfica do Rio Mearim) e é cortado por diversos igarapés como o Ipiranga, Pau Ginribal, Berto e Volta do Outeiro. Existem também lagos intermitentes como o Casa de Pau, Josina, Giquiri, Sembal, Belém e Lago da Baixa, os quais no período das cheias se interligam com os rios e lagos da Baixada Maranhense e lagos temporários como Louro, Grande e Mato. As áreas planas e baixas em torno dos lagos estão sujeitas a inundações no período das chuvas (INCRA 2006).

A cobertura vegetal predominante da área é a mata de babaçuais associadas à vegetação secundária ou capoeira (INCRA 2006). Ao longo do assentamento, observam-se diferentes

densidades da vegetação sucessional, ocorrendo capoeiras finas onde houve desmatamento mais intenso e florestas secundárias.

Na classificação climática de Thorntwait, o PA Diamante Negro apresenta clima B1 WA' a', que é um clima úmido do tipo B1, com deficiência moderada de água megatérmico (A'), ou seja, temperatura média mensal sempre superior a 18 °C sendo que a evapotranspiração potencial nos três meses mais quentes do ano é inferior a 48% em relação à evapotranspiração potencial anual (a'). Esta área apresenta umidade relativa do ar anual entre 76% a 79% e totais pluviométricos entre 1600 a 2000 mm anuais (Maranhão 2002).

Classificação dos Serviços Ambientais

Segundo a literatura e o quadro da Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA 2005) foram selecionados dez Serviços Ecosistêmicos (SE) identificados no local, a partir de observação direta e discussão sobre os seus fornecimentos com os agricultores. A classificação e os serviços investigados nesta pesquisa encontram-se na Tabela 1.

A análise do vínculo entre os serviços ambientais com bem-estar humano ocorreu a partir de escolha de alguns dos componentes previamente estabelecidos pelo MEA (2005) tais como: subsistência adequada, alimentos saudáveis suficientes, abrigo, acesso a bens, sentir-se saudável, sentir-se bem, coesão social, respeito mútuo, solidariedade e segurança pessoal. Os SE apresentam diferentes intensidades de ligações com os componentes do bem-estar humano, bem como diferentes potenciais de mediação por fatores socioeconômicos.

Tabela 1. Classificação dos Serviços Ecosistêmicos da área de estudo com base na Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA 2005).

Classificação	Serviços Ecosistêmicos
Serviço de provisão	Fornecer alimentos Pesca
Serviço de regulação	Produzir água doce Proporcionar sombra Controle natural de pragas
Serviço de suporte	Conservação dos rios e lagos Prevenir a erosão do solo Biodiversidade
Serviço cultural	Beleza da Paisagem Recreação

Fonte: Adaptado do MEA (2005).

Categorização e mapeamento de usos e ocupação do solo

No presente estudo, foi realizada uma análise multitemporal de imagens de satélite TM-LANDSAT5 e TM-LANDSAT8 referentes à órbita e ponto 221/62. As imagens, datadas de outubro/1995 e setembro/2006, ambas TM-LANDSAT 5 em composição colorida RGB (bandas 3, 4 e 5), e setembro/2015 (TM-LANDSAT 8), RGB (bandas 5, 5 e 7), foram adquiridas no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis para download no formato Geo Tiff, sendo as épocas escolhidas aquelas com menor recobrimento de nuvens. Todas as imagens correspondem ao segundo semestre de cada ano citado anteriormente.

Para a leitura e interpretação da dinâmica espacial do assentamento seis diferentes usos e ocupação dos solos foram classificados e mensurados, permitindo uma leitura e interpretação da dinâmica espacial: agropecuária, vegetação secundária, corpos d'água, campos, campos inundáveis e aglomerado rural.

O georreferenciamento das imagens e processamento digital dos dados foi feito pelo Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas-SPRING, versão 4.3.3 desenvolvido pelo INPE. As imagens foram georreferenciadas para o sistema de coordenadas geográficas no Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Por meio do software Spring 4.3.3 foram aplicados os seguintes procedimentos nas imagens: manipulação de contraste (realce), composição colorida e classificação supervisionada. O produto final dos mapas foi executado no software Corel Draw X6.

Avaliação socioeconômica e percepção dos serviços ambientais

A avaliação socioeconômica e da percepção dos serviços ambientais da área foram realizadas por meio do uso de questionário estruturado aplicado aos agricultores do assentamento. O questionário com 46 questões foi dividido em três partes: (I) perfil sócio-demográfico dos agricultores, (II) quadro econômico geral: trabalho e renda dos agricultores e (III) percepção dos serviços ambientais pelos agricultores (Apêndice A). A primeira parte do questionário reuniu informações gerais sobre os agricultores como gênero, idade, sexo, etnia, escolaridade, família, origem, trabalho e organização social. Na segunda parte, o foco foi o tipo de produção e de produtos, experiência do produtor, investimentos, adoção de práticas

agroecológicas, renda e componentes da renda. Na terceira parte da entrevista registrou-se a percepção dos agricultores acerca dos serviços ambientais.

Foram entrevistados 130 agricultores, de acordo com a metodologia proposta por Miot (2011) para cálculo de tamanho de amostra para populações finitas. Foi considerado o nível de confiança de 95%. A amostra foi escolhida aleatoriamente, considerando o percentual de participação equivalente ao número de famílias de cada comunidade do assentamento: Vila Diamante (46), Serdote (10), Centro dos Cordeiros (15), Ananazal (07), Água Branca (17), Nova Morada (08), Morada Nova e Baixa do Arroz (18) e São Raimundo (09). Os dados foram coletados entre os meses de outubro e dezembro de 2015.

Os serviços ambientais foram avaliados pela escala Likert (1932) de 0 a 10, considerando atributos como: a importância dos serviços, as ameaças que sofrem os serviços e o vínculo dos serviços ambientais com o bem-estar humano. De acordo com os resultados encontrados e com base na mediana, adotou-se a seguinte classificação para cada um dos atributos: baixa (0 a 3), média (4 a 7) e alta (8 a 10). Conversas informais, explicações sobre serviços ambientais e discussões foram muito úteis durante esta fase da pesquisa. Foram utilizados gráficos box plot para demonstrar a variabilidade nas respostas para cada serviço ambiental no âmbito de cada um dos três atributos. Foram destacados os maiores e menores valores. Os dados da pesquisa foram analisados utilizando o software Statística 8.0.

RESULTADOS

Modificações nas unidades de uso e ocupação do solo do PA Diamante Negro de 1995, 2006 e 2015

Dentre as áreas ocupadas pelas seis principais unidades de uso e ocupação do P.A Diamante Negro, a de maior abrangência é a vegetação secundária ocupando quase metade da área. Essa unidade de ocupação do solo tem sido reduzida devido ao avanço da agropecuária tradicional. Em 2015 a expansão da agropecuária itinerante atingiu mais do dobro da área que foi registrada em 1995.

O avanço da agropecuária também foi responsável por consumir áreas ocupadas pelos campos, pois a conversão destas áreas para o cultivo provocou sua redução. Em 2015, os

campos decresceram cerca de 24% da área registrada no ano de 1995.

Os corpos d'água apresentaram maior redução em relação às outras unidades de uso e ocupação do solo no período analisado. Essas unidades tornaram-se seis vezes menores, o que indica redução considerável do volume de água. À medida que os lagos reduzem, as áreas localizadas ao entorno destes tendem a aumentar, e isto pode ser visualizado pelo aumento das áreas de campos inundáveis cujas áreas expandiram em 60 % (Tabela 2, Figura 2).

Tabela 2. Unidades de uso e ocupação do solo no P.A Diamante Negro Jutá em 1995, 2006, 2015.

Unidades de Uso e Ocupação do solo	Ano 1995		Ano 2006		Ano 2015	
	ha	%	ha	%	ha	%
Vegetação Secundária	4.570,41	50,21	4.514,74	49,60	4.370,61	48,02
Agropecuária	271,95	2,99	472,04	5,19	595,3	6,54
Corpos d'Água	589,13	6,47	209,44	2,30	90,33	1
Aglomerado Rural	4,16	0,05	8,77	0,10	15,16	0,17
Campos	2.176,76	23,92	2.022,50	22,22	1.645,41	18,08
Campos Inundáveis	1.489,11	16,36	1.874,02	20,9	2.384,71	26,20
Total	9.101,52	100,00	9.101,52	100,00	9.101,52	100,00

Fonte: INPE 1995, 2006, 2015.

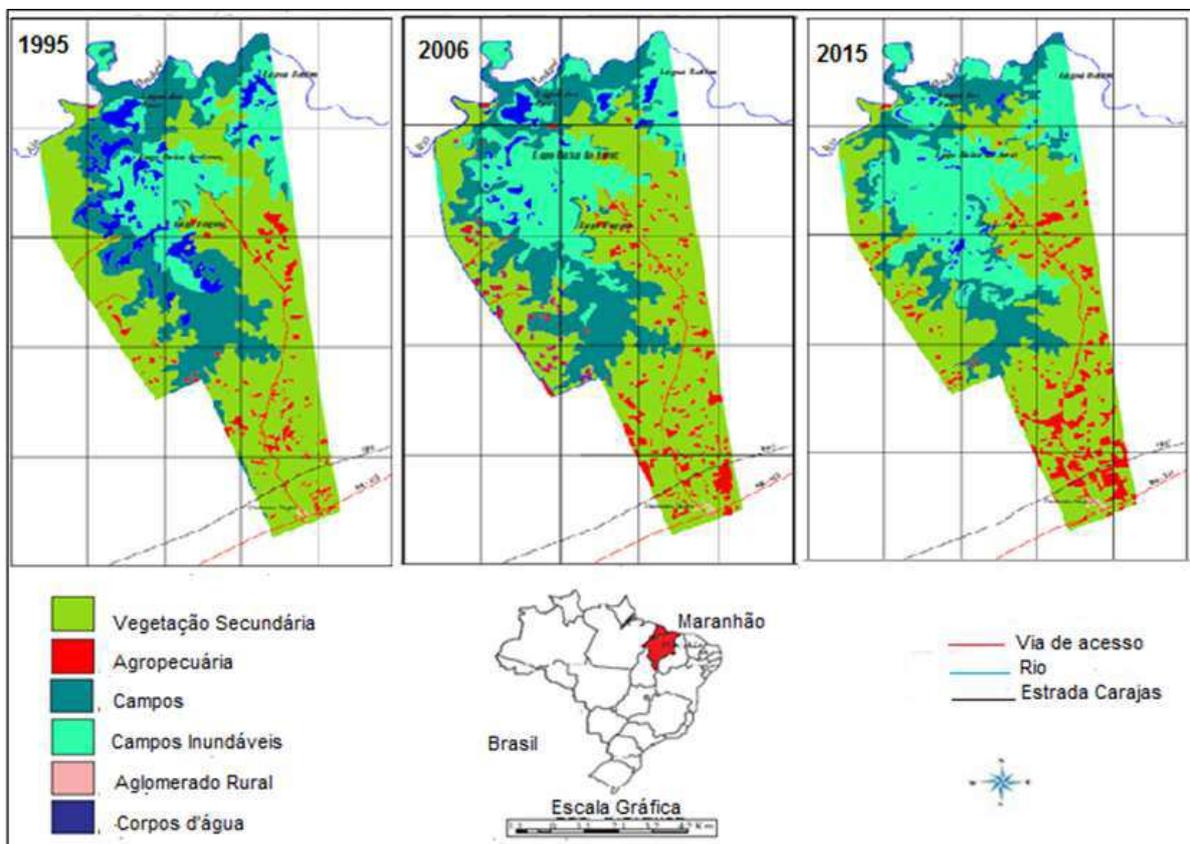


Fig. 2. Carta de uso e ocupação do solo no P.A Diamante Negro Jutá em 1995, 2006, 2015

Fonte: INPE (1995, 2006, 2015).

Caracterização social dos agricultores do PA Diamante Negro Jutai

As características sociodemográficas dos agricultores encontram-se na Tabela 3. A quantidade de homens entrevistados foi três vezes superior ao número de mulheres. São predominantes idades entre 31 a 60 anos. Existem muitos analfabetos na área, mas há uma quantidade significativa de agricultores que ingressaram no ensino fundamental. Outro destaque relativo à qualificação educacional são três entrevistados graduados que mantêm seus trabalhos na lavoura. Os agricultores são originários principalmente dos municípios de Igarapé do Meio, Monção e Vitória do Mearim, vivem no local e trabalham na lavoura há mais de três décadas.

As famílias dos agricultores são numerosas, com média de 5,1 filhos/família, o que compromete a qualidade de vida dessas famílias. A maior parte dos entrevistados são agricultores que participam principalmente de alguma organização social com destaque para a Associação de Produtores Rurais e Sindicato de Trabalhadores Rurais.

Tabela 3. Características sociodemográfica dos agricultores do PA Diamante Negro Jutai. (Continua)

Variável	Quantidade	Porcentagem
Gênero		
Masculino	97	74,62
Feminino	33	25,38
Idade		
< 30	9	6,92
31 a 45	45	34,62
46 a 60	48	36,92
> 60	28	21,54
Nível de Escolaridade		
Analfabeto	31	23,85
Alfabetização Incompleta	15	11,54
Ensino Fundamental Incompleto	38	29,23
Ensino Fundamental Completo	26	20,00
Ensino Médio	17	13,08
Ensino Superior	3	2,31
Local de Origem		
Igarapé do Meio	48	36,92
Monção	25	19,23
Vitória	16	12,31
Viana	5	3,85
Bacabal	5	3,85
Anajatuba	3	2,31
Arari	3	2,31
Outros	25	19,23

Variável	Quantidade	(conclusão)
		Porcentagem
Família		
Tamanho da Família†	4,58	
Estrutura familiar		
Núcleo Familiar	88	67,69
Extensão Familiar	42	32,31
Número de filhos por família	5,1	
Fonte de Renda		
Agricultura	110	75,34
Pesca	7	4,79
Criação	0	0
Quebra de coco babaçu	17	11,64
Aposentado	5	3,42
Outros	7	4,79
Participação em Organização Social		
Sindicato de Trabalhadores Rurais	84	40,58
Cooperativa de Produtores Rurais	13	6,28
Colônia de Pescadores	14	6,76
Associação de Produtores Rurais	96	46,38

Fonte: Elaborado pela autora (2015).

†A variável Família apresenta os itens: Tamanho da Família - indica o número de indivíduos por família, Núcleo Familiar: formada por pais e filhos e Extensão familiar: pais, filhos, netos, genros, noras, cunhados e outros parentes.

Caracterização da produção rural e renda dos agricultores do PA Diamante Negro Jutai

A identidade rural do assentamento foi construída por práticas tradicionais como o sistema de corte queima e agricultura de vazante, criação extensiva de gado, criações de pequeno porte nos quintais, pesca e o extrativismo de babaçu.

As famílias dos agricultores detêm uma área de cerca de quinze hectares, com uma média de investimento na produção de um pouco mais de R\$ 400,00 / ano. Destaca-se a associação dos sistemas corte e queima e vazante na produção agrícola voltada principalmente para a subsistência. São cultivados de modo mais frequente arroz, milho mandioca, feijão, maxixe, quiabo, abóbora, pepino e melancia. A maior parte das famílias tem renda de aproximadamente um salário 1,1 – 1,5 salário, sendo a aposentadoria e a atividade agrícola os principais componentes da renda, os contratos de serviços e os recursos provenientes dos programas sociais também são considerados importantes na composição da renda das famílias (Tabela 4).

Tabela 4. Características da produção rural e renda dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí.

