



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ- REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E
TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA**

**Evolução de C-CO₂ em solos sob diferentes manejos no
Seringal Cachoeira, município de Xapuri, Acre, Brasil**

Iusseny do Nascimento Soares Vieira

**RIO BRANCO – AC
2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ- REITORIA DE PESQUISA E
PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA**



**Evolução de C-CO₂ em solos sob diferentes manejos no
Seringal Cachoeira, município de Xapuri, Acre, Brasil**

Iusseny do Nascimento Soares Vieira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**.

Área de Concentração: Ciência e Inovação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Antônio Sartori

**RIO BRANCO – AC
2015**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

V658e Vieira, Iusseny do Nascimento Soares, 1985-

Evolução de C-CO₂ em solos sob diferentes manejos no Seringal Cachoeira, município de Xapuri, Acre, Brasil / Iusseny do Nascimento Soares Vieira – 2015.

69 f.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Curso em Ciências e Inovação Tecnológica para a Amazônia, 2015.

Inclui referências bibliográficas e anexos.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Antônio Sartori.

Bibliotecária: Alanna Santos Figueiredo.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE

PRÓ- REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E
TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA

Iusseny do Nascimento Soares Vieira

Evolução de C-CO₂ em solos sob diferentes manejos no
Seringal Cachoeira, município de Xapuri, Acre, Brasil

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: ___/___/2015

Prof. Dr. Rogerio Antônio Sartori (Orientador)
Universidade Federal do Acre

Prof. Dr. Delcio Dias Marques
Universidade Federal do Acre

Prof. Dr. Ricardo Bezerra Hoffmann
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre

Dedico este trabalho primeiramente ao meu carinhoso filho que dá sentido à minha vida. Aos meus pais, que sempre primaram em me dar uma boa educação e incentivo aos estudos. E ao amor da minha vida, Marcel, pelo companheirismo, apoio, compreensão e atenção nos momentos alegres e tristes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por nortear a minha vida.

Agradeço a todos os meus professores do departamento do Mestrado CITA pelos ensinamentos passados ao longo do curso.

Ao meu orientador, Rogério Sartori, pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

Ao meu amigo, Ricardo Hoffmann, que se dedicou em oferecer as melhores condições para viabilizar e o maior motivador deste trabalho.

Sou grata por ter em meu caminho amigos fraternais como Cibele, Liandro, Alana, Elvis, Graciele, Ricardo, Deimisson, Valéria, Cláudia, Paulo, Marcilene e Ari.

Aos meus colegas do mestrado Pedro Henrique, Antônio, Cleyton, Leandro, Elessandro e Lucas.

Agradeço aos funcionários do IFAC, como os motoristas, Raimundo e Ribamar, por me ajudarem e me levarem ao local de estudo, e, ao auxiliar de campo Mariceldo por me auxiliar nas coletas de campo.

À direção administrativa do IFAC por disponibilizar os veículos para a realização das coletas.

E por fim, agradeço ao Sr. Sanderlei, que abriu as portas da sua propriedade, tornando possível a realização das coletas de solo nas suas áreas.

RESUMO

O gás carbônico tem sido o objeto de vários estudos recentes, tendo em vista que o aumento da sua concentração na atmosfera está relacionado ao agravamento do efeito estufa, provocando alterações climáticas por meio do aquecimento global, ameaçando o equilíbrio natural do planeta. Além disso, o aumento das atividades antrópicas sobre o solo pode influenciar na liberação de gases relacionados ao efeito estufa. Neste sentido, os métodos que avaliam a evolução de C-CO₂ têm sido considerados na literatura como importantes indicadores para detectar alterações do ambiente, devido às mudanças ocorridas na atividade microbiana em decorrência do sistema de cultivo empregado. O estudo foi realizado em uma propriedade localizada no Seringal Cachoeira, na cidade de Xapuri, AC. Foram coletados e incubados solos submetidos a diferentes manejos: sistema agroflorestal, agricultura convencional, pastagem e mata nativa (área referência de condição original do solo). As amostras dos solos foram caracterizadas quanto aos seguintes indicadores físicos e químicos: umidade, textura, pH do solo, carbono orgânico, conteúdo de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, determinação de Ca, Mg, Na, K, e Al trocáveis, soma de bases, acidez trocável (H+Al), fósforo total, fósforo remanescente, saturação em alumínio (m%) e saturação de bases (v%). As coletas foram realizadas nos meses de março, maio e agosto de 2015, e utilizou-se a técnica de respirometria para realizar as medições da evolução de C-CO₂ periodicamente até o 50^o dia de incubação das amostras. A distribuição da evolução de C-CO₂ acumulado apresentou diferenças em relação ao manejo do solo, e foram observados maiores valores para emissões de CO₂ nas áreas de pastagem e de mata nativa. Sendo assim, o manejo do solo influencia a quantidade de evolução de C-CO₂, e as áreas de agrofloresta e de agricultura apresentaram maior capacidade de estocar e conservar carbono, tendo assim, bom potencial de sequestro de carbono.

Palavras chave: respirometria, dióxido de carbono, atividade microbiana, manejo do solo, sequestro de carbono.

ABSTRACT

Carbon dioxide has been the subject of several recent studies, with a view to increasing its concentration in the atmosphere is related to the greenhouse effect, causing climate change through global warming, threatening the natural balance of the planet. Furthermore, the increase of human activities on the ground can influence the release of greenhouse gases related. In this sense, the methods that assess the evolution of C-CO₂ have been considered in the literature as important indicators to detect environmental changes due to changes in microbial activity due to the culture system employed. The study was conducted in a property located in Seringal Cachoeira, in the city of Xapuri, AC. They were collected and incubated soil under different managements: agroforestry, conventional agriculture, pasture and native forest (reference area of original soil condition). The soil samples were characterized with the following physical and chemical indicators: moisture, texture, soil pH, organic carbon, organic matter content, cation exchange capacity, determination of Ca, Mg, Na, K, and Al exchangeable, sum bases, exchangeable acidity (H + Al), total phosphorus, remaining phosphorus, aluminum saturation (m%) and base saturation (v%). Samples were collected in March, May and August 2015, and used the respirometry technique to perform measurements of the evolution of C-CO₂ periodically until the 50⁰ day of incubation of the samples. The distribution of the accumulated increase of C-CO₂ showed differences in relation to soil management, and showed higher values for CO₂ emissions in the pastures and native forest. Thus, soil management influences the amount of increase of C-CO₂, and areas of agroforestry and agriculture had greater ability to store and conserve carbon, thus, good carbon sequestration potential.

Keywords: respirometry, carbon dioxide, microbial activity, soil management, carbon sequestration.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Manejo do solo e sequestro de carbono	16
2.2	Indicadores de qualidade do solo	19
2.2.1	Indicadores físicos	19
2.2.1.1	Textura	20
2.2.1.2	Estrutura do solo.....	22
2.2.1.3	Densidade do solo	22
2.2.2	Indicadores químicos	23
2.2.2.1	Potencial de hidrogênio (pH)	24
2.2.2.2	Cátions trocáveis e Capacidade de troca catiônica (CTC)	25
2.2.2.3	Saturação por bases (v%)	26
2.2.2.4	Matéria orgânica do solo	26
2.2.3	Indicadores biológicos	27
3	METODOLOGIA	28
3.1	Área de estudo e coleta de solos	28
3.2	Caracterização das amostras	30
3.2.1	Umidade atual	30
3.2.2	Análise granulométrica e classificação textural	31
3.2.3	pH (em H ₂ O e KCl)	32
3.2.4	Carbono orgânico e Matéria orgânica	32
3.2.5	Capacidade de troca de cátions (CTC) e bases trocáveis.....	33
3.2.5.1	Determinação de Ca, Mg e Al trocáveis	33
3.2.5.2	Determinação de Na ⁺ e K ⁺	35
3.2.5.3	Soma de bases (S ou SB)	36
3.2.5.4	Acidez extraível ou acidez potencial.....	36
3.2.5.5	CTC e CTC efetiva	37
3.2.6	Saturação por bases (v%).....	37
3.2.7	Saturação por alumínio	38
3.2.8	Saturação por sódio	38

3.2.9	Fósforo disponível e remanescente	38
3.3	Respirometria	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1	Caracterização edafo-climáticas	43
4.2	Análises físicas	44
4.3	Análises químicas	46
4.4	Respiração do solo	49
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	57
	ANEXO A – DADOS DO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA	65
	ANEXO B – TABELAS DE INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS	67

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com as mudanças climáticas em evidência, o interesse na identificação dos sistemas de manejo de culturas que promovam a melhoria do estoque de carbono no solo tem aumentado, a fim de potencializar o solo como agente sequestrante de carbono da atmosfera, como estratégia para mitigar as emissões de carbono antropogênico (FREITAS et al., 2000; XAVIER, 2014).