Variável	Quantidade	Porcentagem
Área (há)	16,27	
Custeio (R\$)/ano	435,83	
Tipo de agricultura		
Corte e queima	61	46,92
Corte e queima e vazante	63	48,46
Renda		
< 0,5	14	10,77
0,51 a 1	29	23,08
1,1 a 1,5	56	42,30
1,51 a 2	11	8,46
2,1 a 2,5	17	13,07
2,51 a 3	3	2,31
Composição da Renda		
Aposentadoria		65,90
Cultivo de corte e queima e vazante		39,09
Contrato de trabalho†		30,54
Programa social		24,48
Criação extensiva de gado		9,58
Extração de babaçu		3,36
Pesca		3,05

Fonte: Elaborado pela autora (2015).

† Salário Mínimo-2015: R\$ 788,00

† Os contratos de trabalho registrados na área são formais quando são estabelecidos junto a pessoa jurídica dentro dos parâmetros legais de estabelecimento de um contrato de trabalho e contratos informais: firmados junto a pessoa física sem registros ou documentação.

Importância dos serviços ambientais na percepção dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí

Os serviços ambientais avaliados pelos agricultores foram classificados como de importância média a alta (mediana 7-9,5) (Fig. 3). As respostas mostraram uniformidade e o atributo importância recebeu avaliação máxima para todos os dez serviços avaliados. Observou-se que 70% dos S.A avaliados foram classificados como de alta importância (mediana igual a 8). O controle natural de pragas apresentou respostas mais concentradas em relação aos outros serviços avaliados. A pesca obteve a maior classificação de importância, com mediana de 9,5.

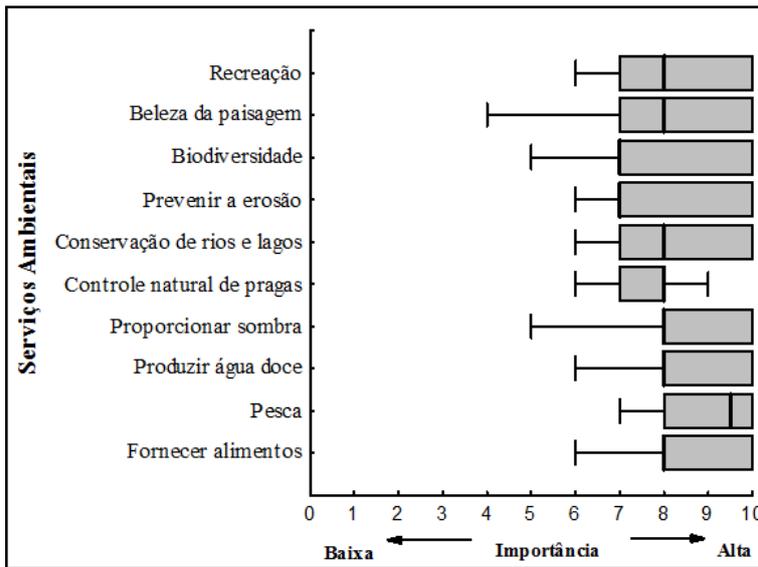


Fig. 3. Percepção dos agricultores sobre a importância dos Serviços Ambientais
Fonte: Elaborado pela autora (2015).

Ameaça aos serviços ecossistêmicos na percepção dos agricultores do PA Diamante Negro Jutá

Os agricultores perceberam que os serviços ambientais se encontram ameaçados por suas atividades. Pela classificação adotada, os serviços ambientais na área do assentamento encontram-se ameaçados em níveis de médio a alto (mediana 6-10). 90% dos serviços avaliados tem um nível alto de ameaça registrando medianas 8 e 10. De todos os serviços analisados, o serviço de proporcionar sombra foi considerado o menos ameaçado (mediana 6), com os demais sendo considerados muito ameaçados, com destaque para a pesca que obteve mediana 10. (Fig. 4).

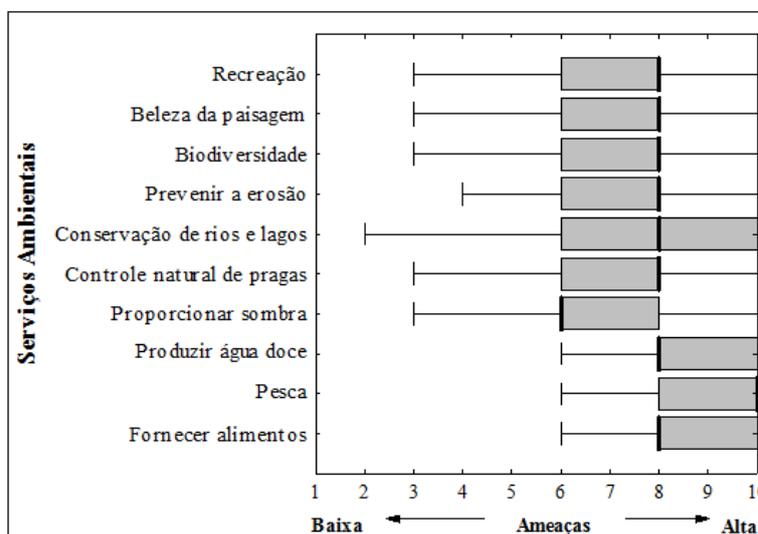


Fig. 4. Percepção dos agricultores sobre ameaças aos Serviços Ambientais.
Fonte: Elaborado pela autora (2015).

Relação direta entre os serviços ambientais e o bem-estar humano na percepção dos agricultores do PA Diamante Negro Jutáí

Há implicações diretas entre os serviços ambientais fornecidos na área de estudo e o bem-estar da população local. Na avaliação dos constituintes do bem-estar humano no assentamento, a segurança atingiu a mais elevada mediana (10), a solidariedade, o respeito mútuo e as condições de sentir-se bem e de abrigo tiveram alta mediana (8). Subsistência adequada, alimentação saudável e suficiente, o acesso a bens e a coesão social, atingiram médios valores (mediana 6), confirmando assim a vulnerabilidade à perda dos serviços ambientais de provisão da área. O acesso a bens e a subsistência adequada apresentaram mediana 6 (Fig. 5).

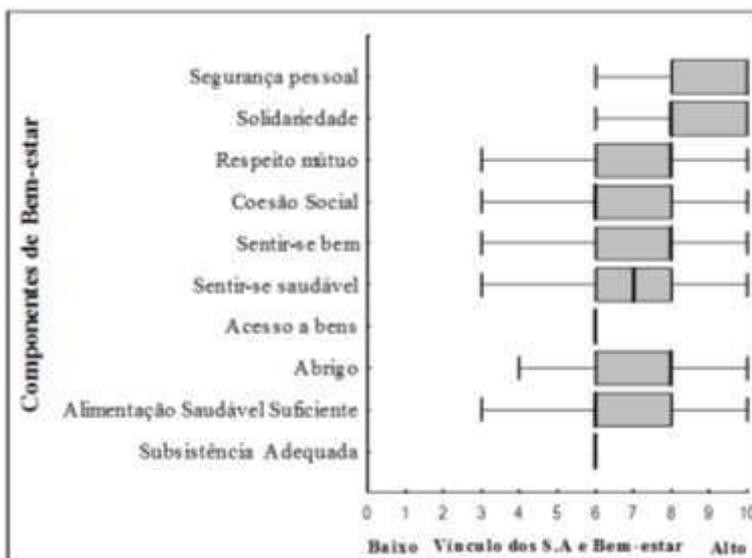


Fig. 5. Percepção dos agricultores sobre o vínculo entre serviços ambientais e bem-estar humano. Fonte: Elaborado pela autora (2015).

DISCUSSÃO

As modificações no uso e ocupação do solo evidenciadas neste estudo destacaram a redução dos corpos d'água e consequente diminuição dos serviços ambientais de provisão da área. A dinâmica espacial e temporal observada na área de estudo mostra a expansão da agropecuária frente à degradação da cobertura vegetal e reforça a necessidade de adoção de práticas sustentáveis de uso dos solos. Mudanças semelhantes foram observadas por Seabra e Cruz (2013) em estudo sobre a evolução da cobertura e uso do solo na bacia hidrográfica do Rio São João no Estado do Rio de Janeiro entre os anos de 1975 e 2010, no qual observaram

decréscimo nas coberturas naturais até 1995, associado ao aumento da área de pastagem, de agricultura e a redução de corpos hídricos. O mapeamento e a classificação dos usos em diferentes períodos no assentamento são imprescindíveis para compreensão e planejamento destes usos, permitem a leitura da realidade ambiental, entender o problema e buscar soluções para conservar os recursos e garantir a sustentabilidade local.

O crescimento populacional no assentamento foi acompanhado pelo aumento das áreas destinadas à agropecuária tradicional e conseqüentemente por seus impactos. Convém reformular o modelo tradicional de produção, considerar a capacidade de suporte da área e adotar práticas de produção ecologicamente viável. Nunes e Roig (2015), ao comparar as áreas de cada classe na denominada Bacia do Alto do Descoberto - GO, entre os anos 1994 e 2011, constataram aumento significativo das áreas agrícolas (aproximadamente 11%). No referido estudo, esse aumento em relação à área da bacia equivale a um aumento de quase o dobro da área destinada à agricultura. Outros pontos relevantes no estudo foram diminuição das áreas ocupadas por reflorestamento (aproximadamente 2%) e aumento das áreas urbanas. A intensidade de conversão das terras em áreas de produção, desconsiderando a importância de manutenção de áreas de preservação ou de reflorestamento, tem se tornado comum.

A experiência no contexto de paisagem local é evidentemente associada à consciência e percepções das pessoas sobre serviços ambientais (Zhang et al. 2016). A conscientização em relação aos serviços ambientais existentes na área do assentamento estudado resultou provavelmente de características sociodemográficas como a experiência dos agricultores originários desta área e de regiões próximas e a participação em organizações sociais, fato que consolidou esta apropriação das questões ambientais. Características semelhantes também foram observadas em estudo de Page e Bellotti (2015), no qual a maior parte dos agricultores tinha entre 11 e 20 anos de trabalho na lavoura, demonstrando que o grupo entrevistado era formado por agricultores experientes conhecedores dos recursos do ambiente local. Smith e Sullivan (2014) constataram que os agricultores mais idosos entrevistados, apesar de nunca terem ouvido falar no termo “serviços ambientais”, compreendiam o significado de cada serviço e as implicações que tinham em relação à sua exploração a partir de suas experiências anteriores com gestão de recursos naturais. Em nosso estudo, as informações produzidas a partir da visão de agricultores revelam como o saber local sobre as potencialidades e degradação do ambiente são determinantes na avaliação dos serviços ambientais e nas abordagens a respeito do desenvolvimento sustentável.

A agricultura familiar desenvolvida nas pequenas propriedades com baixos investimentos e a utilização do sistema de corte e queima garantem alimentos e renda aos assentados, contudo tornam a área vulnerável a perda de serviços ambientais. Torres-Lezama et al. (2012) estudaram unidades produtivas estabelecidas a cerca de 30 anos, a maioria pequenas propriedades de agricultura familiar, nas quais nos últimos anos, os sistemas tradicionais de produção de café foram transformados em sistemas intensivos de cultivo nas encostas íngremes e utilização de fertilizantes químicos, aumentando os impactos ambientais, com o serviço ambiental de controle de erosão sendo o mais afetado, no reconhecimento das comunidades locais. De acordo com Paudyal et al. (2015), Sagie et al. (2013), Torres-Lezama et al. (2012), Mensah et al. (2017), Dave et al. (2016), as comunidades rurais em diversos lugares do mundo estabelecem uma intrínseca relação com o ambiente e necessitam de seus recursos e serviços.

A intensificação da agricultura tem causado prejuízos ao ambiente devido à grande pressão sobre os recursos naturais (Lamarque et al. 2011). É importante registrar as percepções de agricultores sobre os serviços ambientais de modo a desenvolver políticas que viabilizarão a proteção dos serviços. Dentre os serviços avaliados em nosso estudo, todos foram considerados importantes, com destaque para a pesca, apontada como o mais importante serviço ambiental pelos agricultores assentados. Smith e Sullivan (2014) em seu trabalho registraram que os agricultores deram grande importância a todos os serviços ecossistêmicos avaliados e destacaram os serviços de proteção da qualidade da água e manutenção da saúde do solo. Torres-Lezama et al. (2012) registraram de modo semelhante a expressiva importância que os agricultores deram à proteção do solo, uma vez que este encontra-se ameaçado com a erosão, devido ao cultivo em encostas íngremes e à utilização de fertilizantes químicos. Lamarque et al. (2011), argumentaram que a fertilidade do solo foi considerada importante para os agricultores, que pareciam estar conscientes do papel que desempenham na produção agrícola e no fornecimento de outros serviços ambientais.

A percepção dos agricultores observada neste estudo poderá servir de base para adoção de práticas sustentáveis na gestão dos recursos naturais, além de proporcionar maior conhecimento aos próprios agricultores do valor e dependência dos serviços ambientais existentes no local. Considerando a vulnerabilidade à perda dos serviços, a pesca se destacou como o serviço mais ameaçado. A atividade pesqueira no P.A Diamante Negro garante alimento e renda aos assentados e as ameaças a esta atividade atingem a qualidade de vida das

famílias. Contudo, o entendimento sobre a vulnerabilidade dos S.A pode levar à implementação de políticas de proteção e conservação dos recursos hídricos. Smith e Sullivan (2014) identificaram uma série de ameaças aos serviços ecossistêmicos avaliados, com destaque para a interferência na qualidade da água por agroquímicos. No estudo de Torres-Lezama et al. (2012) sobre os usos da terra numa bacia hidrográfica submetida a intensa transformação, os autores observaram aumento dos riscos e vulnerabilidade dos serviços como o fornecimento de água e a produtividade de café. As ameaças aos SA identificadas são específicas de diferentes tipos de uso do solo e das características socioeconômicas das comunidades do P.A Diamante Negro Jutaf.

Os ecossistemas e seus componentes fornecem uma série de benefícios para o bem-estar dos seres humanos associados a melhorias do desenvolvimento socioeconômico, contudo as intensas mudanças no uso da terra resultaram em uma forte deterioração dos serviços dos ecossistemas em todo o mundo (Wang et al. 2012). O bem-estar humano não depende apenas dos serviços dos ecossistemas, mas também do fornecimento e qualidade do capital social, da tecnologia e das instituições. A relação entre o bem-estar humano e serviços do ecossistema não é linear. A abundância de um serviço ecossistêmico em relação à demanda, em geral, contribui sutilmente para o bem-estar humano. Entretanto, quando o serviço está relativamente escasso, uma pequena diminuição pode reduzir substancialmente o bem-estar humano. Mudanças nos serviços ambientais de provisionamento podem afetar as relações sociais, através de seus impactos mais diretos no bem-estar (MEA 2005). Nossa pesquisa confirma o fato de que a disponibilidade dos serviços ambientais influencia o bem-estar social e a redução dos S.A de provisionamento atinge diretamente a alimentação e a saúde dos agricultores do P.A Diamante Negro. As relações sociais construídas ao longo dos anos tornaram o assentamento um lugar seguro para viver, na opinião dos agricultores entrevistados, e isto representa um importante fator de bem-estar. Estudos realizados por Raymond et al. (2009) indicaram que os entrevistados valorizaram a região da bacia Murray-Darling, sul da Austrália, não só por razões de disponibilidade de água, terra, meio biótico e funções da atmosfera, mas também por reunir uma série de aspectos relacionados com os recursos humanos, tais como ambientes construídos, zoneamento e planejamento, comunidade e família.

CONCLUSÃO

Há redução da cobertura vegetal e dos corpos d'água devido ao avanço das áreas de agropecuária e alteração na oferta de serviços ambientais de provimento.

Os agricultores são adultos e idosos experientes nos cultivos de corte e queima e vazante, cerca de metade iniciaram o ensino fundamental e a maioria são membros participativos de organizações sociais locais, aspectos determinantes em seus posicionamentos e/ou opiniões.

Os agricultores classificaram os serviços ambientais como de elevada importância, sendo os principais a pesca, a agricultura e a produção de água doce. A maior parte dos SA da área está ameaçada, têm elevada vulnerabilidade ambiental. A pesca é SA mais ameaçado.

A pesquisa indica necessidade de políticas e práticas de conservação dos recursos hídricos e com inserção de um modelo produtivo de base agroecológica na área, em substituição à agricultura de corte e queima, uma vez que terá influência direta sobre serviços ambientais e qualidade de vida dos assentados.

AGRADECIMENTOS

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – por conceder bolsa de estudos e à FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão – pelo apoio financeiro ao projeto.

LITERATURA CITADA

- Costanza, R., R. D'arge, R. De Groot, S. Farberparallel, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburgestar, S. Naeem S, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, and M. V. D. Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Dave, R., E. L. Tompkinsa, and K. Schreckenberga. 2016. Forest ecosystem services derived by smallholder farmers in northwestern Madagascar: Storm hazard mitigation and participation in forest management. *Forest Policy and Economics* 30: 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2016.09.002>
- De Groot, R., M. A. Wilson, and R. M. J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecology Economics* 41: 393-408.
- Dias, R. L., and R. C. Oliveira. 2015. Caracterização socioeconômica e mapeamento do uso e ocupação da terra do litoral sul do Estado de São Paulo. *Sociedade e Natureza* 27: 111-123. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320150108>
- Dong, X., W. Yang, S. Ulgiati, M. Yan, and X. Zhang. 2012. The impact of human activities on natural capital and ecosystem services of natural pastures in North Xinjiang, China. *Ecological Modelling* 225: 28-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.11.006>
- Ferreira, C. E. O. 1999. *Mapeamento e qualificação das coberturas inconsolidadas aplicadas ao planejamento territorial na escala 1:250 000 Folha Macaé, Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil 1999. 61p.
- Fontana, V., A. Radtke, V. B. Fedrigotti, U. Tappeiner, E. Tasser, S. Zerbe, and T. Buchholz. 2013. Comparing land-use alternatives: Using the ecosystem services concept to define a multi-criteria decision analysis. *Ecology Economics* 93: 128-136. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.007>
- Freitas M. W. D. de, J. R. Santos, and D. Alves. 2013. Land-use and land-cover change processes in the Upper Uruguay Basin: linking environmental and socioeconomic. *Landscape Ecology* 28: 311-327. Land-use and land-cover change. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-012-9838-9>
- Hayati D., Z. Ranjbar, and E. Karami. 2010. Measuring Agricultural Sustainability. *Sustainable Agriculture Reviews* 5: 73-100. <http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2017.1290730>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Censo Demográfico - 2010*. Rio de Janeiro. [on-line] URL: [http:// www.obt.inpe.br/prodes/index.php](http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php). Acesso em: 20 nov. 2016.
- Instituto Nacional de Reforma Agrária e Associação Estadual de Cooperação Agrícola (INCRA). 2006. *Projeto Básico Ambiental do Assentamento Diamante Negro Jutay. Igarapé do Meio/ Monção*. 46p.

Kumar, P. N. P., N. P. Singh, and V. C. Mathur. 2006. Sustainable Agriculture and Rural Livelihoods: A Synthesis. *Agricultural Economics Research Review* 19: 1-22.

Lamarque, P., U. Tappeiner, C. Turner, M. Steinbacher, R. D. Bardgett, U. Szukics, M. Schermer, and S. Lavorel. 2011. Stakeholder perceptions of grassland ecosystem services in relation to knowledge on soil fertility and biodiversity. *Regional Environmental Change* 11: 791-804. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-011-0214-0>

Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology* 140: 1-55.

Maranhão. Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Laboratório de Geoprocessamento – UEMA. 2002. *Atlas do Maranhão*. 2. ed. São Luís: GEPLAN.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*. Washington D.C: Island Press.

Mensah, S., and R. Veldtman, A. E Assogbadjo, C. Ham, R. G Kakai, and T. Seifert. 2017. Ecosystem service importance and use vary with socio-environmental factors: A study from household-surveys in local communities of South Africa. *Ecosystem Services* 23: 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.018>.

Miot, H. A. 2011. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. *Jornal Vascular Brasileiro* 10: 275-278.

Nunes, J. F., and H. L. Roig. 2015. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. *Revista Árvore Viçosa* 39: 25-36. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100003>

Page, G., and B. Bellotti. 2015. Farmers value on-farm ecosystem services as important, but what are the impediments to participation in PES schemes? *Science of the Total Environment* 515-516: 12-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.029>

Paudyal K., H. Baral, B. Burkhard, S. P. Bhandari, and R. J. Keenan. 2015. Participatory assessment and mapping of ecosystem services in a data-poor region: Case study of community-managed forests in central Nepal. *Ecosystem Services* 13: 81-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.007>

Pham L.V., and Smith C. 2014. Drivers of agricultural sustainability in developing countries: a review. *Environment Systems and Decisions* 34: 326-341. <http://dx.doi.org/10.1007/s10669-014-9494-5>

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 2010. *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil*. [on-line] URL: <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>. Acesso em: 18 nov. 2010.

Rapidel B., A. Ripoche, C. Allinne, A. Metay, O. Deheuvels, N. Lamanda, J. M. Blazy, Valdés-Gómez H., and Gary C. 2015. Analysis of ecosystem services trade-offs to design agroecosystems with perennial crops. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1373-1390.

- Raymond C. M., B. A. Bryan, D. H. MacDonald, A. Cast, S. Strathearn, A. Grandgirard, and T. Kalivas. 2009. Mapping community values for natural capital and ecosystem services. *Ecology Economics* 68: 1301-1315. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.12.006>
- Sagie H., A. Morris, Y. Rofè, D. E. Orenstein, and E. Groner. 2013. Cross-cultural perceptions of ecosystem services: A social inquiry on both sides of the Israelie Jordanian border of the Southern Arava Valley Desert. *Journal of Arid Environments* 97: 38- 48.
- Seabra V. da S., and C. M. Cruz. 2013. Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São João, RJ. *Sociedade e Natureza* 25: 411-426. <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-008-1345-6>
- Silva, L. S. A. O. Camargo, and C. A. Ceretta. 2010. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, EJ. (Ed.). *Fundamentos de química do solo*. Porto Alegre: Evangraf.
- Singh M., N. D. Kalra, D. Chakraborty D. K. Kamble, D. Barman, S. Sasha, R. B. Mittal, and S. Pandey. 2008. Biophysical and socioeconomic characterization of a water-stressed area and simulating agri-production estimates and land use planning under normal and extreme climatic events: a case study. *Environmental Monitoring and Assessment* 142: 97-108. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-007-9911-z>
- Smith H. F., and C. A. Sullivan. 2014. Ecosystems services within agricultural landscapes- Farmers' perceptions. *Ecological* 98: 72-80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.12.008>
- Tilman D. K. G., Cassman, P. A. Matson, R. Naylor, and S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Torres-Lezama A., E. Vilanova, H. Ramírez-Angulo, and G. Alciaturi. 2012. Socioeconomic and Environmental Basis for the Development of Small Scale Forestry in a Highly Degraded Watershed in the Venezuelan Andes. *Small-scale Forestry* 11: 321-337. <http://dx.doi.org/10.1007/s11842-011-9186-7>
- Vihervara P., M. Ronka, and M. Walls. 2010. Trends in ecosystem service research: early steps and current drivers. *Ambio* 39: 314-324. <http://dix.doi.orh/10.1007/s13280-010-0048-x>
- Wang S. J. Liu, R. Wang, Z. Ni, S. Xu, and Y. Sun. 2012. Impact of socioeconomic development on ecosystem services and its conservation strategies: a case study of Shandong Province, China. *Environmental Monitoring and Assessment* 184: 3213-3229. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-011-2183-7>
- Zhang W., E. Katob, P. Bhandaryb, E. Nkonyab, H. I. Ibrahimc, M. Agbonlahord, H. Y. Ibrahimc, and C. Cox. 2016. Awareness and perceptions of ecosystem services in relation to land use types: Evidence from rural communities in Nigeria. *Ecosystem Services* 22: 150-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.011>

CAPITULO 3

Estoque de carbono e fertilidade em diferentes sistemas de uso do solo no município de Monção, Amazônia Oriental, Brasil

Artigo escrito de acordo com as normas da revista Carbon Management

Estoque de carbono e fertilidade em sistemas de uso do solo no município de Monção, estado do Maranhão, Amazônia Oriental, Brasil

Resumo

O sistema de corte e queima para produzir alimentos e a implantação de pastagens no trópico úmido tem resultado na degradação dos solos. O estoque de carbono (C) é um importante atributo na manutenção dos serviços ambientais pelos agroecossistemas e são pouco conhecidos nessas condições. Nesse sentido, realizou-se este estudo para avaliar a concentração e estoque de C em sistemas de uso do solo: agricultura itinerante, pastagem, capoeira mista e floresta secundária com quatro repetições. O esquema amostral, em área de 2500 m² foi composto por nove pontos, um perfil central (1,2 x 1,0 x 1,2 m), onde foram coletadas amostras em camadas de 10 em 10 cm até 1,0 m de profundidade e oito miniperfis (0,7 x 0,7 x 0,7 m), nos quais foram coletadas amostras em cinco camadas de solo 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm de profundidade. A concentração de C registrada na profundidade de 0-10 cm foi de 9,54 g kg⁻¹ na pastagem e 12,73g kg⁻¹ na capoeira mista. O estoque de C nos sistemas menos perturbados: 15,67 Mg kg⁻¹ na capoeira mista e 12,72 Mg kg⁻¹ na floresta secundária. Na profundidade de 0-30 cm encontra-se 50% do estoque de C do solo em relação ao perfil de 0-100 cm. Esses resultados sugerem que o sistema de corte e queima para implantação de lavouras ou pastagem tende a reduzir os estoques de C no solo, o que aumenta a suscetibilidade à degradação.

Palavras-chave: Matéria orgânica do solo; Agropecuária; Capoeira mista; Floresta secundária.

Introdução

O bioma Amazônia congrega 40% das florestas tropicais que ainda existem em todo o mundo e desempenha papel fundamental na regulação climática continental e na manutenção dos ciclos biogeoquímicos [1]. O desmatamento contribui com o aumento das emissões de CO₂, por conseguinte com o aquecimento global [2]. Do mesmo modo, gera um impacto negativo sobre os demais ciclos biogeoquímicos [3]. Nesse sentido, a contribuição das emissões líquidas de CO₂ no ano 2012 devido a mudanças do uso da terra e florestas no Bioma Amazônia foi de 15,35 % [4]. Apesar de uma significativa diminuição das taxas de desmatamento durante os anos 2000, estima-se que o Bioma Amazônia ainda teve 5.831 km² desmatados entre agosto de 2014 e julho de 2015 [5].

O Maranhão é um estado da Amazônia Legal que possui elevadas taxas de desmatamento e menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas [6]. Essa situação, somada à baixa fertilidade dos solos e o predomínio da agricultura itinerante, também denominada sistema de corte-queima, que consiste no uso da terra alternando períodos curtos de cultivo e pousio, intensificam a vulnerabilidade desta área [7].

A agricultura itinerante, principal meio de cultivo das terras na Amazônia, pode promover várias modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas destas, a partir do momento em que o sistema natural é modificado [8]. A conversão de vegetação nativa para o pasto pode produzir a acumulação de C no solo ou liberação de CO₂ para a atmosfera, dependendo do tipo de manejo aplicado ao solo e da forrageira [9]. A intensidade de emissões depende do grau de degradação da pastagem. A mudança de uso da terra na Amazônia influencia fortemente a dinâmica da matéria orgânica do solo [10].

A Amazônia brasileira contém um grande estoque de carbono que pode ser liberado para a atmosfera, como gases de efeito estufa, como resultado do uso da terra e mudança no uso da terra. O estoque de carbono é o ponto de partida para quantificar os impactos climáticos da mudança do uso da terra na região da Amazônia [11]. Essas mudanças no uso da terra produzem impactos importantes na fertilidade do solo, em geral, causando a degradação do solo e resultando na insustentabilidade da produção agrícola e pecuária [12].

Os sistemas de usos da terra precisam ser reestruturados, levando em consideração parâmetros da sustentabilidade ambiental, econômica e social. As características do solo e o uso e manejo da terra influenciam os processos de armazenamento ou perdas de carbono [13]. Sistemas de uso da terra adequados podem ajudar no sequestro de C e reduzir os prejuízos causados pelos gases de efeito estufa [14]. Contudo, o manejo inadequado do solo, ou a alteração da cobertura vegetal (florestal), podem levar a grandes perdas do carbono estocado em um curto espaço de tempo [15]. Esta condição de manejo da terra, juntamente com as limitações naturais têm sido as causas da produtividade limitada de alimentos e fibras na Amazônia brasileira [12].

De acordo com a MEA [16], os solos que desempenham um papel importante no ciclo global do carbono são a base dos ecossistemas terrestres e fornecem grande parte dos serviços ecossistêmicos dos quais se beneficiam os seres humanos. Devido às constantes mudanças ambientais e socioeconômicas globais, atenção especial deve ser dada aos estudos que analisam as transformações nas formas de uso do solo e seus desdobramentos na subsistência das populações de agricultores que praticam o cultivo itinerante [17]. O reduzido número de estudos sobre o estoque de carbono, nitrogênio e fertilidade do solo em áreas submetidas ao uso tradicional, dificulta a tomada de decisões em direção à adoção de práticas e manejos sustentáveis. É de fundamental importância analisar os efeitos dos sistemas de uso em solos onde a população rural sobrevive da agricultura itinerante e da pecuária tradicional. Assim o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de uso do sol no estoque de carbono e a

fertilidade do solo em um assentamento do programa governamental de Reforma Agrária na Amazônia Oriental.

Material e Métodos

Área de estudo

O Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutaí está situado no município de Monção, na microrregião da Baixada Maranhense, ao Norte do Estado do Maranhão, Amazônia Oriental, localizado a 03°29'30" de latitude sul e a 45°15'04" de longitude oeste, com altitude média de 14 m. O assentamento possui uma extensão de 9.338,65 ha e abriga 266 famílias. A temperatura média anual da área é superior a 27 °C e a média de precipitação anual situa-se entre 1600 a 2000 mm [18]. De acordo com o Instituto Nacional de Reforma Agrária e Associação Estadual de Cooperação Agrícola [19], os solos predominantes na área são Plintossolos e Gleissolos Háplicos. Os sistemas de uso do solo avaliados foram: Agricultura Itinerante (AI), Pastagem (P), Capoeira Mista (CM) e Floresta Secundária (FS) conforme distribuição espacial observada na Figura 1. As principais características destes sistemas estão apresentadas na Tabela 1.