O CO₂ tem sido o objeto de muitos estudos mais recentes, tendo em vista que o aumento de sua concentração na atmosfera está relacionado ao agravamento do chamado efeito estufa, que provoca alterações climáticas por meio do aquecimento global, ameaçando o equilíbrio natural do planeta (HOUGHTON, 1997).

A atmosfera terrestre é composta por vários gases como o metano, óxido de nitrogênio e gás carbônico que possuem a capacidade de absorver parte da radiação infravermelha resultante do aquecimento da superfície terrestre pelo sol, que é emitida de volta para a superfície da terra, resultando num confinamento dessa radiação na atmosfera da Terra, o que eleva a temperatura média do planeta.

O efeito estufa é um fenômeno climático que ocorre naturalmente e é responsável pela manutenção da temperatura do planeta, contudo, esse efeito tem sido intensificado devido ao aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera devido às atividades antropogênicas. Esse aumento na concentração de gases do efeito estufa na atmosfera deverá provocar, com o passar dos anos, alterações na vegetação (JONES et al., 1998), distúrbios nos níveis aquáticos e impactos na agricultura (HUNGATE et al., 2000).

A principal causa mundial de liberação de CO₂ para a atmosfera é a queima de combustíveis fósseis (TOWNSEND et al., 2006). No entanto, o uso do solo e a decomposição de resíduos também são fontes de produção de CO₂ para a atmosfera, pois o processo de decomposição da matéria orgânica do solo afeta diretamente o ciclo e a liberação do CO₂, podendo ser incrementada de acordo com o manejo do solo, por ser essa uma prática que influencia no comportamento da matéria orgânica do solo.

O solo é um corpo natural dinâmico constituído de materiais minerais e orgânicos e que abriga uma série de organismos que determinam o equilíbrio de

muitos ecossistemas (ANDRADE; SOUZA, 1986). Sendo assim, a implantação de diferentes manejos do solo tem se revelado uma preocupação crescente da sociedade, buscando uma melhoria da preservação e da conservação de ambientes.

A matéria orgânica, uma vez no solo, torna-se substrato para a atividade microbiana, pois os microrganismos realizam a decomposição de produtos como os materiais orgânicos e produzem CO₂. A liberação de CO₂ é um indicador da atividade microbiana, do suprimento (quantitativo e qualitativo) de substratos orgânicos aos microrganismos e das interações entre a microbiota e a matriz do solo, e conhecer um pouco mais sobre a dinâmica de decomposição dos resíduos pode contribuir para definir melhor os procedimentos mais adequados para o manejo do solo e de seu melhor aproveitamento com vistas ao incremento da qualidade do solo (COSTA et al., 2003; CIOTTA et al., 2004).

Dentre os reservatórios de C nos ecossistemas terrestres, o solo é o de maior expressão. Segundo dados de Xavier (2014), o solo contém cerca de 2500 gigatoneladas (Gt = 10¹⁵ g) de carbono no solo, enquanto que aproximadamente 560 Gt de carbônico orgânico estão contidos na biota terrestre e 760 Gt na atmosfera. Sendo a quantidade de carbono mais de quatro vezes que a quantidade presente na biota terrestre, e mais de três vezes que a da atmosfera.

A ciclagem de nutrientes ocorre como consequência da atividade microbiana e é especialmente importante em ecossistemas de baixa fertilidade. Para o monitoramento da qualidade edáfica, são utilizados indicadores da atividade dos microrganismos do solo, que pode ser avaliada de diversas formas, como pela medição da sua biomassa, da atividade de certas enzimas no solo, respiração microbiana basal (TÓTOLA; CHAER, 2002), dentre outras. Tais propriedades biológicas e bioquímicas do solo são mais sensíveis ao seu uso e manejo, consideradas indicadores que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais, constituindo-se, portanto, ferramentas importantes para orientar o planejamento e a avaliação de práticas de manejo (CARVALHO, 2005).

Os atributos bioquímicos que denotam processos edáficos dos ecossistemas, como a respiração microbiana, mostram-se mais sensíveis para captar as alterações ocorridas no ambiente (PEÑA et al., 2005). Assim como outros processos metabólicos, a respiração é dependente do estado fisiológico da célula e é influenciada por diversos fatores no solo, tais como: umidade, temperatura,

estrutura, disponibilidade de nutrientes, textura, relação C/ N, presença de resíduos orgânicos, dentre outros (CARVALHO, 2005). Altas taxas de respiração podem significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de C orgânico do solo para a atmosfera (PARKIN et al., 1996). Nos solos, a matéria orgânica tem papel central na manutenção de sua fertilidade. No entanto, algumas práticas agrícolas e florestais, como o uso de corretivos e fertilizantes (DELLA BRUNA et al., 1991), têm sido comumente associadas à redução do teor de matéria orgânica em razão, principalmente, do estímulo à respiração microbiana.

A respiração microbiana é definida como a absorção de O₂ ou liberação de CO₂ pelas bactérias, fungos, algas e protozoários no solo, incluindo as trocas gasosas que resultam de ambos os metabolismos aeróbios e anaeróbios (GAMA-RODRIGUES; DE-POLLI, 2000). O método da respirometria, produção de C-CO₂ ou C mineralizável, tem como objetivo medir o quanto de C é respirado pela microbiota do solo em um determinado período de tempo. Esse método baseia-se na captura do C-CO₂ liberado de uma amostra de solo em uma solução de hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio e sua quantificação por titulação com ácido clorídrico (MENDONÇA; MATOS, 2005).

A respiração basal é o parâmetro que quantifica o C-CO₂ que é liberado pelos microrganismos edáficos para a atmosfera, refletindo a atividade microbiológica do solo (GAMA-RODRIGUES, 1999). A liberação de altas taxas de C-CO₂ provenientes da respiração microbiana pode indicar tanto um distúrbio ecológico como um alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM; WEIL, 2000).

Os solos destinados à agricultura e plantações florestais tem grande importância no que se refere ao sequestro de carbono. O teor de carbono reflete os níveis de matéria orgânica no solo e estes afetam atributos físicos como a agregação do solo, densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração. Segundo Bayer e Mielniczuk (1999) a quantidade total de carbono num solo depende principalmente do tipo de solo, do sistema de manejo, e da cobertura. Os efeitos que os sistemas de manejo exercem sobre a formação e estabilização dos atributos físicos criam condições de equilíbrio físico distintos, e são responsáveis pela dinâmica do sistema solo, podendo ser desfavoráveis ou não para conservação do solo.

Palacios (2010) aponta os sistemas agroflorestais como uma alternativa à produção agropecuária por minimizar o efeito da intervenção humana, em virtude da existência de várias espécies dentro de uma área, aumentando a diversidade do ecossistema onde interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções são melhor aproveitadas. Palacios (2010) abordaram o fato de sistemas agroflorestais apresentarem a capacidade de estocar e conservar grandes quantidades de carbono na biomassa viva e no lenho, tendo assim, bom potencial de sequestro de carbono.