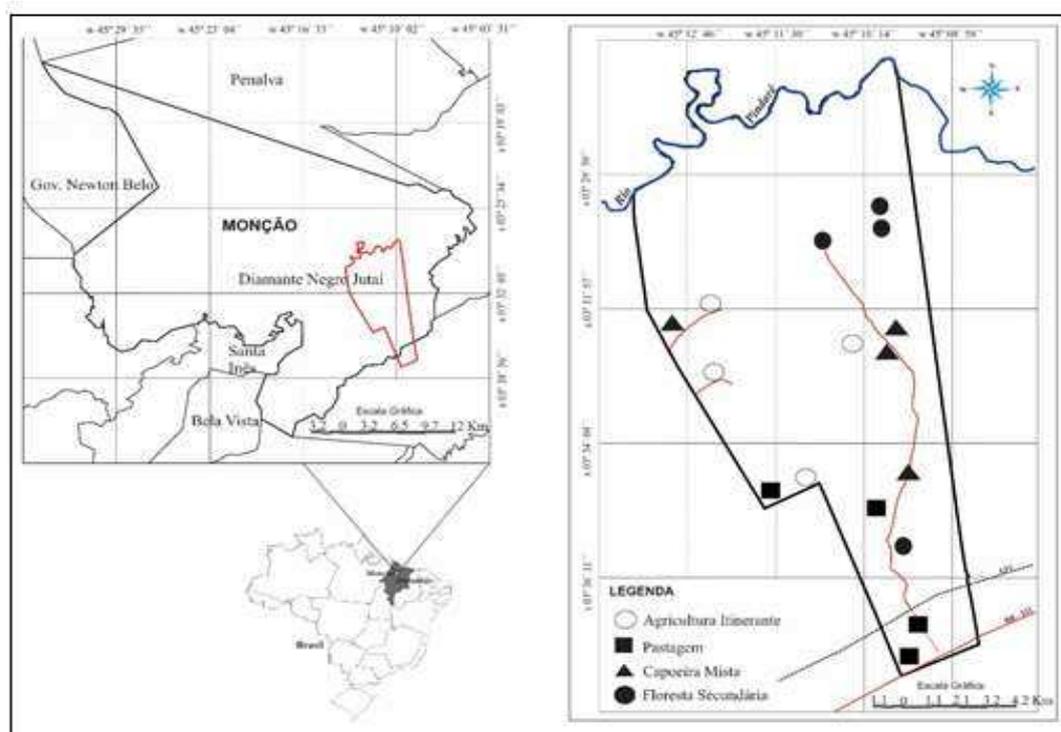


Figura 1. Localização das áreas de amostragem no Projeto de Assentamento Diamante Negro Jutaí, Monção-Ma, Amazônia Oriental.

Fonte: Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão [20].

Tabela 1. Características dos sistemas de uso situados em Plintossolos Háplicos no P.A, Diamante Negro Jutai, Monção-Ma, Amazônia Oriental.

Sistemas de uso	Histórico/descrição
Floresta Secundária (FS)	Área com vegetação natural, caracterizada como área preservada com idade média de 30 anos que se encontra distante dos demais sistemas de uso. Foi utilizada como referência do estado de equilíbrio do solo. Desta área destacam-se as seguintes espécies Angelim (<i>Hymenolobium</i> sp.), Ipê Roxo (<i>Tabebuia</i> sp.), Sapucaia (<i>Lecythis usitata</i> mers), Arariba (<i>Centrolobium microchaete</i>), Andiroba (<i>Carapa Guianensis</i> Aubl) Ingá (<i>Ingá edulis</i> Mart) Anajá (<i>Maximilliana maripa</i>), Geniparana (<i>Gustavia augusta</i>), Ipê amarelo (<i>Tabebuia</i> sp.).
Capoeira Mista (CM)	Área ocupada por vegetação secundária associada aos babaçuais, apresenta palmeiras altas, árvores de grande e médio porte. É uma formação semiaberta, em estado de pousio de cerca de 4 a 5 anos.
Agricultura Itinerante (AI)	Área ocupada pelo cultivo tradicional, também denominado roça de corte e queima, que segue as etapas de preparação do solo com derrubada, queima, estocagem, plantio, campinas e colheita. Destaca-se o cultivo do arroz, feijão, milho e também de hortaliças, maxixe, quiabo, abóbora, vinagreira, melão e melancia.
Pastagem (PAST)	Área ocupada cultivadas com capins, Jaraguá (<i>Hyparrhenia rufa</i> (Ness) Stapf) e braquiário (<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst.) Stapf. Estas áreas foram anteriormente ocupadas pela lavoura tradicional.

Fonte: Elaborado pela autora (2015).

Amostragem, desenho experimental e preparo das amostras

Em agosto de 2015 foram selecionadas quatro parcelas de 2500 m² de cada sistema de uso. Cada parcela foi dividida em quatro quadrantes. Foram abertas oito minitrincheiras (0,7m profundidade x 0,7m largura x 0,7 m comprimento), sendo quatro abertas no centro de cada parcela e quatro abertas nas extremidades da parcela. Ainda, no centro da parcela foi aberta uma trincheira de 1,2 m profundidade x 1,0 m largura x 1,2 m comprimento. Para determinar o teor de carbono e nitrogênio no solo foram utilizadas dez amostras das trincheiras centrais, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90 e 90-100 cm de profundidade, totalizando 160 amostras.

A densidade aparente do solo foi determinada após a coleta de dez amostras da trincheira central. Ainda, foram coletadas cinco amostras, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm de profundidade, em quatro minitrincheiras (duas localizadas nas extremidades da parcela e duas localizadas no centro das parcelas), totalizando 480 amostras.

Para determinar os atributos químicos do solo (pH em CaCl₂, fósforo total, Ca, Mg, K, H⁺+Al⁺³ e Al⁺³) foram coletadas amostras simples, na camada de 0-20 cm, em todas as trincheiras das parcelas, totalizando 16 amostras compostas. A posição e altitude de cada parcela foram determinadas por um GPS portátil (Garmin e Trex 30).

As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada para as análises químicas e físicas segundo os métodos da Embrapa [21].

Teor de Carbono Orgânico Total e Nitrogênio Total

A concentração de carbono total (C-total, g kg⁻¹) e nitrogênio total (N-total, g kg⁻¹) foram realizadas por combustão, por via seco, utilizando-se o Autoanalisador de Carbono e Nitrogênio, CHNS NA 2100 Thermoquest CE Instruments.

Estoque de Carbono Orgânico Total

Os estoques de carbono (kg m⁻²) de cada camada foram determinados pela relação entre a concentração de carbono (g kg⁻¹) e a densidade aparente (g cm⁻³) do solo, conforme a equação:

$$ECS = (Cs \times Ds \times e)/10$$

Em que: ECS: estoque de C total (Mg ha⁻¹); Cs: concentração do C no solo (g kg⁻¹); Ds: densidade aparente do solo (g cm⁻³); e espessura (cm).

Ainda, em cada sistema de uso do solo, foi realizado o somatório dos estoques de C nas camadas de 0-30 cm e de 30-100 cm de profundidade para avaliar alterações no Carbono Orgânico Total.

Análises físicas e químicas do solo

A análise textural foi realizada após a destruição da matéria orgânica do solo com água oxigenada pelo método da pipeta [21]. Para determinar a densidade aparente do solo, foram coletadas 30 amostras de solo por parcela, com auxílio dos cilindros Uhland com volume de 100 cm³ [22], conforme metodologia descrita em Embrapa [21].

Foram determinados os seguintes atributos químicos: pH em CaCl₂ e os teores de P disponível, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺+Al³⁺, Na⁺ e Al³⁺ do solo segundo a metodologia da Embrapa [21]. Com os dados de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável, foram calculados

a soma de base, a capacidade de troca de cátions CTC e a porcentagem de saturação por bases (V%).

Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi avaliada com o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias com o teste de Levene. Posteriormente os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Em seguida, as médias das variáveis avaliadas foram comparadas pelo teste de Tukey. Foi utilizado 5% de probabilidade para executar todas as análises estatísticas. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Statística 8.

Resultados

Características físicas do solo

Os solos analisados são de texturas distintas: franca para AI, FS e PAST e franca-siltosa para CM (Tabela 2). Todos os sistemas de uso do solo apresentam elevado teor de areia fina e silte, em todas as profundidades. Para todos os tratamentos os percentuais de silte não apresentaram grandes variações da camada superficial à de maior profundidade. A quantidade de areia fina e silte foi superior à de argila em quase todas as profundidades dos diferentes tipos de uso do solo. Os teores de areia fina diminuem com a profundidade nos solos de AI, PAST e FS (nesse último somente até 50 cm) e permanecem estáveis nos solos da CM, enquanto os teores de argila mostram uma tendência inversa, aumentando com a profundidade, menos nos solos da CM.

Na camada de (0-10 cm) a densidade aparente do solo (D_s) variou entre 1,16 a 1,30 g cm^{-3} , sendo menor na agricultura itinerante e maior na pastagem tradicional ($p < 0,05$) (Tabela 3). Na camada 10-20 cm, os valores de D_s variaram entre 1,33 e 1,35 g cm^{-3} . Abaixo de 20 cm até 100 cm a D_s oscilou entre 1,26 e 1,42 g cm^{-3} sem apresentar um padrão bem definido, e não apresentou variações significativas em cada profundidade entre os sistemas de uso.

Tabela 2. Características físicas do solo nas profundidades de 0-100 cm em quatro sistemas de usos do solo (Agricultura Itinerante-AI, Pastagem-P, Capoeira Mista- CM e Floresta secundária -FS), no P.A Diamante Negro Jutai, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão.

Sistemas de usos do solo	Textura (%)				Densidade Aparente (g cm ⁻³)
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
0-10 cm					
AI	2,5 \pm 1,2	43,5 \pm 15,7	42,5 \pm 12,9	11,5 \pm 3,8	1,16 \pm 0,02b
PAST	1,0 \pm 0,7	40,8 \pm 5,5	44,3 \pm 3,9	14 \pm 2,3	1,30 \pm 0,03a
CM	2,8 \pm 1,3	26,3 \pm 7,1	62,5 \pm 8,2	9,5 \pm 2,1	1,23 \pm 0,04ab
FS	0,5 \pm 2,1	34 \pm 2,4	49,5 \pm 1,7	16 \pm 2,2	1,21 \pm 1,21ab
10-20 cm					
AI	1,5 \pm 0,6	41,0 \pm 13,3	39,0 \pm 9,0	18,5 \pm 6,3	1,33 \pm 0,02
PAST	1,5 \pm 0,9	40,8 \pm 4,9	44,8 \pm 3,5	13,0 \pm 1,9	1,35 \pm 0,02
CM	2,3 \pm 1,7	23,3 \pm 7,5	65,0 \pm 8,6	9,5 \pm 2,4	1,33 \pm 0,02
FS	0,0 \pm 2,4	32,8 \pm 3,0	50,3 \pm 1,9	17 \pm 2,1	1,33 \pm 0,04
20-30 cm					
AI	1,0 \pm 0,7	34,5 \pm 11	41,5 \pm 5,2	23 \pm 8,1	1,35 \pm 0,02
PAST	0,8 \pm 0,5	39,5 \pm 6,3	43,3 \pm 5,5	16,5 \pm 1,9	1,35 \pm 0,02
CM	1,5 \pm 1,0	24,5 \pm 7,4	63 \pm 10,2	11 \pm 3,8	1,28 \pm 0,05
FS	0,0 \pm 3,8	31 \pm 3,5	48 \pm 1,5	21 \pm 3,7	1,33 \pm 0,03
30-40 cm					
AI	0,5 \pm 0,3	36,8 \pm 12,6	36,75 \pm 8,3	26,0 \pm 8,3	1,33 \pm 0,04
PAST	2,0 \pm 1,7	31,5 \pm 7,1	44,0 \pm 7,04	22,5 \pm 2,6	1,34 \pm 0,03
CM	0,3 \pm 0,3	28,3 \pm 8,3	60,3 \pm 11,06	11,25 \pm 3,7	1,26 \pm 0,05
FS	0,3 \pm 3,7	25,0 \pm 6,0	53,8 \pm 5,6	21,0 \pm 4,12	1,36 \pm 0,05
40-50 cm					
AI	0,8 \pm 0,5	36,0 \pm 12,4	36,3 \pm 8,8	27,0 \pm 9,0	1,33 \pm 0,05
PAST	1,0 \pm 0,4	27,8 \pm 6,3	47,8 \pm 5,5	23,5 \pm 1,0	1,29 \pm 0,05
CM	1,0 \pm 0,6	24,8 \pm 9,3	61,7 \pm 11,9	12,5 \pm 3,3	1,26 \pm 0,04
FS	0,5 \pm 3,3	25,5 \pm 4,9	48 \pm 1,7	26,0 \pm 4,5	1,37 \pm 0,03
50-60 cm					
AI	1,5 \pm 1,0	36,0 \pm 12,9	37,0 \pm 7,3	25,5 \pm 9,2	1,36 \pm 0,05
PAST	1,3 \pm 0,3	23,3 \pm 4,2	49,5 \pm 8,1	26,0 \pm 6,5	1,28 \pm 0,04
CM	0,5 \pm 0,5	24,3 \pm 9,5	63,3 \pm 12,4	12,0 \pm 4,2	1,26 \pm 0,05
FS	1,3 \pm 4,2	33,5 \pm 10,4	42,3 \pm 5,0	23,0 \pm 6,2	1,33 \pm 0,04
60-70 cm					
AI	2,0 \pm 1,4	34,3 \pm 13,3	42,7 \pm 13,8	21,0 \pm 4,7	1,39 \pm 0,08
PAST	1,8 \pm 0,9	19,5 \pm 5,0	60,3 \pm 3,4	18,5 \pm 6,1	1,29 \pm 0,07
CM	2,0 \pm 0,4	25,0 \pm 8,4	59,5 \pm 11,8	13,5 \pm 4,8	1,28 \pm 0,09
FS	1,0 \pm 4,8	35,0 \pm 9,3	44,0 \pm 5,0	20,0 \pm 5,0	1,33 \pm 0,07
70-80 cm					
AI	3,8 \pm 1,9	31,3 \pm 12,1	43,5 \pm 10,6	21,5 \pm 4,5	1,39 \pm 0,04
PAST	1,0 \pm 0,4	17,5 \pm 4,7	63,5 \pm 4,5	18,0 \pm 5,8	1,29 \pm 0,04
CM	2,0 \pm 1,2	24,0 \pm 7,0	61,5 \pm 10,0	12,5 \pm 3,3	1,30 \pm 0,05
FS	1,3 \pm 4,2	33,5 \pm 7,6	45,25 \pm 5,0	23,0 \pm 6,2	1,37 \pm 0,04
80-90 cm					
AI	3,0 \pm 0,7	30,8 \pm 11,0	39,3 \pm 14,7	27,0 \pm 7,8	1,42 \pm 0,04
PAST	1,3 \pm 0,5	22,3 \pm 5,8	40,5 \pm 9,3	36,0 \pm 4,7	1,34 \pm 0,08
CM	1,8 \pm 0,5	24,3 \pm 9,8	61,75 \pm 11,6	12,25 \pm 3,3	1,36 \pm 0,03
FS	2,0 \pm 3,3	34,0 \pm 3,5	49,5 \pm 6,1	14,5 \pm 3,6	1,38 \pm 0,05
90-100 cm					
AI	3,3 \pm 0,9	30,0 \pm 10,2	47,7 \pm 9,2	19,0 \pm 4,2	1,36 \pm 0,06
PAST	2,25 \pm 1,3	23,8 \pm 6,0	41,5 \pm 5,4	32,5 \pm 4,6	1,41 \pm 0,03
CM	3,0 \pm 1,6	25 \pm 10,5	60,8 \pm 13,2	11,35 \pm 2,5	1,35 \pm 0,04
FS	1,5 \pm 2,5	34,3 \pm 6,5	48,8 \pm 6,2	15,5 \pm 4,1	1,38 \pm 0,03

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Características químicas do solo

Os resultados das análises das propriedades químicas do solo: pH, P disponível, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , $H^+ + Al^{3+}$, e Al^{3+} estão disponíveis na Tabela 4.

As amostras de solos dos sistemas de uso não diferiram quanto a acidez representam segundo a escala do Ph, alta (4,4-5) e média acidez (5,1-5,5). Na AI observou-se o pH de 5,11 e de 4,73 na FS.

Os teores de P encontrados foram considerados muito baixos e limitantes à produtividade da maioria das culturas, na PAST, $3,9 \text{ mg/dm}^3$ e na AI, $6,1 \text{ mg/dm}^3$. Os valores obtidos de K^+ na FS, $0,23 \text{ cmolc/dm}^3$ e na AI, $0,32 \text{ cmolc/dm}^3$.

O teor de Ca^{2+} de $2,74 \text{ mmolc/dm}^3$ foi encontrado na FS e de $3,31 \text{ cmolc/dm}^3$ registrado em solos da AI. Os teores de Mg^{2+} atingiram $0,51 \text{ cmolc/dm}^3$ na AI a $2,66 \text{ cmolc/dm}^3$ na CM, valores médios a altos de Ca^{2+} e muito baixos de Mg^{2+} .

E os teores de Na^+ apresentaram valores de $0,4 \text{ cmolc/dm}^3$ na FS e $0,51 \text{ cmolc/dm}^3$ na AI e PAST. O teor de Al^{3+} de $0,15 \text{ cmolc/dm}^3$ foi determinado na área de PAST e de $0,98 \text{ cmolc/dm}^3$ nos solos da FS.

Na análise da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) verificou-se valores de 2,56 nos solos da AI e $4,45 \text{ cmolc/dm}^3$ na FS.

Na FS foi observado o valor de SB, $5,36 \text{ cmolc/dm}^3$ devido ao baixo teor de cátions trocáveis e pela elevada acidez potencial registrada. O valor da CTC potencial encontrado na CM foi de $9,97 \text{ cmolc/dm}^3$. Portanto o valor de V% 65,16 nessa área deve-se aos teores de $H^+ + Al^{3+}$, confirmados pelo pH do solo.

Tabela 3. Atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm, em sistemas de usos no P.A Diamante Negro Jutaí, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão.

Propriedades do Solo	Sistemas de usos do solo			
	AI	PAST	CM	FS
	0-20 cm			
pH (CaCl ₂)	5,11 \pm 0,16	4,96 \pm 0,09	4,90 \pm 0,10	4,73 \pm 0,15
P (mg/dm ³)	6,09 \pm 0,96	3,88 \pm 0,61	4,48 \pm 1,15	5,81 \pm 1,29
K ⁺ (cmolc/dm ³)	0,32 \pm 0,03	0,31 \pm 0,03	0,29 \pm 0,04	0,23 \pm 0,03
Ca ⁺² (cmolc/dm ³)	3,31 \pm 0,43	2,94 \pm 0,39	3,00 \pm 0,28	2,74 \pm 0,33
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	1,51 \pm 0,23	1,96 \pm 0,29	2,66 \pm 0,35	1,99 \pm 0,54
Na ⁺ (cmolc/dm ³)	0,51 \pm 0,04	0,51 \pm 0,04	0,48 \pm 0,05	0,40 \pm 0,04
H ⁺ +Al ⁺³ (cmolc/dm ³)	2,56 \pm 0,14	2,67 \pm 0,22	3,53 \pm 0,44	4,45 \pm 1,06
Al ⁺³ (cmolc/dm ³)	0,22 \pm 0,09	0,15 \pm 0,11	0,33 \pm 0,18	0,98 \pm 0,45
SB (cmolc/dm ³)	5,65 \pm 0,47	5,73 \pm 0,56	6,44 \pm 0,51	5,36 \pm 0,77
CTC (cmolc/dm ³)	8,22 \pm 0,53	8,40 \pm 0,69	9,97 \pm 0,94	9,81 \pm 1,24
V%	68,4 \pm 1,85	67,80 \pm 1,68	65,16 \pm 1,15	57,08 \pm 5,53

Teor de Carbono Orgânico Total (COT) e N total em sistemas de usos do solo em diferentes profundidades

O teor de Carbono Orgânico Total (COT) não foi significativamente influenciado pelos sistemas de uso do solo nas profundidades estudadas ($p > 0,05$) (Tabela 4). Na camada superficial (0-10 cm), observaram-se os valores de 9,5 g kg⁻¹ na P a 12,7 g kg⁻¹ na CM. O teor de COT diminuiu rapidamente com a profundidade. Na última camada avaliada (90-100 cm) o teor de C nos sistemas de usos avaliados foi de 5 a 9 vezes menor que na camada superficial.

Os sistemas de uso não promoveram alteração nos teores de N total do solo na camada de 0-10 cm. Os valores observados foram: 0,82 g kg⁻¹ para AI, 0,85 g kg⁻¹ P, 1,08 g kg⁻¹ para CM e 1,12 g kg⁻¹ para FS. Nas camadas inferiores (abaixo de 20 cm) os teores de nitrogênio foram baixos demais para serem detectadas com precisão pelo autoanalisador.

Tabela 4. Teor de Carbono Orgânico Total (COT) em solo em sistemas de uso no P.A Diamante Negro Jutai, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão.

Profundidade (cm)	Sistemas de usos do solo			
	AI	PAST	CM	FS
	Carbono Orgânico Total (g kg ⁻¹)			
0-10	10 \pm 1,0	9,5 \pm 1,9	12,7 \pm 1,7	10,5 \pm 1,3
10-20	5,2 \pm 0,4	3,5 \pm 0,8	5,8 \pm 0,6	4,7 \pm 0,8
20-30	3,5 \pm 0,3	3,0 \pm 0,8	4,4 \pm 0,3	4,0 \pm 0,2
30-40	3,1 \pm 0,4	2,4 \pm 0,9	4,0 \pm 0,4	3,3 \pm 0,2
40-50	2,6 \pm 0,3	2,5 \pm 0,4	3,6 \pm 0,4	2,8 \pm 0,4
50-60	2,2 \pm 0,3	2,7 \pm 0,4	2,9 \pm 0,3	2,3 \pm 0,4
60-70	1,8 \pm 0,3	2,5 \pm 0,3	2,3 \pm 0,2	1,9 \pm 0,3
70-80	1,6 \pm 0,4	2,2 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	1,5 \pm 0,2
80-90	1,4 \pm 0,3	2,1 \pm 0,2	2,1 \pm 0,1	1,5 \pm 0,3
90-100	1,2 \pm 0,3	1,9 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	1,2 \pm 0,3

Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de usos da terra em diferentes profundidades

O estoque de carbono na camada de 0-10 cm apresentou valores de 12,7 Mg ha⁻¹ na FS e 15,7 Mg ha⁻¹ na CM, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as profundidades por sistema de uso (Figura 2). O estoque de carbono diminuiu rapidamente nas primeiras camadas e muito mais gradualmente nas camadas inferiores. Assim, na última camada analisada (90-100 cm) o estoque variou de 1,6 na AI e 2,6 na PAST.

O estoque de nitrogênio, na camada superficial de 0-10 cm atingiu valores entre 0,56 Mg ha⁻¹ e 1,35 Mg ha⁻¹ respectivamente na PAST e FS e não houve diferença significativa entre os sistemas de uso ($p > 0,05$).

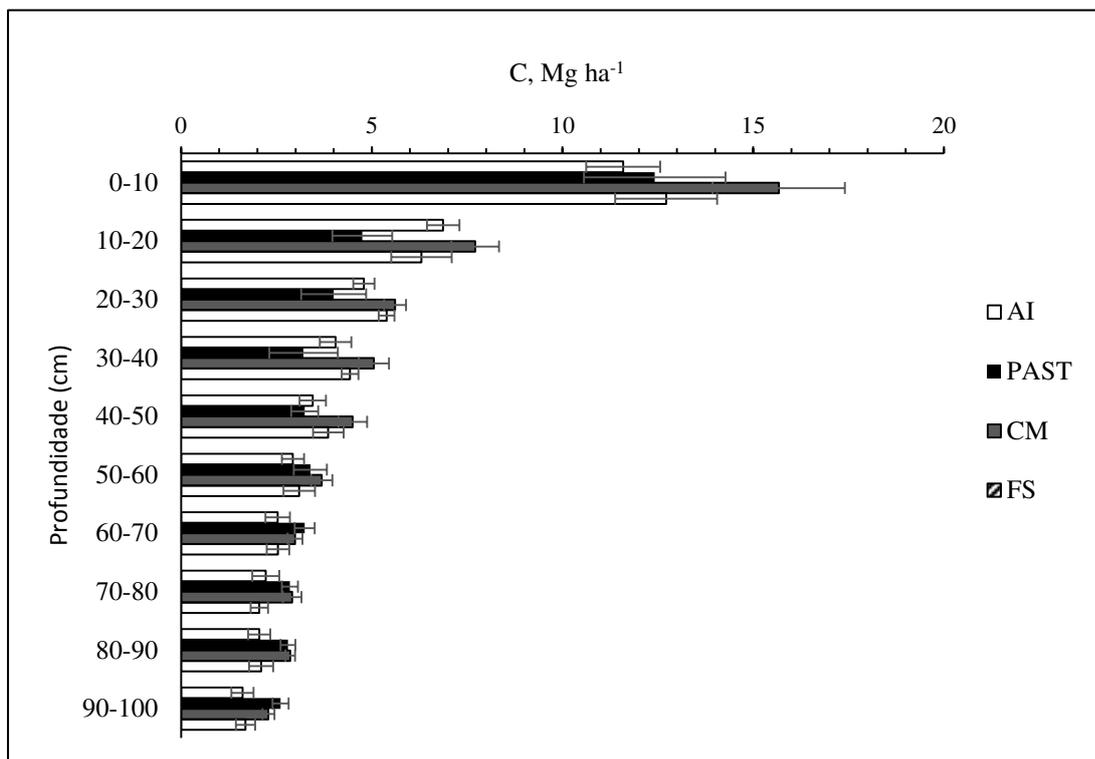


Figura 2. Estoques de Carbono Orgânico Total nas profundidades de 0-100 cm em sistemas de uso do solo no P.A Diamante Negro Jutai, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão.

Avaliação dos estoques de carbono nas profundidades de 0-30 cm e de 30-100 cm

Na camada de 0-30 cm os estoques de C foram 21,2 Mg ha⁻¹ na PAST, 23,3 Mg ha⁻¹ na AI, 24,4 Mg ha⁻¹ na FS e 29 Mg ha⁻¹ na CM. Na profundidade 30-100 cm os estoques de C observados foram 18,8 Mg ha⁻¹ na AI, 21,4 Mg ha⁻¹ na PAST, 24,3 Mg ha⁻¹ e na CM, 19,9 Mg ha⁻¹ na FS (Figura 3).

A quantidade de carbono contida na camada 0-30 cm representou cerca de 50% de todo o conteúdo do carbono que se observa no perfil do solo estudado (0-100 cm).

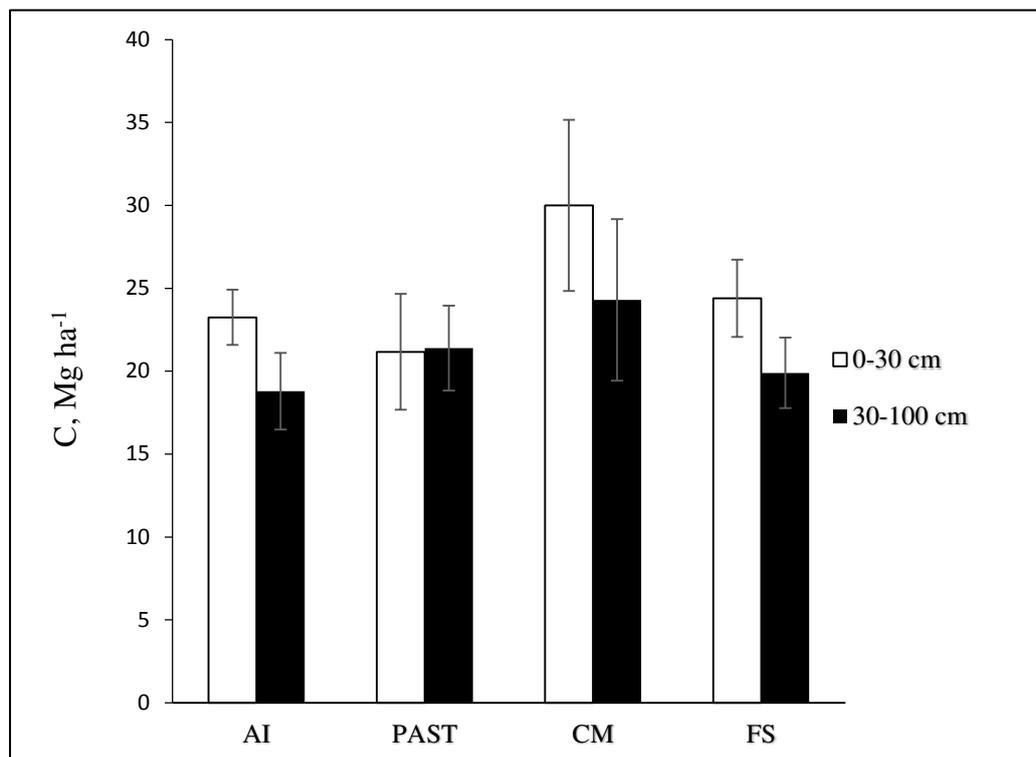


Figura 3. Estoque de carbono nas profundidades de 0-30 cm e de 30-100 cm nos sistemas de uso de solos do P.A Diamante Negro Jutaí, Monção-Ma, Amazônia Oriental. Valores médios \pm erro padrão.

Discussão

Propriedades físicas do solo

A formação geológica Itapecuru originou os solos da área de estudo, cuja textura é caracterizada por teores elevados de silte, como já observado em alguns dos plintossolos do Noroeste Maranhense [23]. A camada superficial apresenta mais areia do que argila, com poucas variações na quantidade de areia fina em relação à profundidade, mas com o aumento gradativo do percentual de argila. Silva e Moura [24] descreveram aspectos da formação Itapecuru e sua decisiva participação na formação destes solos. A quantidade de areia fina reduz a ação dos mecanismos de erosão laminar em seu transporte, ao longo das camadas, porém influencia a migração de argilas pelos poros para camadas mais profundas do solo. De maneira similar, Anjos et al. [23] verificaram o domínio da areia no horizonte superficial justificado pelo material de origem, como também foi observado o aumento de argila em relação à profundidade, determinada por sua localização em posição de melhor drenagem da encosta. Confirmaram também estes aspectos, trabalhos realizados por Leite et al. [25] e por Azevedo et al. [26].

Independente dos sistemas de usos do solo as densidades na profundidade 0-10 cm foram menores que nas camadas subjacentes, como também observaram Silva Júnior et al. [10] e Mosquera et al. [27] em outros solos amazônicos. A menor densidade nas camadas superficiais do solo deve-se a maior concentração da matéria orgânica (MO) associada à atividade biológica (fauna do solo e raízes). Condições semelhantes a estas foram relatadas em estudos desenvolvidos por Denardins et al. [15], Anjos et al. [23] e Luca et al. [28]. Na camada superficial, o maior valor de densidade observado nas pastagens é possivelmente determinado pelo intenso pisoteio de animais que provocam compactação, condição também relatada por Silva Júnior et al. [27].

Propriedades químicas do solo

Embora os atributos químicos não apresentem diferenças significativas entre os sistemas de uso do solo, as tendências observadas são coerentes e parecidas com o que foi observado em outros estudos realizados na Amazônia e em outras regiões tropicais.

Os solos estudados são solos ácidos (valores de pH entre 4,7 e 5,1) e os sistemas de maior interferência humana, agricultura itinerante e pastagem, apresentaram os maiores valores de pH. Resultado similar foi encontrado nos estudos realizados por Leite et al. [25] e Siqueira Neto et al. [29], onde o pH mais ácido foi observado no ambiente de menor antropização em relação às demais áreas. Araújo et al. [30] também observaram que as áreas de pastagem e queimadas apresentaram níveis mais elevados de pH em relação as áreas de vegetação natural e consideraram que tal fato está associado, basicamente, ao processo de queima da biomassa e à consequente disponibilização de bases trocáveis por meio das cinzas proveniente da queima da biomassa.