Nas últimas décadas, a avaliação da qualidade do solo tem ganhado destaque e tem sido vista com um indicador integrado da qualidade do ambiente e da sustentabilidade da produção, onde para avaliá-la, atributos físicos, químicos e biológicos devem ser identificados e quantificados quanto à sua sensibilidade a sofrer mudanças e distúrbios decorrentes da intensificação de sistemas de uso e manejo e tem sido amplamente realizada para monitorar a produtividade sustentável dos solos (SILVA et al., 2010).

Neste sentido, visando melhor compreender a dinâmica do carbono nestes ecossistemas, amostras de solos submetidos a diferentes tipos de manejo em uma área situada no Seringal Cachoeira na cidade de Xapuri, no Estado do Acre, foram caracterizadas quanto aos seus atributos físicos e químicos, e avaliou-se a atividade microbiana presente por meio da evolução de C-CO₂, a fim de diferenciar e identificar a sustentabilidade dos manejos empregados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O solo pode ser considerado um dos mais importantes recursos naturais dos ecossistemas, na medida em que exerce algumas funções básicas para a reprodução da vida animal e vegetal, tais como de suporte ao crescimento e fornecimento de água e nutrientes para as plantas. Essas funções são fundamentais para os seres humanos, em particular no que se refere à produção de alimentos e de outros bens necessários à sua vida (ACRE, 2000; 2006).

Segundo Reichert et al. (2003), o solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas, já que perdas em suas propriedades, que resultem na redução da capacidade de propiciar o crescimento vegetal ou que impliquem riscos ao meio ambiente, geram grande impacto negativo às comunidades rurais. Por outro lado, a melhoria do ambiente edáfico tem efeitos positivos sobre todo o ambiente, sendo de grande importância o conhecimento da qualidade do solo e sua quantificação via indicadores físicos, químicos e biológicos. Sua avaliação, por meio de indicadores, associada a informações sobre crescimento vegetal e aspectos ambientais, especialmente aqueles relacionados à erosão dos solos, podem ser úteis para o estabelecimento de uma agricultura sustentável.

Fageria e Stone (2006) aponta o solo como um recurso natural não renovável muito importante para a humanidade, e que sua qualidade é determinante para a produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Várias são as definições encontradas na literatura para qualidade do solo. Segundo o Soil Science Society of America (1997), a qualidade do solo é definida como a sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade do meio ambiente e promover a saúde das plantas e dos animais.

De maneira análoga, Parr et al. (1992) definiram a qualidade do solo como sua capacidade de produzir de maneira sustentável a longo prazo, melhorando a saúde humana e animal, sem causar danos ao meio ambiente.

Segundo Doran e Parkin (1994), a qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade que o solo possui em exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter

ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana.

Contudo, de acordo com Fageria e Stone (2006), o conceito de qualidade do solo não deve ser confundido com o de saúde, da produtividade ou da fertilidade do solo. A saúde do solo é a habilidade que o solo possui de produzir de acordo com sua potencialidade e sofre mudanças com o passar do tempo em decorrência do uso e manejo. A produtividade do solo é a sua capacidade de produzir determinada quantidade de grãos ou de matéria seca sob determinadas condições de manejo. A fertilidade do solo refere-se à capacidade do solo de fornecer os nutrientes essenciais, em quantidade e proporções adequadas, para o crescimento das plantas.

A boa qualidade do solo é essencial não apenas para aumentar a produtividade das culturas, mas também para manter a qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente, a saúde das plantas, dos animais e dos homens. As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e os fatores ecológicos formam a qualidade do solo e determinam a produtividade do sistema agrícola (KARLEN et al., 2003). Tais propriedades da qualidade do solo podem ser alteradas ou melhoradas por meio da adaptação das práticas de manejo, embora algumas propriedades permanentes do solo, como profundidade, relevo, textura e mineralogia, que contribuem significativamente para a sua qualidade, sofram muito poucas alterações com o manejo.

O manejo do solo é um fator importante na determinação da sua qualidade e, por conseqüência, da sua capacidade de fornecer nutrientes e de produzir alimentos a fim de atender às necessidades de sobrevivência humana (SANTOS, 2010). O crescente aumento das práticas agrícolas tem gerado grande impacto sobre a biodiversidade dos agroecossistemas. A disponibilidade dos nutrientes, o teor de matéria orgânica e de seus constituintes, a biomassa microbiana e a sua atividade, são atributos sensíveis às mudanças no manejo do solo, sendo objeto de estudo em diversos trabalhos com o objetivo de saber qual o sistema de manejo mais adequado para manutenção da produtividade das culturas e sustentabilidade dos agrossistemas.

Chaer (2001) descreve o solo como um ambiente complexo, onde interagem diversos processos químicos, físicos e biológicos, que são de natureza heterogênea,

os quais estão em constante fluxo, e geralmente são de difícil medição. Atualmente, um dos maiores desafios da pesquisa é avaliar a qualidade de um solo de maneira simples e confiável. Segundo esses autores, ela pode ser medida por meio da quantificação de alguns atributos do solo, ou seja, por meio de propriedades físicas, químicas e biológicas, que possibilitem o monitoramento de mudanças, a médio e longo prazo, no estado de qualidade desse solo.

Segundo Santana (2002), a qualidade do solo é estimada pela observação ou medição de diferentes propriedades ou processos, e nenhuma propriedade pode ser usada isoladamente como um índice de qualidade do solo. Os tipos de indicadores que são mais úteis dependem da função do solo para a qual está sendo avaliado. Um bom indicador deve ser fácil de medir, responder facilmente às mudanças, ser diretamente relacionado com os requerimentos de qualidade do solo e ter um limite claro separando as condições de sustentabilidade daquelas que não são.

Por isso, alguns autores propõem modelos a fim de superar esta dificuldade, que é o de se definir explicitamente as funções da qualidade do solo, identificando os atributos de cada função, e assim, selecionar um conjunto mínimo de indicadores para a medição de cada atributo.

Tótola e Chaer (2002) descrevem a existência de vários modelos para avaliação da qualidade do solo, entretanto, tais modelos são de complexa aplicação e enfatizam a qualidade do solo voltada para a produção, sendo sua aplicação direcionada, sobretudo para pesquisa.

Araújo et.al (2007) aponta dois diferentes enfoques que têm sido propostos por Santana e Bahia Filho (1998) para se estabelecer critérios de referência: um que represente as condições ecológicas de estabilidade do ambiente solo, ou seja, uma área sob vegetação natural; e, parâmetros agrônômicos que maximizem a produção e conservem o meio ambiente.

Islam e Weil (2000) propuseram a utilização de dados de atributos físicos, químicos e biológicos de uma área de floresta natural não perturbada para serem utilizados como referência para montar um índice geral da qualidade do solo, acreditando-se que há relação inversa entre a intensidade de uso de um solo e uma boa qualidade, comparando a qualidade do solo em áreas sob diferentes usos, utilizando-se atributos de natureza física, química e biológica (ARAÚJO et al., 2007).

Outra linha de pensamento em relação à qualidade do solo é que a matéria orgânica do solo é considerada como o indicador ideal para avaliar qualidade do solo, e baseia-se nas várias funções e processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo estarem relacionados à presença de matéria orgânica (KARLEN et al, 1997).

Desta forma, para Arcoverde (2013), para se avaliar a qualidade do solo como um indicador de sustentabilidade de sistemas agrícolas, além de ser essencial a escolha criteriosa de um conjunto mínimo de indicadores, deve-se escolher indicadores com características desejáveis, com potencial para relacionar os efeitos de determinada prática de manejo agrícola e os atributos de um agrossistema.