Os teores de P disponível são baixos, característica de grande parte dos solos da Amazônia. O valor mais elevado foi encontrado no sistema AI e o mais baixo no sistema P. Silva, Silva e Melo [31] verificaram que o ligeiro aumento de P disponível no horizonte Ap sob o sistema de agricultura itinerante em comparação com a área de floresta e de capoeira é resultado frequentemente observado em solos da Amazônia. À medida que as pastagens envelhecem é comum observar uma diminuição dos teores de P como observado por Melo et al. [32].

Os cátions trocáveis apresentam valores baixos, frequentemente observados em solos amazônicos, com pequena variação entre os sistemas de uso do solo, assim como a soma das bases trocáveis.

Os teores de alumínio trocável foram mais elevados nos solos das FS, assim como a acidez potencial, e os valores mais baixos foram encontrados nos solos cultivados. Essa diminuição da acidez potencial e do teor de alumínio trocável é frequentemente observado em solos cultivados na Amazônia, devido ao aporte de cinzas após a queima [33, 32, 29] e ligada ao aumento do pH. Conseqüentemente a saturação por bases foi mais elevada nos sistemas cultivados ou em pousio que na floresta secundária. Entretanto, esse aumento foi mais limitado que em outros solos da Amazônia [33, 27, 29].

Concentração de Carbono Orgânico Total (COT) em usos da terra e profundidades

A matéria orgânica do solo, cujo carbono é o elemento principal, é o constituinte do solo que melhor reflete a interação entre o solo, a biosfera, a atmosfera e as atividades humanas porque depende ao mesmo tempo da natureza do solo, das condições bioclimáticas e das práticas de gestão do solo. Assim, na Amazônia, a interação desses fatores proporciona uma forte variabilidade dos teores de carbono nos horizontes superficiais, na maioria dos casos entre 10 e 50 g kg⁻¹ [33, 27, 34]. O conteúdo de COT na superfície (0-10 cm) dos solos avaliados neste estudo variou de 9,5 a 12,7 g kg⁻¹, na faixa inferior daquele intervalo, o que pode ser em boa parte devido à baixa quantidade de argila (entre 9 e 16%) presente nessa camada. O decréscimo rápido do conteúdo de COT com a profundidade observado nos primeiros decímetros é frequentemente observado nos solos amazônicos. Contudo de modo inesperado não foi observado diferenças significativas entre os sistemas de usos avaliados. Com efeito, como mostrado por vários autores, entre os quais, Desjardins et al. [27] e Silva Júnior et al. [33], as pastagens mostram frequentemente aumento do conteúdo em carbono na camada superficial, mesmo existindo pastagens nas quais o conteúdo de carbono pode diminuir [35]. Mas surpreendente poder ser considerado a estabilidade do conteúdo em COT do sistema de cultivo itinerante, que geralmente provoca uma diminuição deste [36], devida em parte à redução da quantidade de resíduos vegetais fornecida ao solo. Ao contrário, os maiores teores de C em sistemas sem revolvimento do solo [37] podem ser explicados pelos fatores associados aos mecanismos de proteção da matéria orgânica do solo [38].

Estoque de carbono

O estoque de carbono no solo é calculado a partir da concentração de carbono e da densidade aparente. Devido as alterações de densidade aparente geralmente decorrentes das

mudanças no uso do solo (cultivos anuais ou pastagens), pode ser observado com frequência alguma diferença entre variações da concentração em carbono e do seu estoque [39]. Porém, neste estudo, não foram observadas modificações significativas da densidade aparente em função do sistema de uso do solo, portanto, a distribuição do estoque de carbono (Mg ha^{-1}) em função da profundidade segue um padrão muito similar à concentração (g kg^{-1}) desse elemento (Tabela 4 e Figura 2).

O estoque de carbono nas diferentes profundidades não apresentou diferenças em relação ao sistema de uso. Nossos resultados são divergentes dos publicados recentemente por Fujisaki et al. [36] para solos da Amazônia e por Don, Schumavher e Freibauer [40] para solos tropicais de 39 países. Para os sistemas de cultivos anuais ou perenes, esses autores observam uma diminuição dos estoques de carbono do solo. Entretanto, essa diminuição é de menos amplitude nos solos amazônicos. Além disso, é importante notar que se o resultado da meta-análise de Fujisaki et al. [36] indicam redução do estoque de C nos sistemas cultivados (em média de 8,5%), existe uma grande variabilidade nos resultados dos estudos que eles utilizaram e alguns trabalhos mostraram pequenos aumentos do estoque de carbono em sistemas cultivados. A ausência de preparo do solo, no sistema de agricultura itinerante estudado, pode ser uma das causas da estabilidade do estoque de carbono. Outra causa pode ser a boa cobertura do solo pelas plantas cultivadas e as invasoras.

Nas pastagens, observamos a estabilidade do estoque de carbono (uma ligeira diminuição, mas não significativa) em relação às florestas de referência. Na meta-análise realizada por Don, Schumavher e Freibauer [40] para pastagens de solos tropicais, foi observada uma diminuição do estoque de carbono, enquanto Fujisaki et al. [36] observaram, para pastagens da Amazônia, uma tendência ao aumento da ordem de 7 % nos 30 cm superficiais. Porém, novamente essas duas metas-análises evidenciaram uma grande variabilidade de resultados, com tendências divergentes (diminuição, estabilidade, aumento) entre os estudos selecionados. Fujisaki et al. [36] não conseguiram relacionar a forte heterogeneidade das respostas do COT após o desmatamento com fatores pedoclimáticos ou com as práticas de manejo do solo.

Comumente, intervalos de profundidade de referência de 0-30 cm e 0-100 cm são utilizados em estudos de estoques de carbono orgânico do solo [41]. A profundidade de 30 cm foi a profundidade para amostragem recomendada pelo Intergovernmental Panel On Climate Change [42] para avaliar alterações do COT relacionadas com a mudança do uso da terra.

Apesar da concentração em carbono diminuir rapidamente com a profundidade, uma quantidade não desprezível do estoque encontra-se em profundidade. Assim, a camada 0-30

cm contem entre 50 e 55 % do estoque total (0-100 cm), e a camada 30-100 cm entre 45 e 50 %, independentemente do sistema de uso, valores muito próximos da média calculada por Batjes e Djikshoorn [41] para os solos da Amazônia: 52% do carbono contido nos 30 cm superficiais.

Nos solos estudados a camada 0-30 cm contém de 21,2 Mg ha⁻¹ (PAST) a 29 Mg ha⁻¹ (CM) e a camada 0-100 cm de 42,1 Mg ha⁻¹ (AI) a 53,3 Mg ha⁻¹. Essas quantidades de estoque de carbono são baixas, mesmo comparadas com outros Plintossolos da Amazônia: Batjes e Djikshoorn [41] mencionam médias de 39,7 e 61,3 Mg ha⁻¹ para as respectivas camadas. Esse estoque parece mais baixo ainda comparando com outros solos minerais da Amazônia, onde, segundo esses autores o estoque no primeiro metro é em média de 98 Mg ha⁻¹.

Nos plintossolos estudados, o estoque de carbono é baixo, entretanto ele aparece como pouco modificado pela atividade antrópica. Isso se deve provavelmente em parte às práticas não mecanizadas empregadas pelos agricultores, que não revolvem o solo, mantendo assim uma certa proteção física da matéria orgânica do solo.

Conclusão

Nos plintossolos estudados, a maioria dos nutrientes (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P), indicadores químicos de qualidade do solo não foram modificados pelo sistema de uso do solo.

Os sistemas de usos do solo avaliados neste estudo não afetaram o conteúdo de carbono orgânico total (COT), com todos os sistemas de uso apresentando valores abaixo do esperado para a região. O estoque de carbono no solo segue a mesma tendência, não havendo diferenciação entre os sistemas de uso avaliados. Na camada de 0-30 cm estão estocados cerca de 50% do carbono total aferido, em relação ao perfil de 0-100 cm.

Apesar de nosso estudo não ter encontrado evidências da relação entre a redução do COT e do Estoque de Carbono e o sistema de corte e queima, os baixos valores evidenciam a necessidade da adoção de práticas de gestão adequadas em terras agrícolas que melhoraria o estoque de C e a produção de alimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências de fomento: FAPEMA- Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão, pelo apoio financeiro, CAPES-

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de estudo e especialmente o Laboratoire des Moyens Analytique LAMA do Institute de Recherche pour le Développement (IRD), pelo apoio financeiro e logístico.

Referências

- [1] Almeida AS, Vieira ICG, Rocha DPN. 2013. Cenários para a Amazônia, clima, biodiversidade e uso da terra. Caracterização e mapeamento dos padrões de uso da terra na área de endemismo Belém. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*.
- [2] Fearnside PM. 2007. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. *Revista SEB* 10 (2):93-100.
- [3] Cerri CC e Cerri CEP. 2007. Agricultura e aquecimento global. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo* 32, 40-44.
- [4] Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2014. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Brasília 80p.
- [5] Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). 2003. *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. Kanagawa, Japão, Institute for Global Environmental Strategies.
- [6] Martins MB, Oliveira TG. 2011. *Amazônia maranhense, diversidade e conservação*. Belém, MPGG. 330p.
- [7] Ferraz Júnior, AS de L. 2006. The alley cropping system as alternative to food production of food in a smallholder system in the Humid Tropic. In: Moura, EG. (org.). *Transitions Agrossistemas, from the humid tropics and semi-arid region of Brazil*. São Luís, UEMA. (Série Agroecologia, v. I).
- [8] Magalhães, SSA, Weber, OLS, Santos, CH, Valadão, FCA. 2013. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste-RO. *Acta Amazônica* 43(1):63-72.
- [9] Carvalho JLN, Avanzi JC, Silva MLN, Mello C R de, Cerri CEP. 2010. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 34:277-290. doi:10.1590/S0100-06832010000200001.
- [10] Mosquera O, Burman P, Ramirez BL, Amezcua MC. 2012. Carbon stocks and dynamics under improved tropical pasture and silvopastoral systems in Colombian Amazonia. *Geoderma*. (189-190):81-86. doi: 10.1016/j.geoderma.2012.04.022.
- [11] Fearnside, PM. 2016. Brazil's Amazonian forest carbon, the key to Southern Amazonia's significance for global climate. *Regional Environmental Change*.
- [12] Luizão, FJ, Fearnside, PM., Cerri, CEP, Lehmann, J. 2009. The Maintenance of Soil Fertility in Amazonian Managed Systems, in *Amazônia and Global Change*. *American*

Geophysical Union 186:311-336. doi: 10.1029/2008GM000732.

[13] Albaladejo J, Ortiz, JR, Garcia-Franco N, Navarro, AR, Almagro M, Pintado JC, Martínez-Mena M. 2013. Land use and climate change impacts on soil organic carbon stocks in semi-arid Spain. *Journal of Soils and Sediments* 13:265-77. doi: 10.1007/s11368-012-0617-7.

[14] Datta, A Nirmalendu B, Chaudhari, NSK, Sharma, DK. 2015. Soil properties and organic carbon distribution under different land uses in reclaimed sodic soils of North-West India. *Geoderma Regional* 4:134-146. doi:10.1016/j.geodrs.2015.01.006.

[15] Denardins RBN, Mattias JL, Wildner LP, Nesi CN, Sordi A, Kolling DF, Busnello JJ et al. 2014. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC. *Ciência. Florestal*. 24(1):59-69. doi:10.5902/1980509813323.

[16] Millennium Ecosystem Assessment Ecosystem – MEA. 2005. *Human Well-Being, Synthesis*. Washington DC, Island Press.

[17] Pedroso Junior NN, Murrieta RSS, Adams C. 2008. A agricultura de corte e queima, um sistema em transformação. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi Ciência Humana* 3(2):153-174.

[18] Maranhão. Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Laboratório de Geoprocessamento – UEMA. 2002. *Atlas do Maranhão*. 2. ed. São Luís, GEPLAN.

[19] Instituto Nacional de Reforma Agrária e Associação Estadual de Cooperação Agrícola - INCRA. 2006. *Projeto Básico Ambiental do Assentamento Diamante Negro Jutay*. Igarapé do Meio/ Monção.

[20] Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão - NUGEO. 2016. São Luís, Brasil.

[21] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro.

[22] Arevalo LA, Alegre JC, Vilcahuaman LM. 2002. *Metodologia para estimar estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra*. Colombo, Embrapa Florestas.

[23] Anjos LHC dos, Pereira MG, Perez DV, Ramos DP. 2007. Caracterização e classificação de Plintossolos no Município de Pinheiro - MA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31:1035-1044. doi:10.1590/S0100-06832007000500020.

[24] Silva, AC. da, Moura, EG. de. 2002. Atributos e especificidades de solos de baixada no trópico úmido. In: Moura, Emanuel Gomes de. (Org.). *Agroambientes de transição, entre o trópico úmido e o semiárido*. São Luís, UEMA.

[25] Leite LFC, Arruda FP, Costa C do N, Ferreira JS, Holanda Neto MR. 2013. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17(12):1257-1263.

- [26] Azevedo DMP de, Carvalho Leite LF, Teixeira Neto ML, Dantas JS. 2007. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. *Revista. Ciência . Agronômica* 38(1):32-40.
- [27] Silva Júnior ML, Desjardins, Sarrazin M, Melo VS, Martins PF, Santos ER, Carvalho CJR. 2009. Carbon content in Amazonian Oxisols after Forest conversion to pasture. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33:1603-1611. doi:10.1590/S0100-06832009000600009.
- [28] Luca EF, Feller C, Cerri CC, Barthès B, Chaplot, V, Campos DC, Manechin C. 2008. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32:789-800. doi:10.1590/S0100-06832008000200033.
- [29] Siqueira Neto M, Piccolo MC, Scopel, E, Costa Junior C, Cerri, CC, Bernoux, M. 2009. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy* 31:709-717. doi: 10.4025/actasciagron.v31i4.792.
- [30] Araújo EA, Lani JL, Amaral EF, Guerra A. 2004. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (2):307-315. doi:10.1590/S0100-06832004000200009.
- [31] Silva GR da, Silva JR ML da, Melo VS de. 2006. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do estado do Pará. *Acta Amazônica, Manaus* 36(2):151-157. doi.org/10.1590/S0044-59672006000200004.
- [32] Melo VS, Desjardins T, Silva JR ML, Santos ER, Sarrazin M, Santos MMLS. 2012. Consequences of forest conversion to pasture and fallow on soil microbial biomass and activity in the eastern Amazon. *Soil Use and Management* 28:530-535.
- [33] Desjardins T, Barros E, Sarrazin M, Girardin C, Mariotti A. 2004. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazônia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103:365-373. doi:10.1016/j.agee.2003.12.008.
- [34] Perrin AS, Fujisaki K, Petitjeanc C, Sarrazind M, Godeta M, Garrica B, Hortha JC, et al. 2014. Conversion of forest to agriculture in Amazonia with the chop-and-mulch method, Does it improve the soil carbon stock? *Ecosystems and Environment* 184:101-114. doi: doi.org/10.1016/j.agee.2013.11.009.
- [35] Fearnside, PM, Barbosa RI. 1998. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 108:147-166.
- [36] Fujisaki K, Perrin AS, Desjardins T, Bernoux M, Balbino LC, Brossard M. 2015. From forest to cropland and pasture systems, a critical review of soil organic carbon stocks changes in Amazônia. *Global Change Biology* 21:2773-2786. doi: 10.1111/gcb.12906.
- [37] Oliveira GC, Dias Junior, MS, Resckdv DVS, Curi N. 2004. Caracterização química e físico-hídrica de um latossolo vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista. Brasileira de Ciência Solo* 28:327-336. doi: 10.1590/S0100-06832004000200011.

- [38] Leal OA, Castilhos RMV, Pauletto EA, Pinto LFS, Pillon CN, Penning LH, Santos DC. 2015. Organic Matter Fractions and Quality of the surFace layer of a constructed and Vegetated soil after coal Mining. II - Physical compartments and carbon Management index. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 39:895-902. doi:10.1590/01000683rbcS20140784.
- [39] Ellert BH, Bettan JR. 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science* 529-538.
- [40] Don A, Schumacher J, Freibauer A. 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbono stocks – a meta-analysis. *Global Change Biology* 17:1658-1670. doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x.
- [41] Batjes NH, Djkschoorn JA. 1999. Carbon and Nitrogen stocks in the soil of the Amazon Region. *Geoderma* 89:273-286. doi:10.1016/S0016-7061(98)00086-X.
- [42] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. 2015. *Projeto PRODES, Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite*. <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A avaliação dos efeitos dos sistemas de usos do solo sobre os serviços ambientais no PA Diamante Negro Jutaí, município de Monção-MA Amazônia Oriental, apresentou resultados que partir dos quais podemos afirmar:

- a) A cobertura vegetal e os corpos d'água reduziram devido o avanço das áreas de agropecuária e houve alteração na oferta de serviços ambientais de provimento;
- b) A comunidade é formada por agricultores adultos e idosos, experientes nos cultivos de corte e queima e vazante, cerca de metade iniciou o ensino fundamental e a maioria são membros participativos de organizações sociais locais, aspectos determinantes em seus posicionamentos e/ou opiniões;
- c) Os agricultores reconhecem a elevada importância dos serviços ambientais, sendo os principais a pesca, a agricultura e a produção de água doce e consideram que a maior parte dos SA da área estão ameaçados, têm elevada vulnerabilidade ambiental, dentre estes a pesca é SA mais ameaçado;
- d) A pesquisa indica a necessidade de políticas e práticas de conservação dos recursos hídricos e de um modelo de produção agrícola com inserção de modelos produtivos de base agroecológicas na área, em substituição a agricultura de corte e queima uma vez que terá influência direta sobre serviços ambientais e qualidade de vida dos assentados;
- e) A maioria dos nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P) dos plintossolos estudados, indicadores químicos de qualidade do solo não foram modificados pelo sistema de uso do solo;
- f) Os sistemas de usos do solo avaliados neste estudo não afetaram o conteúdo de carbono orgânico total (COT), com todos os sistemas de uso apresentando valores abaixo do esperado para a região. O estoque de carbono no solo segue a mesma tendência não havendo diferenças entre os sistemas de uso avaliados. Na camada de 0-30 cm estão estocados cerca de 50% do carbono total aferido, em relação ao perfil de 0-100 cm;
- g) Em nosso estudo não foram encontradas evidências da relação entre a redução do COT e do Estoque de Carbono e o sistema de corte e queima, os baixos valores evidenciam a necessidade da adoção de práticas de gestão adequadas em terras agrícolas que melhoraria o estoque de C e a produção de alimentos.

**APÊNDICE A – Questionário de caracterização socioeconômica e ambiental – Assentamento
Diamante Negro Jutai**

1. INFORMAÇÕES GERAIS:

1.1 Nome do Produtor Rural:				1.2 Comunidade:			
1.3 Idade (anos):				1.4 Cor/Raça:		Branco	Negro
1.5 Sexo:		Feminino	Masculino	Indígena		Mestiço	
1.6 Local de nascimento:				1.7 Tempo que mora no local:			
1.8 Estado civil:		Solteiro (a)	Casado (a)	Separado (a)	Viúvo (a)	União estável	
1.9 Escolaridade:							
Analfabeto				7ª ano Ens. Fun.			
Alfabetização Incompleta				8ª ano Ens. Fun.			
Pré-Escola Ed Infant.				9ª ano Ens. Fun.			
1ª ano Ens. Fun.				1ª ano Ens. Med.			
2ª ano Ens. Fun.				2ª ano Ens. Med.			
3ª ano Ens. Fun.				3ªano Ens. Med.			
4ª ano Ens. Fun.				Ensino Superior Completo			
5ª ano Ens. Fun.				Ensino Superior Incompleto			
6ª ano Ens. Fun.				Pós-Graduação			
1.10 Número de Filhos:							
1.11 Sexo dos Filhos							
MASC							
IDADE							
FEM							
IDADE							
1.12 Escolaridade de Filho (s)							
Analfabeto				7ª ano Ens. Fun.			
Alfabetização Incompleta				8ª ano Ens. Fun.			
Pré-Escola Ed Infant.				9ª ano Ens. Fun.			
1ª ano Ens. Fun.				1ª ano Ens. Med.			
2ª ano Ens. Fun.				2ª ano Ens. Med.			
3ª ano Ens. Fun.				3ªano Ens. Med.			
4ª ano Ens. Fun.				Ensino Superior Completo			
5ª ano Ens. Fun.				Ensino Superior Incompleto			
6ª ano Ens. Fun.				Pós-Graduação			
1.13 Número de membros da Família				1.14 Estrutura familiar:		Grupo Familiar	Família Única
1.15 Tipo de Moradia (material predominante):							
Palha		Taipa coberta de palha		Taipa coberta de telha		Alvenaria	
Alvenaria com reboco e sem piso			Alvenaria com reboco e piso			Alvenaria sem reboco e com piso	
1.16 Condições de		Próprio		Alugado		Emprestando	
						Outros	

moradia							
1.17. Água tratada:	Sim		Não				
1.18 Alternativa para o não acesso à água tratada							
Poço nascente	ou		Carro-pipa		Água da chuva armazenada		Rios, açudes, lagos e igarapés
1.19 Tratamento da água não potável coletada pelos moradores para consumo							
Filtrada		Fervida		Hipoclorito de sódio		Nenhum	Outros
1.20 Destino do lixo:							
Coleta		Enterrado		Queimado		Rio ou lago	Depositado longe da moradia
1.21 Consumo de equipamentos básicos e bens duráveis: (condições de compra)							
Televisão				Telefone celular			
Radio				Motocicleta			
Geladeira				Bicicleta			
Fogão							
Total							

1.22 Trabalho Principal	Agricultor		Pescador		Quebradeira		Outro:	
1.23 Organização que participa	Sindicato		Cooperativa		Colônia		Associação	

2. INFORMAÇÕES DA PRODUÇÃO

2.1 Área Total da propriedade rural (há)							
2.2 Valor investido na produção							
2.3 Tipo de Agricultura							
2.4 Produção Agrícola:							
Nº	Produto	Área de plantio	Quantidade	Destino da Produção		Valor (R\$)	
				Consumo	Venda		
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
2.5. Você usa adubo? () Sim () Não							
Quantidade:			Tipo			Custo	
2.6. Você usa agrotóxico? () Sim () Não							
Quantidade:			Tipo			Custo	
2.7 Práticas de gestão agroecológicas adotadas:			Uso de restos de cultura			Aplicação de adubo orgânico	
			Rotação de culturas			Policultura	
						Total:	
2.8 Uso de máquinas na produção agrícola? () Sim () Não							

2.9	Frequência de uso de máquinas	Preparo do solo	Plantio	Fertilização	Aplicar pesticidas	Colheita	Total	
2.10 Cria animais () Sim () Não								
2.11 Área destinada a criação de animais (há)								
Animal	Área de criação	Destino da Produção				Valor (R\$)		
		Consumo –Sim () Não () Quant.		Venda –Sim () Não () Quant				
2.12 Pesca () Sim () Não								
Tipos de peixes mais capturados atualmente:								
Pescado	Destino da pesca				Valor (R\$)			
	Consumo –Sim () Não () Quant.		Venda –Sim () Não () Quant					
2.13. Realiza coleta e quebra do coco () Sim () Não								
Babaçu	Destino da pesca				Valor (R\$)			
	Consumo –Sim () Não () Quant.		Venda –Sim () Não () Quant					
Amêndoa								
Azeite								
Carvão								

2.14 Composição da renda familiar mensal:	
Valor proveniente da atividade agrícola	
Valor proveniente da atividade criação	
Valor proveniente da atividade pesca	
Valor proveniente da extração de babaçu	
Valor proveniente de programas sociais	
Valor proveniente de outra fonte (não agrícola)	
Rendimento Total mensal familiar	

2.12 Renda familiar mensal:		
Menos de 0,5 salário mínimo	0,5 a menos de 1 salário mínimo	1 salário mínimo
1 a menos de 1,5 salário mínimo	De 1,5 a menos de 2 salário mínimos	2 a mais salários mínimos

3. PERCEPÇÃO DOS PRODUTORES RURAIS EM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS AMBIENTAIS DO ASSENTAMENTO DIAMANTE NEGRO

3.1 Na sua opinião qual é o maior problema ambiental local?

Degradação da Produtividade do Solo	Degradação do Rio e lagos
Degradação da Vegetação	Degradação da Biodiversidade (animais e plantas)

3.2 Na sua opinião qual é a principal causa da Degradação da Produtividade do Solo

Uso de agrotóxico	Redução do pousio	Uso do fogo
-------------------	-------------------	-------------

3.3 Na sua opinião qual é a causa da Degradação Rios e lagos?

Uso de agrotóxico	Redução da vegetação entorno	Aterramento
-------------------	------------------------------	-------------

3.4 Na sua opinião qual é a causa da Degradação da Vegetação?

Desmatamento	Queimadas	Retirada de madeira
--------------	-----------	---------------------

3.5 Classificação e ameaças aos serviços ambientais

Muito ruim (0-1) MR	Ruim (2-3) R	Mais ou menos (4-6) MM	Bom (7-8) B	Muito Bom (9 – 10) MB
Muito pequeno (0-1) MP	Pequena (2-3) P	Mais ou menos (4-6) MM	Grande (7-8) G	Enorme (9 – 10) E
Muito Baixo (0-1) MB	Baixo (2-3) B	Mais ou menos (4-6) MM	Alto (7-8) A	Muito. Alto (9 – 10) MA

Classificar a Importância destes Serviços Ambientais		Classificar a Ameaça a estes Serviços Ambientais	
Fornecer alimentos		Fornecer alimentos	
Pesca		Pesca	
Produzir água limpa		Produzir água limpa	
Proporcionar sombra		Proporcionar sombra	
Controle natural de pragas		Controle natural de pragas	
Conservação dos rios e lagos		Conservação dos rios e lagos	
Prevenir a erosão do solo		Prevenir a erosão do solo	
Diversidade de plantas e animais		Diversidade de plantas e animais	
Beleza da Paisagem		Beleza da Paisagem	
Recreacionais		Recreacionais	

3.3 Relações entre Serviços Ambientais e Bem-estar Humano

Material básico para uma boa vida	
Adquirir Sustento	
Aquisição de Alimentos saudáveis	
Abrigo (moradia)	
Acesso a bens (poder de compra)	
Saúde	
Sentir-se saudável	
Sentindo-se bem	
Boas relações sociais	
Coesão social (união)	
Respeito mútuo	
Solidariedade	
Segurança	
Segurança pessoal	

ANEXO A – Normas da Revista Ecology and Society

Formatting a Manuscript

1. Organizing your submission

To submit, please separate your manuscript and save to the following file types:

- body - from Introduction to end of Literature Cited - (rich-text format)
- tables (each table is an individual file, in rich-text format)
- figures (each figure is an individual image file: GIF, PNG, or JPG)
- equations (each equation is an individual image file: GIF, PNG, or JPG -- GIF is best for equations)
- appendices (pdf for text, tables, and figures; other file types are accepted for online resources, models, spreadsheets, etc.)

If you are unable to save in one of these formats please contact the editorial office.

2. Title, Abstract, Key words/phrases, and Acknowledgments

(Step 3 of the submission process)

Enter your title, abstract, key words/phrases, and acknowledgments directly into the submission interface, either by typing or cutting-and-pasting. Do not duplicate them in the body of your manuscript.

- Title

The title should be entered with only the first word and proper nouns capitalized.
Example: "Basic science, applied science, and the radical middle ground"
Avoid abbreviations
- Abstracts

Abstracts should be less than 300 words.
They should not contain citations.
Avoid abbreviations - if used they must be first spelled out.
- Key words/phrases should be listed alphabetically and separated by a semicolon.

3. Body of the manuscript (from Introduction through to end of Literature Cited)

Note: Figures or tables in the body of the manuscript will generate errors during the submission procedure.

- Headings and subheadings
- Equations, Greek symbols, and statistics
- Text Boxes
- Details of style

Within text referencing

Spacing, fonts, and page numbering

Underlining/italicization

Capitalization

Footnotes

Units

Statistics

Web (HTML) links

- Literature cited

Headings and subheadings must appear on a line by themselves

Main headings:

- Standard headings should be used preferentially (if appropriate)
- INTRODUCTION, METHODS, RESULTS, DISCUSSION, CONCLUSION, LITERATURE CITED
- Other headings are permissible
- Use LITERATURE CITED (not Bibliography, References, nor anything else)
- centered on a line by themselves

Secondary headings

- left-justified on a line by themselves
- bolded
- lowercase except for initial letter of the first word
- e.g., General characteristics of movement

Tertiary headings

- left-justified on a line by themselves
- italicized
- lowercase except for initial letter of the first word
- e.g., Field study and simulation model

Equations and Greek characters

Equations

The process of inserting equations occurs in both Steps 4 and 5.

- First, you must indicate where in the manuscript you want the equations (Step 4)
- Next, you must upload the image of the equation (Step 5).

To designate the location of each equation: Insert tags `<eqn#>` into the text of your manuscript where the equation should appear,

where # = 1,2,3,...,n indicates the sequential number of the equation.

During Step 5, you will be prompted to upload images of your equation(s).

Upload each equation as a separate graphic file named eqn#.gif, where # corresponds to the tags inserted into the body of the manuscript.

Any one equation may be specified any number of times by inserting the appropriate tag in the manuscript in multiple locations.

Greek characters

To include Greek characters in your manuscript please either use the "Insert -- Symbol" feature in Microsoft Word,

or

write out the full name of the Greek character and enclose the word in parentheses (e.g., `<alpha>`, `<beta>`) within the text of your manuscript (click here for a complete list of Greek characters and the associated full name).

Text Boxes

To set content apart in a Text Box, place `<txt#>` at the beginning and `</txt#>` at the end of the content (where # = 1, 2, 3... is the appropriate box number). Put into the body of the manuscript in the approximate desired location.

Details of Style

Within text referencing

- include author plus year of publishing, (Smith 2000)
- separate two references with a comma, (Smith 2000, Green 2002)
- list oldest reference first, (Smith 2000, Green 2002, Brown 2012)
- if two authors give both names, if three authors use 'et al.', (Smith and Brown 2000, Smith et al. 2012)
- the same author in two different years- name the author only once (Smith 2000, 2012, Brown 2013)

- the same author in the same year, designate with italicized letters (Smith 2000a)
- direct quotes should include date followed by page number (Smith 2000:197)
- second hand references (Smith 2000, as cited in Brown 2005)

Note: Smith 2000 should not appear in Lit. Cited section.

Spacing and Fonts

Single-space all material.

Separate paragraphs with a blank line.

Use a 12-point font (preferably Times Roman).

Underlining/Italicization

Italicize scientific names and the symbols for all variables and constants except Greek letters in the text.

Symbols in illustrations should be italic to match the text.

Italics should NOT be used for emphasis.

Do not underline text.