2.1 Manejo do solo e sequestro de carbono

Tem sido crescente a preocupação mundial em relação às mudanças climáticas no planeta, principalmente, as ocasionadas em decorrência das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa, como CH₄ e N₂O. Com isso, tem-se buscado estratégias que visem à redução das fontes desses gases.

Atualmente, o grande debate da ciência do solo é quanto à capacidade que o solo possui em sequestrar CO₂ da atmosfera (LAL, 2004a), sabe-se que alguns sistemas agrícolas ou condições de manejos utilizados podem potencializar ou mitigar a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera (CARVALHO et al, 2010). No último século, depois da revolução industrial, o aumento na concentração de CO₂ na atmosfera foi de 25%, isso se deu principalmente devido às atividades antrópicas como queima de combustíveis fósseis e alterações no uso das terras. As atividades agrícolas contribuem com um quarto do efeito total, desta fração, dois terços são relacionados com as práticas agrícolas e um terço está associado à conversão de terras para uso agrícola (LAL, 2004b).

Carvalho et al. (2010) apontou dados de que mudanças de ecossistemas nativos para agrossistemas, somadas à agricultura, contribuem atualmente com cerca de 24% das emissões mundiais de CO₂ para a atmosfera. No Brasil, as emissões desses gases devido à mudança de uso da terra e agricultura são bem

mais acentuadas representando aproximadamente 75% do total de emissões de carbono.

Em regiões tropicais, condições climáticas como temperaturas elevadas e altos índices pluviométricos influenciam diretamente o fluxo de CO₂ para atmosfera, favorecendo a rápida decomposição dos materiais orgânicos presentes no solo e aumento da taxa de respiração devido à atividade microbiana (SILVA; MACHADO, 2000). Apesar dessa maior taxa de decomposição, os solos em regiões de clima tropical armazenam 32% do total de carbono orgânico contido nos solos do planeta (CARVALHO et al., 2010).

A diminuição na quantidade de matéria orgânica do solo em decorrência das mudanças no uso da terra e da agricultura tem contribuído com 78 Pg de C para a atmosfera na forma de CO₂. Por outro lado, solos submetidos a manejos conservacionistas podem acumular valores na ordem de 30 a 60 Pg de C num período de 25 a 50 anos de cultivo (LAL, 2004ab).

A concentração de CO₂ presente nos poros do solo é significativamente maior cerca de 10 a 100 vezes do que na atmosfera, tal fato está associado à atividade respiratória no solo, sendo a respiração radicular responsável por 20% desse aumento na concentração de CO₂, e os 80% restantes da atividade biológica do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Segundo Bruce et al. (1999), o solo é considerado o principal reservatório temporário de carbono no ecossistema, por apresentar, em média, 4,5 vezes mais carbono do que a biota e 3,3 vezes mais do que a atmosfera (Lal, 2004b), e práticas de manejo que favorecem a oxidação da matéria orgânica no solo pelos microrganismos e conseqüentemente, a liberação de CO₂, pode aumentar ainda mais a quantidade de carbono na atmosfera. Contudo, o processo também pode ser inverso se práticas de manejo conservacionistas forem empregadas, pois o solo pode contribuir para retirar CO₂ da atmosfera e retardar o seu retorno.

O uso inadequado do solo aliado a práticas não conservacionistas permite que o carbono estocado no solo na forma orgânica e microbiana, como também na forma de biomassa vegetal, seja remobilizado para a atmosfera. De acordo com Batjes (1998), a concentração de CO₂ pela agricultura pode ser mitigada pela redução da emissão pelo melhor uso do solo; criação e fortalecimento das reservas de carbono no solo e substituição dos combustíveis fósseis por biocombustíveis.

Lal et al. (1998) considera o solo um dreno de carbono, pois o CO₂ fixado via fotossíntese pode ser estocado no solo e em outros organismos ou em seus resíduos, podendo resistir mais fortemente à biodegradação. O uso efetivo da matéria orgânica é importante por aumentar o conteúdo de carbono orgânico do solo, melhorando a qualidade deste, aumentando a produção de biomassa e reduzindo a emissão de CO₂.

Estudos tem mostrado que a manutenção do estoque de carbono no solo cultivado é intrínseca ao manejo dispensado ao solo e às culturas. No Brasil, são poucas as pesquisas que avaliam a contribuição da agricultura na emissão de gás carbônico. Estimativas de Cerri et al. (2007) demonstram ter ocorrido emissão líquida anual de 46,4 milhões de toneladas no período de 1975-1995, enquanto que, por exemplo, a mitigação em decorrência da adoção do sistema plantio direto alcançou 33 milhões de toneladas de gás carbônico anualmente, no mesmo período.

Deve ser dada uma maior atenção ao manejo da matéria orgânica do solo, pois o seu incremento no sistema de produção causa impactos positivos na melhoria da qualidade do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005). Para que o estoque da matéria orgânica no solo se estabilize ou não decresça, é recomendável aos sistemas de manejo de solo e de culturas adotados adições de material orgânico em maior quantidade do que as perdas causadas pela decomposição.

Nesse sentido, a biomassa microbiana desempenha um importante papel como indicador de qualidade do solo e pode ser estimada por métodos relativamente simples, por meio da quantificação de componentes extraídos do solo. A medida atividade microbiana, determinada pela evolução de CO₂ proveniente da respiração de microrganismos heterotróficos aeróbicos durante a oxidação da matéria orgânica, é uma das mais utilizadas (TÓTOLA; CHAER, 2002). A respiração basal pode ainda, estar relacionada com a disponibilidade de carbono da biomassa (ROSCOE et al., 2006).

No campo, as medições da respiração basal são muito utilizadas para avaliar a atividade da biomassa microbiana do solo, sob a influência do clima, das propriedades físicas e químicas e de práticas agrícolas empregadas. O teor e a dinâmica da matéria orgânica podem ser alterados de acordo com as práticas de manejo adotadas, sendo assim, a respiração do solo pode ser utilizada como

indicador de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo (PEZARICO, 2009).

2.2 Indicadores de qualidade do solo

Indicadores são instrumentos que permitem avaliar um sistema e, que determina as condições que esse sistema se encontra, e que nível deve ser mantido a fim de garantir a sua sustentabilidade. Os indicadores de qualidade do solo podem ser físicos, químicos ou biológicos, e nesta revisão será feita uma breve discussão sobre alguns importantes indicadores do solo em relação à produção das culturas.

2.2.1 Indicadores físicos

As propriedades físicas são alguns dos atributos importantes do solo no que se refere à produção eficiente das culturas, pois sob condições ideais de manejo, a produção será mais alta, se tais propriedades estiverem em uma faixa favorável. As propriedades físicas do solo influenciam principalmente as relações ar-água, a temperatura do solo e a resistência mecânica, que prejudica a emergência das plântulas ou o crescimento radicular e, conseqüentemente, afeta diretamente o crescimento das plantas (FAGERIA e STONE, 2006).

É crescente a avaliação dos indicadores físicos do solo, pelo fato de exercerem função de sustentação do solo, e, além disto, tem-se observado uma relação entre a melhoria da qualidade física com a melhoria da qualidade química e biológica do solo (REYNOLDS et al., 2002).

2.2.1.1 Textura

A textura se refere à distribuição relativa das partículas minerais do solo, tomando como base seu diâmetro em frações granulométricas, e de maneira geral, são agrupadas em três frações granulométricas do solo: areia (2-0,05 mm), silte (0,05-0,002 mm) e argila (abaixo de 0,002 mm). Essa propriedade física do solo não sofre alteração em decorrência das práticas culturais ou de manejo. A classe textural do solo é a interpretação da proporção (em g kg⁻¹ de solo) das partículas de diferentes granulometrias. O solo pode ter classe textural argilosa, média, arenosa e siltosa (SANTI et al., 2007).

Segundo Marcolin e Klein (2011), as partículas minerais do solo apresentam propriedades e comportamentos bastante distintos. A fração areia, devido ao maior diâmetro, permite maior permeabilidade à água e ao ar no solo, e menor capacidade de retenção de água pela facilidade de perda pela infiltração ou lixiviação. A fração silte possui poros menores e mais numerosos, retendo mais água e menor taxa de drenagem do que areia. A argila, em função do seu menor tamanho, resulta em infiltração mais lenta e elevada retenção de água e fluxo lento de ar e água.

Dessas frações, a argila é a que possui maior superfície específica e é de natureza coloidal com alta retenção de cátions e adsorção de fósforo. A fração argila representa a maior parte da fase sólida do solo e é constituída de uma gama variada de minerais (minerais de argila) que apresentam cargas elétricas negativas responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC).

Uma vez determinadas as devidas proporções de partículas do solo (areia, silte argila), pode-se identificar a classe textural do solo por meio de um gráfico chamado triângulo textural, onde os solos são agrupados em 13 classes definidas pela porcentagem de areia, silte e argila.

Classificam-se como arenosos todos os solos cujo teor de areia em massa é de 70% ou mais, dividido novamente nas classes areia e areia-franca. O grupo argila inclui todos os solos que contêm 40% ou mais de argila, e é dividido em quatro classes: argilo-arenoso, argilo-siltoso, argiloso e muito argiloso. Solos francos ou de textura média apresentam uma mistura equilibrada de partículas de areia, silte e argila. O grupo franco é subdividido em franco-arenoso, franco, franco-siltoso,

franco-argiloso, franco-argilo-arenoso e franco-argilo-siltoso (FAGERIA; STONE, 2006).

Existem triângulos para designar diversas classes texturais (Figura 1), que são utilizados na classificação da textura de um solo.

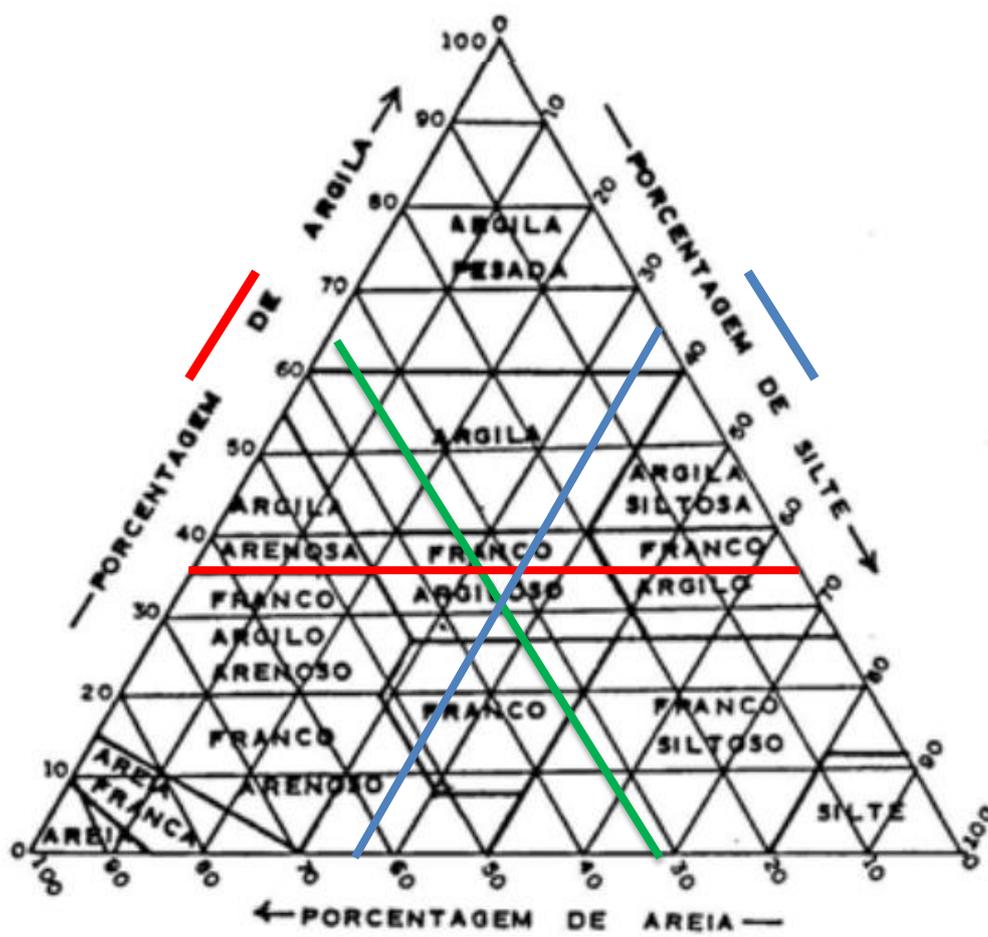


Figura 1. Diagrama triangular para a classificação textural do solo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Lemos e Santos, 1996).

Primeiro deve-se localizar a porcentagem de argila no lado esquerdo do triângulo e traçar a linha correspondente à argila, depois deve-se localizar a porcentagem de areia na base do triângulo e desenha uma linha paralela ao lado correspondente à porcentagem de silte. O ponto na qual as duas linhas se interceptam indica a classe textural da amostra do solo (CORINGA, 2012).

2.2.1.2 Estrutura do solo

O agrupamento das partículas do solo (areia, silte e argila) em agregados e seu arranjo em vários padrões resultam na estrutura do solo. No que tange à produção, a estrutura do solo afeta o crescimento das plantas pela sua influência sobre infiltração, percolação, retenção de água, aeração do solo e impedimento mecânico ao crescimento radicular. A estrutura do solo é uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas à sua forma e ou a sua estabilidade (CAMPOS et al., 1995; ALBUQUERQUE et al., 1995).

2.2.1.3 Densidade do solo

A densidade do solo é uma propriedade física que pode ser definida como a massa do solo seco por unidade de volume que essa massa ocupa incluindo o espaço ocupado pelo ar e pela água, e é expressa em megagramas por metro cúbico ou quilogramas por decímetro cúbico. A massa refere-se ao solo seco a 105°C-110°C, e o volume, ao volume ocupado por sólidos e por vazios (espaço poroso). De acordo com Aguiar et al (2008), a densidade é afetada por praticamente todos os fatores que estão relacionados à estrutura do solo, como o grau de compactação do solo, profundidade, matéria orgânica e pelo uso e manejo do solo. Reichert et al. (2003) propuseram valores de densidade do solo crítica para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos.

Os solos com teor elevado de matéria orgânica, geralmente têm densidade menor que 1 Mg m⁻³. A densidade do solo geralmente diminui com o incremento do teor de matéria orgânica (FAGERIA; STONE, 2006). A baixa densidade do solo é atribuída à baixa massa de sólidos por unidade de volume que corresponde a um maior espaço poroso. Solos altamente porosos permitem rápida infiltração e percolação da água, mas também exibem menor retenção de água. São altamente permeáveis, bem drenados e bem aerados. Um solo permeável permite a pronta

circulação de ar, água e maiores condições de penetração de raízes das plantas, podendo conferir melhores produtividades.

A aeração do solo facilita a troca de dióxido de carbono e oxigênio entre o espaço poroso do solo e a atmosfera. O oxigênio é consumido, e o CO₂ é produzido no solo por meio do processo respiratório das raízes das plantas e da atividade microbiana.

2.2.2 Indicadores químicos

Os indicadores químicos apresentam relevância tanto nos estudos agronômicos quanto ambientais e, de acordo com Gomes e Filizola (2006), normalmente são agrupados em quatro classes: a) aqueles que indicam os processos do solo ou de comportamento (Ex.: pH, Carbono Orgânico); b) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions (Ex.: tipo de argila, CTC, CTA, Óxidos de Ferro; Óxidos de Alumínio); c) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas (Ex.: macro e micronutrientes); d) aqueles que indicam contaminação ou poluição (Ex.: metais pesados, agrotóxicos).