Capitalization

For common names of birds, follow the Ornithological Societies of North America style (AOU checklist), with initial capital letters: Black-throated Green Warbler. For all nonavian taxa, use lower case for common names.

Footnotes

Avoid footnotes in the body of the manuscript; most footnote material can be incorporated in the text for the benefit of readers and editors.

Footnotes below tables are acceptable; instead of numbers, please use (in order): †, ‡, §, |, ¶, #, ††, ‡‡, §§, ||, ¶¶, ##.

Units

Use the International System of Units (Système Internationale: SI) for measurements. Consult Standard Practice for Use of the International System of Units (ASTM Standard E-380-93) for guidance on unit conversions, style, and usage. When preparing text and figures, note in particular that,

SI requires the use of the terms mass or force rather than weight;

use the solidus (/); for two or more units in a denominator, use negative exponents; and use a capital L as the symbol for liter.

Statistics

Use leading zeroes with all numbers <1, including probability values (e.g., $P < 0.001$). For every significant F statistic reported, provide two df values (numerator and denominator). Whenever possible, indicate the year and version number of the statistical software used.

Web (HTML) links

Authors may include links to other Internet resources in their article [e.g., the Breeding Bird Survey (<http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/bbs.html>)]. When inserting a reference to a webpage, please include the <http://> portion of the address.

- The Council of Science Editors (CSE) Style Guide, is recommended for details of style.
- Manuscripts are currently accepted in English only.
- Write with precision, clarity, and economy:
- use the active voice and first person whenever appropriate.
- Use American spellings (e.g., behavior, not behaviour) except when quoting or in citations.

Literature cited - In general, use Harvard Referencing System.

- Each citation in the text must be included in the Literature Cited section.
- Every reference in the Literature Cited must be referred to in the text.
- The list should conform in sequencing and punctuation to that found in recent issues of Ecology and Society.

Citing Ecology and Society:

Folke, C., and L. Gunderson. 2012. Reconnecting to the biosphere: a social-ecological renaissance. *Ecology and Society* 17(4):55.

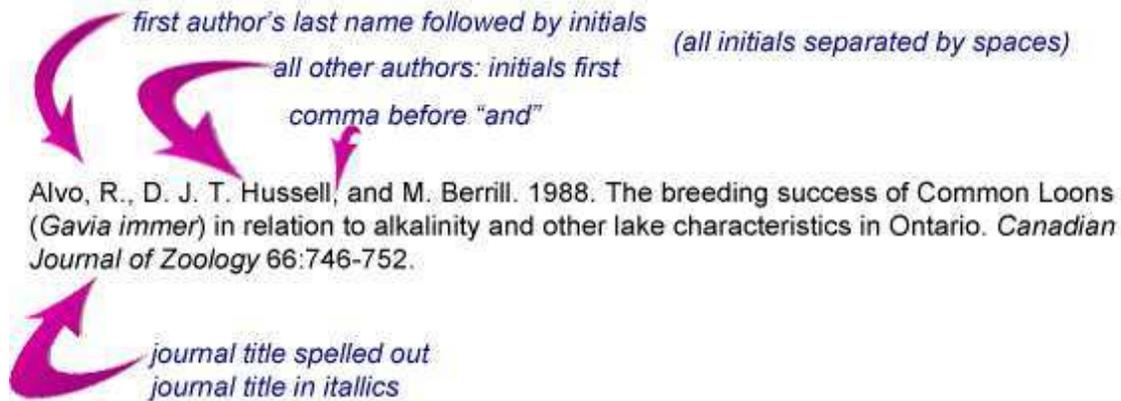


Issue and article numbers are essential when referencing E&S articles (because they are online publications and therefore do not have page numbers).

Example reference

Example Journal

Citation:



- All journal titles should be spelled out completely (i.e., do not abbreviate journal titles).
- In the titles of articles, the spellings of all words should agree with that used in the original publication.
- Provide the publisher's name and location when you cite symposia or conference proceedings; distinguish between the conference date and the publication date if both are given.
- Do not list abstracts or unpublished material in the Literature Cited. They may be listed in the text as personal observations (by an author of the present paper), personal communications (from others), or unpublished x, where x = data, manuscript, or report;
- Provide authors' names and initials for all unpublished data, manuscripts, and reports in the text of the paper.
- Links to online, freely available articles are permitted. Please use the following format:
- [online] URL: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Do not include links to password-protected websites or an author's website. Exceptions to this rule include links to Birds of North America species accounts and links to author's websites that post a software program that is not available by any other means and is integral to the paper.
- Insert spaces between author's initials.
- Last name appears first for first author; initial(s) first for subsequent authors.
- Books and conference proceedings must include publisher information: name, city, state or province (if pertinent), country.

- Conference proceedings must include the city, state/province, country, and year in which the conference was held. Conference dates are typically included, although not required. The editor (s) of the Proceedings should be included, if possible.
- Journal articles in press should include the volume number of the journal even if the page range is not known.

4. Attachments (tables, figs, etc.)

All tables, figures, appendices, videos, computer simulations, and databases constitute attachments to the body of the manuscript. As such, they must be submitted as separate files. During the submission process you will be required to select your attachment type from a drop down list, and then type or paste its associated caption – these steps are repeated until you have input the captions for all of your attachments. You will then upload the attachment files, and our software will generate a web page for each attachment based on the file names and captions provided. Do not include captions or titles in the attachment files themselves.

Please see the Equations section below for information on how to format equations.

Tables

Figures

Appendices

Tables (saved as .rtf files)

- The table's caption is entered separately and should not appear in the table.
- Single space
- Row and column entries separated by cell divisions using the table function in word processing software.
- (That is, tabs, spaces, or blank lines to separate information will not work.)
- No horizontal or vertical lines (borders) to separate cells
- No images within tables
- No color
- Use regular font in column and row headings (no bold or italics)
- Do not merge rows, merging across columns is okay
- No bulleted or numbered lists
- Asterisks are reserved to denote levels of significance, not for footnotes
- Superscripted numbers may be used to identify citations within a table
- The footnote symbols should be in the order: †, ‡, §, |, ¶, #, and then doubled

symbols. (See CSE Style Manual).

- Do not include information in tables that is not discussed in the text of the manuscript.
- Example Tables:

Correctly formatted table – saved as .rtf file.

Header 1	Header 2	Header 3†	
		Subheader 3a	Subheader 3b
row name	datum	datum	datum ¹
	datum	datum ^a	datum ²
row name	datum*	datum ^b	See Fig. 1
row name	datum	datum ^a	datum

†Correct notation for footnote.

*P=0.05

¹Smith (2005), ²Jones (1958)

- ✓ top vertical alignment
- ✓ merged columns (Header 3)
- ✓ correct footnote symbol
- ✓ no list
- ✓ no images
- ✓ plain text
- ✓ no lines or borders
- ✓ individual entries in individual cells
- ✓ superscript letter for grouping (e.g., not sig. different)

Incorrect table

Header 1*	Header 2 ¹	Header 3	
		Subheader 3a	Subheader 3b
row name	• datum • datum	datum	datum
row name	datum	datum	datum
row name	datum	datum	datum

- ✗ middle vertical alignment
- ✗ merged rows
- ✗ number or asterisk to denote footnote
- ✗ list inside cell
- ✗ bold headers
- ✗ lines and borders
- ✗ use of color
- ✗ embedded image

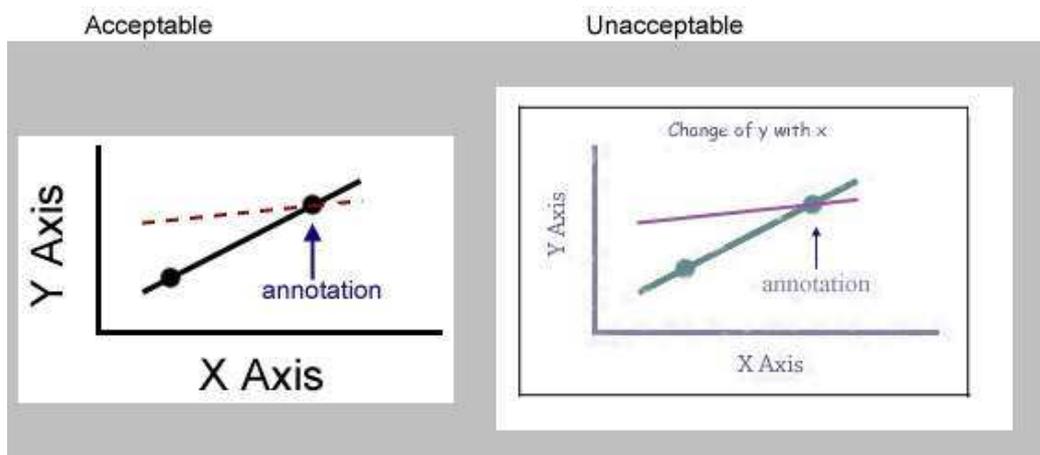
Figures

- Figures are added during Step 5 of the submission process.
- Figures must be clear and sharp.
- Use imaging software (Excel does not export graphs well).
- Figures must be in .GIF, .PNG, or .JPG formats.
- For photos or images with gradients of color use JPG.
- For images with flat colour use GIF or PNG8.
- up to 300 ppi and no wider than 2000 pixels (unless given explicit permission by the managing editor).
- the image will be printed 7.5 cm wide (complex figures may be printed at 16cm) - text

should be legible, clear, and sharp at that size. Print your figure at 7.5 cm; is it legible, clear, and sharp?

- We may ask you to supply high resolution, print-quality versions of your figures.
- Font must be large, legible, and sans serif; Arial font is best.
- Use a white background
- No title or caption information in the figure. That information is entered elsewhere.
- Initial upper case letters are preferred except where SI requires lower case letters for unit abbreviations (e.g., dbh, ln).
- No border around your figures
- Color figures are encouraged. Please verify they will print well in black-and-white (and that colour selection would be distinguishable to people who are red-green colour-blind).
- Use shaded, or hatched bars in preference to color or black ones.
- Use italic lettering for single-letter variables, constants, and scientific names in illustrations to make them consistent with the text.
- Use bar graphs in preference to pie charts

Example Figures:



- ✓ No figure captions
- ✓ Large font relative to image size
- ✓ Dark color
- ✓ Closely cropped
- ✓ Arial font - clear, sharp
- ✓ No border
- ✓ Two lines distinguishable in b & w
- ✓ No hazy or fuzziness

- ✗ figure caption included in image
- ✗ small font
- ✗ grey color
- ✗ wide white margins
- ✗ serif font
- ✗ border
- ✗ lines indistinguishable in b & w
- ✗ haze around text and lines

Appendices

Appendices are not copy edited nor formatted prior to publication so authors must ensure that their appendix is formatted correctly.

Appendices containing text, tables, and/or figures should be uploaded as PDF, formatted according the journal's style.

The top margin of the appendix must be 4 cm.

Include a heading and caption in your pdf, where the heading "Appendix #." is left aligned, bold, and the caption (not bold) is Sentence Case.

Table and figure numbers in appendices should be keyed to the letter identifying that appendix:

Fig. A1.1, for Figure 1 in Appendix 1;

Table A2.3 for Table 3 in Appendix 2.

Equations should be numbered similarly: A2.3, for Equation 3 in Appendix 2, and so on.

Tables are formatted with a double line above the heading, and single lines below the heading and below the last table row.

Enter all title and caption information when asked during the submission process, and upload each appendix as a separate file.

Other appendices

All nontext appendices, such as databases, video, or sound files may be uploaded using an appropriate filetype for the file contents. Appendices should be labeled logically to indicate content (i.e. "Program#.filetype", "Sound#.filetype"). Captions should describe the attachment fully (by content, file format, usage, software required to run them, etc.) and are uploaded separately during the submission process.

ANEXO B – Normas da Revista Carbon Management

Preparing your paper

Structure

Manuscripts should be compiled in the following order: title page (including Acknowledgements as well as Funding and grant-awarding bodies); abstract; keywords; main text; acknowledgements; references; appendices (as appropriate); table(s) with caption(s) (on individual pages); figure caption(s) (as a list).

Word limits

Please include a word count for your paper.

A typical research paper for this journal should be no more than 7000 words.

A short communication or case study for this journal should be no more than 4000 words.

A conference report for this journal should be more than 1000 and no more than 3000 words.

A review article for this journal should be no more than 8000 words.

A commentary for this journal should be more than 500 and no more than 3,000 words.

A book review for this journal should be more than 1200 and no more than 1,800 words.

Style guidelines

Please refer to these [style guidelines](#) when preparing your paper, rather than any published articles or a sample copy.

Please use American spelling style consistently throughout your manuscript.

Please use single quotation marks, except where 'a quotation is "within" a quotation'. Please note that long quotations should be indented without quotation marks.

Formatting and templates

Papers may be submitted in any standard format, including Word and LaTeX. Figures should be saved separately from the text. To assist you in preparing your paper, we provide formatting templates.

A [LaTeX template](#) is available for this journal.

[Word templates](#) are available for this journal. Please save the template to your hard drive, ready for use.

If you are not able to use the templates via the links (or if you have any other template queries) please contact authortemplate@tandf.co.uk

References

Please use this [reference style guide](#) when preparing your paper. An [EndNote output style](#) is also available to assist you.

Checklist: what to include

1. **Author details.** Please include all authors' full names, affiliations, postal addresses, telephone numbers and email addresses on the title page. Authors are strongly encouraged to include an ORCID identifiers and, where available, social media handles (Facebook, Twitter or LinkedIn). One author will need to be identified as the corresponding author, with their email address normally displayed in the article PDF (depending on the journal) and the online article. Authors' affiliations are the affiliations where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer-review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after your paper is accepted. Read more on authorship.
2. A non-structured **abstract** of no more than 200 words. Read tips on writing your abstract.
3. **Graphical abstract** (Optional). This is an image to give readers a clear idea of the content of your article. It should be a maximum width of 525 pixels. If your image is narrower than 525 pixels, please place it on a white background 525 pixels wide to ensure the dimensions are maintained. Save the graphical abstract as a .jpg, .png, or .gif. Please do not embed it in the manuscript file but save it as a separate file, labelled GraphicalAbstract1.
4. You can opt to include a **video abstract** with your article. Find out how these can help your work reach a wider audience, and what to think about when filming.
5. Up to 7 **keywords**. Read making your article more discoverable, including information on choosing a title and search engine optimization.
6. **Funding details.** Please supply all details required by your funding and grant-awarding bodies as follows:
For single agency grants: This work was supported by the [Funding Agency] under Grant [number xxxx].
For multiple agency grants: This work was supported by the [funding Agency 1]; under Grant [number xxxx]; [Funding Agency 2] under Grant [number xxxx]; and [Funding Agency 3] under Grant [number xxxx].
7. **Disclosure statement.** This is to acknowledge any financial interest or benefit that has arisen from the direct applications of your research. Further guidance on what is a conflict of interest and how to disclose it.
8. **Geolocation information.** Submitting a geolocation information section, as a separate

paragraph before your acknowledgements, means we can index your paper's study area accurately in JournalMap's geographic literature database and make your article more discoverable to others.

9. **Supplemental online material.** Supplemental material can be a video, dataset, fileset, sound file or anything which supports (and is pertinent to) your paper. We publish supplemental material online via Figshare. Find out more about supplemental material and how to submit it with your article.
10. **Figures.** Figures should be high quality (1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for color, at the correct size). Figures should be saved as TIFF, PostScript or EPS files. More information on how to prepare artwork.
11. **Tables.** Tables should present new information rather than duplicating what is in the text. Readers should be able to interpret the table without reference to the text. Please supply editable files.
12. **Equations.** If you are submitting your manuscript as a Word document, please ensure that equations are editable. More information about mathematical symbols and equations.
13. **Units.** Please use SI units (non-italicized).