As condições químicas do solo afetam, dentre outros fatores, a relação solo-planta, qualidade da água, capacidade tamponante, disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos e mobilidade de contaminantes (SANTANA, 2002).

Uma mudança nas propriedades químicas do solo, alterando-as do estado favorável para o desfavorável, resulta numa degradação química do solo, e conseqüentemente, no decréscimo da sua produtividade. O processo de degradação pode ocorrer devido à fertilização inadequada, lixiviação, inundação, prática da monocultura por longo tempo na mesma área, erosão, uso de água salina para irrigação em regiões áridas ou semiáridas e à calagem excessiva de solos ácidos (FAGERIA; STONE, 2006).

2.2.2.1 Potencial de hidrogênio (pH)

Fageria e Stone (2006) apontam o pH do solo como uma das mais importantes propriedades químicas mais frequentemente citada, e que pode ser definido como o logaritmo negativo da concentração de íons hidrogênio (H^+). Através de métodos potenciométricos, a atividade do íon hidrogênio (aH^+) é medida, em vez da concentração de hidrogênio, sendo o pH mais corretamente definido pela equação 1:

$$pH = - \log aH^+ \quad (1)$$

O pH indica a acidez ou a alcalinidade relativa de uma dada amostra. A escala de pH varia de uma escala de 0 a 14, onde 7,0 indica pH neutro, valores abaixo de 7,0, acidez, e acima de 7,0, alcalinidade, conforme a classificação química. A maioria dos solos agrícolas tem uma faixa de pH entre 4,0 e 8,5 (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O pH controla a solubilidade de nutrientes no solo, exercendo grande influência sobre a absorção dos mesmos pela planta. Solos ideais para cultivo devem apresentar pH entre 6,0 e 6,5. Porém, esta faixa pode ser estendida de 5,5 a 6,8 (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Segundo Fageria e Stone (2006), as medições de pH do solo podem ser utilizadas inicialmente para prever o comportamento químico dos solos, especialmente quanto à disponibilidade de nutrientes e à presença de elementos tóxicos. Fe, Mn e Zn são menos disponíveis em valores acima de 7,0, e Fe, Al e Mn atingem níveis tóxicos em pH menores que 5,0 e estão menos disponíveis em valores altos ou baixos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Fageria et al. (1999) relataram que o limite superior de pH para a maioria das culturas anuais está próximo de 6,0, e a absorção da maioria dos macronutrientes aumenta com a elevação do pH na faixa de 6,1 a 6,7. A absorção dos micronutrientes, entretanto, diminui significativamente com o aumento do pH do solo.

Um dos efeitos significativos do pH do solo ocorre sobre a absorção de fósforo, pois há redução da taxa de suprimento de H_2PO_4 para as raízes, devido à mudança na forma do fosfato para HPO_4 , à medida que o pH aumenta,

principalmente para valores de pH acima de 5,7. Na forma H_2PO_4 , o fosforo é absorvido pelas raízes aproximadamente dez vezes mais rápido que na forma HPO_4 (CHEN; BARBER, 1990). Sendo assim, tanto um pH baixo como elevado demais têm efeitos adversos sobre o crescimento das plantas, sendo esperadas baixas produtividades sob esses valores desfavoráveis.

2.2.2.2 Cátions trocáveis e Capacidade de troca catiônica (CTC)

Fageria e Stone (2006) define a capacidade de troca de cátions (CTC) como a soma dos cátions trocáveis retidos pelo solo e expressa em miliequivalentes por 100 g ou em cmol de cátions por kg de solo. Os principais cátions trocáveis encontrados em solos ligeiramente ácidos são cálcio, magnésio, hidrogênio, potássio e sódio. Os principais fatores que afetam a CTC do solo são textura, quantidade e tipo de argila e teor de matéria orgânica.

Segundo Fageria et al. (1999), a capacidade de troca de cátions pode ser classificada como baixa (< 10 cmol/kg), moderadamente baixa (10 cmol/kg a 20 cmol/kg), moderadamente alta (20 cmol/kg a 30 cmol/kg), alta (30 cmol/kg a 50 cmol/kg) e muito alta (> 50 cmol/kg). A magnitude da CTC do solo indica sua capacidade relativa de reter formas de cátions adicionados por fertilizantes, tais como NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Os solos com alta CTC têm normalmente alta capacidade de retenção de água. A valência é o principal fator que afeta a probabilidade de que um cátion seja adsorvido na superfície dos colóides. Um cátion trivalente, como Al^{3+} , é mais fortemente adsorvido que Ca^{2+} , que é mais fortemente adsorvido que K^+ . No caso de cátions de mesma valência, quanto menor o cátion, maior será a densidade de carga por unidade de volume e, portanto, maior será a atração de moléculas de água (FAGERIA; STONE, 2006).

A CTC normalmente é determinada a pH 7,0 ou 8,2, dependendo do método. Quando a determinação da CTC do solo é realizada em seu pH natural, esta é chamada de CTC efetiva, pois se aproxima mais precisamente às condições encontradas pelas raízes das plantas do que a CTC determinada a um dado pH padrão (FAGERIA; STONE, 2006).

2.2.2.3 Saturação por bases (v%)

A saturação por bases é definida por Fageria e Stone (2006) como a proporção da capacidade de troca de cátions ocupada por bases trocáveis, que são potássio, cálcio, magnésio e sódio. Calcula-se a porcentagem de saturação por bases conforme a equação 2:

$$\text{Saturação por bases (\%)} = \left[\frac{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na})}{\text{CTC}} \right] \times 100 \quad (2)$$

Se a saturação por bases for de 50%, isto indica que metade da CTC está ocupada por bases trocáveis e os outros 50% por hidrogênio e alumínio. A baixa saturação de bases é uma característica dos solos ácidos, enquanto a alta saturação por bases é uma característica de solos levemente ácidos a alcalinos. Segundo Ribeiro et al. (1999), quanto à classificação de saturação por bases, considera-se como muito baixa a baixa quando valores menores de 40%, média de 40 a 60%, alta a muito alta quando maiores que 60%.

Quando a saturação por bases é baixa, há uma predominância de hidrogênio e alumínio adsorvidos no complexo de troca e probabilidade de ocorrer deficiência de cálcio, magnésio e potássio, e para se obter uma ótima produção, deve-se haver quantidades equilibradas entre os diferentes cátions básicos. Os valores relatados por Ribeiro et al. (1999) na literatura são de 45% de cálcio, 15% de magnésio e 5% de potássio. Fageria e Stone (2006) afirma que o crescimento da cultura e a produtividade seriam pouco afetados pela saturação por bases dentro das faixas de 65% a 85% de cálcio, 6% a 12% de magnésio e 2% a 5% de potássio, com os íons hidrogênio ocupando os sítios remanescentes.

2.2.2.4 Matéria orgânica do solo

Outro importante indicador químico da qualidade do solo altamente suscetível a sofrer alteração em decorrência das práticas de manejo é a matéria orgânica do

solo, pois está relacionada às demais propriedades e exerce influência sobre aspectos do solo como cor, consistência, permeabilidade, aeração, temperatura, e é importante para a capacidade de troca catiônica e conteúdo de bases trocáveis no solo (REINERT et al. 2006).

A matéria orgânica resulta do processo de decomposição de resíduos vegetais e animais por meio da ação de microrganismos, encontrando-se em uma forma resistente a novos ataques microbianos, e com isso, se acumula no solo (ARCOVERDE, 2013).

Além destas propriedades químicas, outras propriedades podem servir como indicadores de qualidade do solo, como o conteúdo de nutrientes, de elementos fitotóxicos (como o Al^{3+}) e determinadas relações como as saturações de bases (V%) e de alumínio (m) (ARAÚJO et al, 2012).

2.2.3 Indicadores biológicos

Os atributos biológicos incluem medições de micro e macrorganismos, suas atividades e subprodutos. Vargas e Scholles (2000) perceberam que diferentes sistemas de manejo poderiam alterar as propriedades biológicas do solo, refletindo sobre a qualidade e a produtividade das culturas.

Stauffer e Andrade (2011) apontam os microrganismos com grande potencial de utilização em estudos de qualidade do solo por apresentarem características como alta sensibilidade a perturbações antrópicas; correlação com diversas funções do solo, como o armazenamento e disponibilidade de água, decomposição de resíduos orgânicos, transformação e ciclagem de nutrientes, biorremediação, controle de fitopatógenos dentre outras; papel direto em muitos processos do ecossistema, como a conversão de nutrientes em formas disponíveis às plantas, supressão de organismos nocivos, formação da estrutura do solo e papel indireto em processos como infiltração de água. Além disto, indicadores biológicos são de fácil avaliação e baixo custo.

Na agricultura, a necessidade de se ter indicadores biológicos sensíveis a mudanças provocadas pelo manejo do solo possibilitou a busca por indicadores que

refletissem a vida do solo e o seu grau de perturbação (DE-POLLI; GUERRA, 1996). Dentre alguns dos indicadores mais utilizados atualmente, destacam-se a biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo e quociente metabólico. Neste trabalho foi dada ênfase a técnica de respirometria.

A respiração é um dos mais antigos parâmetros utilizados para quantificar a atividade microbiana e representa a oxidação da matéria orgânica por microrganismos quimiorganotróficos aeróbios do solo, que, portanto utilizam o O₂ como acceptor final de elétrons, até CO₂. Desta forma, a respiração pode ser tanto avaliada pelo consumo de O₂ bem como a produção de CO₂ (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Permite quantificar o carbono que está sendo degradado no solo e também verificar se fatores como as condições climáticas, o manejo do solo e a presença de poluentes podem estar comprometendo a atividade microbiana durante a decomposição e a mineralização do carbono presente no solo.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo e coleta de solos

O experimento foi realizado em uma propriedade no Seringal cachoeira, localizado na cidade de Xapuri, no Estado do Acre, localizada na mesorregião do Vale do Alto Acre, microrregião de Brasiléia, a uma latitude de 10⁰ 39' 07" S, e longitude de 68⁰ 30' 14 W".

Foram coletadas e avaliadas amostras de solos de áreas submetidas aos seguintes manejos: mata secundária (localizada adjacente ao experimento utilizada como tratamento controle); agricultura convencional (com plantio de mandioca); área de pastagem e área de sistema agroflorestal (plantio de banana e abacaxi) (Figura 2).

Para a coleta dos solos foi utilizada uma pá quadrada, onde foram retiradas amostras da camada superficial do solo, na profundidade de 0 a 30 cm, e teve-se o cuidado de limpar a superfície dos locais escolhidos, removendo folhas e detritos. As

amostras foram armazenadas em sacos plásticos limpos e previamente identificadas. Todas as amostras individuais de uma mesma área foram misturadas, tendo assim quatro amostras compostas, as quais foram levadas para o laboratório para a realização das análises.

As coletas de solo em campo para as avaliações de evolução de CO₂ foram efetuadas nos meses de abril, junho e agosto de 2015. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo.



Figura 2. Áreas de estudo: a) Área de mata secundária; b) Área de pastagem; c) Área de agrofloresta (plantio de banana e abacaxi) e d) Área de agricultura convencional (plantio de mandioca). (Foto: autoria própria)

3.2 Caracterização das amostras

Para caracterização dos solos das áreas de estudo foram avaliados alguns parâmetros físicos e químicos desses solos. As análises físicas realizadas foram análise granulométrica para classificação textural e determinação de umidade atual. Com relação às características químicas, esses solos foram analisados quanto ao potencial hidrogeniônico, os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, alumínio trocável, a capacidade de troca catiônica efetiva e potencial, a porcentagem de saturação de bases da capacidade de troca catiônica a pH 7,0 e o conteúdo de matéria orgânica.

Todas as análises físicas (com exceção da umidade atual) e químicas foram realizadas pelo Laboratório de Solos da Embrapa, localizado na Rodovia BR-364, Km 14. A determinação da umidade atual foi realizada no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC).

Todas as análises físicas e químicas foram determinadas de acordo com as metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2011).

3.2.1 Umidade atual

Foram retiradas amostras de solo fresco e colocadas em latas de alumínio previamente identificadas e de massa conhecida. Pesou-se a massa de solo úmido e transferiu-se para estufa a 105°C, deixando nesta condição durante 24 horas (Figura 3). Depois de deixar esfriarem as amostras, pesou-se a massa de solo seco, sendo a umidade do solo determinada por gravimetria segundo o cálculo abaixo, onde **a**, é a massa da amostra de solo úmido e **b**, a massa da amostra de solo após a secagem:

$$Ug = \left(\frac{a - b}{b} \right)$$

(3)



Figura 3. a) Pesagem das amostras de solo fresco; b) secagem a 105°C em estufa.
(Foto: autoria própria).

3.2.2 Análise granulométrica e classificação textural

As frações granulométricas do solo foram determinadas pelo Método da pipeta (EMBRAPA, 2011), cujo princípio baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo, onde fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (hidróxido de sódio ou calgon). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa que é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100% e é obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

Determinadas as quantidades das frações granulométricas do solo, faz-se a classificação textural utilizando-se o triangulo textural conforme descrito em Lemos e Matos (1996).

3.2.3 pH (em H₂O e KCl)

A determinação do potencial de hidrogênio se baseia na medição do potencial eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido (água, KCl ou CaCl₂), na proporção 1:2,5. Foram determinados valores de pH em água e em cloreto de potássio (KCl 1,0 mol L⁻¹).

Colocou-se 10 mL de solo em copo plástico de 100 mL previamente identificado de acordo com as áreas. Adicionou-se 25 mL de líquido (água ou KCl). Agitou-se a amostra com bastão de vidro individual e deixou-se em repouso por uma hora. Cada amostra foi agitada com bastão de vidro e mergulharam-se os eletrodos na suspensão homogeneizada e procedeu-se a leitura do pH.

3.2.4 Carbono orgânico e Matéria orgânica

A determinação do carbono orgânico baseia-se no princípio da oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr).

Para o procedimento, pesou-se aproximadamente 20 g de solo que foi triturado em gral e passado em peneira de 80 mesh. Pesou-se 0,5 g do solo triturado e colocou-se em erlenmeyer de 250 mL. Foram pipetados 10,00 mL da solução de dicromato de potássio 0,0667 mol L⁻¹. Uma prova em branco foi realizada com 10,00 mL da solução de dicromato de potássio e anotou-se o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto.

Foi colocado um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm de altura, cheio de água na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador. Aqueceu-se em placa elétrica até a fervura branda, durante 5 minutos. Deixou-se esfriar e adicionou-se 80 mL de água destilada, 2 mL de ácido ortofosfórico concentrado (85%) e 3 gotas do indicador difenilamina.

Titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L⁻¹ até que a cor azul desapareça, cedendo lugar à verde. Anotou-se o número de mililitros gastos. Calculou-se a quantidade de carbono orgânico pela expressão abaixo:

$$\mathbf{C(g/kg) = (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6} \quad \mathbf{(4)}$$

A percentagem ou conteúdo de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724 (equação 5). Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

$$\mathbf{Matéria Orgânica (g/kg) = C (g/kg) \times 1,724} \quad \mathbf{(5)}$$

3.2.5 Capacidade de troca de cátions (CTC) e bases trocáveis

3.2.5.1 Determinação de Ca, Mg e Al trocáveis

Foram pesados 7,5 g de solo e colocados em erlenmeyer de 250 mL, e adicionou-se 150 mL de solução de KCl 1 mol L⁻¹. Fechou-se com rolha de borracha e agitou-se com movimentos circulares, evitando molhar a rolha; repetindo essa operação várias vezes ao dia. Depois da última agitação, desfez-se o montículo que se forma na parte central do fundo do erlenmeyer e deixou-se em repouso durante uma noite.

Pipetou-se para erlenmeyer de 200 mL duas alíquotas de 50,00 mL da parte sobrenadante da solução, para determinação do alumínio extraível, cálcio + magnésio e cálcio trocáveis.

Foi preferido um único extrator para cálcio, magnésio e alumínio, a fim de tornar mais verdadeira a relação entre Al³⁺ e (Soma de bases + Al³⁺), uma vez que a soma das bases é, na sua maior parte, composta de Ca²⁺ e Mg²⁺.

Em uma das duas alíquotas de 50 mL obtidas na extração com KCl 1 mol L⁻¹, adicionou-se 3 gotas de solução indicadora de azul de bromotimol e titulou-se com solução de NaOH 0,025 1 mol L⁻¹, até a coloração verde-azulada persistente.

O KCl, por ser um sal derivado de ácido e base fortes, dispensa a prova em branco sistemática. O sal sendo de boa procedência, deverá virar o azul de bromotimol após a adição da primeira gota de NaOH. O Ca²⁺ + Mg²⁺ são determinados na alíquota após a determinação de Al³⁺. O calculo Al³⁺ de é apresentado na equação abaixo:

$$\text{Al trocável (cmol./kg)} = \text{mL NaOH}$$

(6)

A determinação de Ca e Mg trocáveis é feita por determinação complexiométrica em presença dos indicadores negro de eriocromo e murexida ou calcon.

No erlenmeyer, onde foi feita a titulação do Al³⁺ trocável, adicionou-se 1 gota de água de bromo para destruir o azul de bromotimol. Adicionou-se 6,5 mL do coquetel tampão e 4 gotas do indicador negro de eriocromo e titulou-se, imediatamente, com a solução de EDTA 0,0125 mol L⁻¹, até viragem da cor vermelho-arroxeadada para azul puro ou esverdeada (com esta titulação são determinados conjuntamente Ca²⁺ e Mg²⁺). Anotou-se o volume de EDTA gasto.

$$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} \text{ (cmol./kg)} = \text{mL EDTA}$$

(7)

No segundo erlenmeyer com 50,00 mL da solução sobrenadante extraída com solução de KCl, colocou-se 2 mL de trietanolamina a 50%, 2 mL de KOH a 10% e uma pitada de murexida (± 50 mg). Titulou-se com solução de EDTA 0,0125 mol L⁻¹ até viragem da cor rósea para roxa. Anotou-se o volume de EDTA gasto, que corresponde ao cálcio existente.

Calcula-se a quantidade de cálcio na amostra de solo de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Ca}^{++} \text{ (cmol./kg)} = \text{mL EDTA}$$

(8)

A determinação da quantidade de magnésio trocável é feita pela diferença entre os valores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e Ca^{2+} .

3.2.5.2 Determinação de Na^+ e K^+

Pesou-se 10 g de solo, colocou-se em erlenmeyer de 200 mL e adicionou-se 100 mL da solução de ácido clorídrico $0,05 \text{ mol L}^{-1}$. Fechou-se com rolha de borracha e agitou-se com movimentos circulares, evitando molhar a rolha; repetiu-se esta operação várias vezes ao dia. Depois da última agitação, desfez-se o montículo que se forma na parte central do fundo do erlenmeyer e deixou-se em repouso durante uma noite. Filtrou-se, e no filtrado, determinou-se o sódio e o potássio em fotômetro de chama, diretamente e em alíquotas diluídas conforme os teores de Na^+ e K^+ existentes na amostra.

Passou-se o extrato de solo obtido com $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$ no fotômetro de chama, utilizando o filtro próprio do potássio. Foi realizada a leitura e diluiu-se a solução quando a leitura ultrapassou a do padrão utilizado. O cálculo para determinação de K^+ é descrito pela equação abaixo:

$$\text{K}^+(\text{cmol./kg}) = L \times \text{diluição} \times f_k$$

L = Leitura da amostra

(9)

Para obtenção do fator f_k , preparou-se 4 soluções padrão de K^+ e Na^+ contendo cada uma 0,01 - 0,02 - 0,03 e 0,04 $\text{cmol}_c \text{ L}^{-1}$.

Para a determinação de sódio trocável, passou-se o extrato de solo obtido com $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$ no fotômetro de chama, utilizando o filtro próprio do Na^+ . Procedeu-se a leitura do aparelho e o cálculo é expresso pela equação abaixo:

$$\text{Na}^+(\text{cmol./kg}) = L \times \text{diluição} \times f_{Na}$$

L = Leitura da amostra

(10)

Para a obtenção do fator f_{Na} , foram preparadas 4 soluções padrão contendo: 0,1 - 0,2 - 0,3 e 0,4 $cmol_c L^{-1}$ de Na^+ , determinou-se a curva e traçou-se o gráfico leitura x concentração de Na^+ , para o cálculo do fator f_{Na} .

3.2.5.3 Soma de bases (S ou SB)

É definida pela soma da concentração dos cátions básicos adsorvidos no solo, expressa pela equação abaixo:

$$\text{Valor S (cmol/kg)} = Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+$$

(11)

3.2.5.4 Acidez extraível ou acidez potencial

Pesou-se 10 g de solo e colocou-se em erlenmeyer de 200 mL e adicionou-se 150 mL de solução de acetato de cálcio pH 7,0. Fechou-se com rolha de borracha e agitou-se com movimentos circulares, evitando molhar a rolha e repetiu-se esta operação várias vezes ao dia. Depois da última agitação, desfez-se o montículo que fica na parte central do fundo do erlenmeyer e deixar em repouso durante uma noite.

Utilizou-se o sobrenadante da solução para a determinação da acidez extraível ($H^+ + Al^{3+}$). Pipetou-se 100,00 mL da solução sobrenadante obtida e transferiu-se para erlenmeyer de 200 mL. Depois, foram adicionadas 5 gotas da solução indicadora de fenolftaleína a 3% e titulou-se solução de $0,0606 mol L^{-1}$ de NaOH até o desenvolvimento da cor rósea persistente. Para cada série de amostras utilizou-se uma prova em branco, e o cálculo da acidez extraível é descrito na equação abaixo:

$$H^+ + Al^{3+} \text{ (cmol./kg)} = (a - b)$$

a = mL NaOH da amostra

b = mL NaOH da prova em branco

(12)

3.2.5.5 CTC e CTC efetiva

A CTC de um solo é dada pela quantidade de cátions retidos por unidade de peso ou volume do solo e pode ser expressa como CTC a pH 7,0 ou CTC efetiva.

A CTC a pH 7,0 reflete a capacidade do solo em reter cátions em pH do solo igual a 7,0. É calculada pela soma das concentrações dos cátions adsorvidos expressa pela equação abaixo:

$$\text{CTC ou Valor T (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{H}^+] + [\text{Al}^{3+}] \quad (13)$$

A CTC efetiva reflete a troca de cátions efetiva do solo, ou seja, a capacidade do solo em reter cátions em seu pH natural, e é calculada pela soma dos cátions adsorvidos, exceto o H+, conforme equação abaixo:

$$\text{CTC}_{\text{efetiva}} \text{ ou Valor t (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Al}^{3+}] \quad (14)$$

3.2.6 Saturação por bases (v%)

Representa a participação das bases trocáveis em relação ao total de cátions no complexo. Este valor é utilizado para a caracterização de solos eutróficos e distróficos.

$$\text{Valor V (V\%)} = \frac{100 \times \text{Valor S}}{\text{Valor T}} \quad (15)$$

3.2.7 Saturação por alumínio

A percentagem de saturação com alumínio é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Sat. Alumínio} = \frac{100 \text{ Al}^{+++}}{(\text{Valor S} + \text{Al}^{+++})} \quad (16)$$

Esta relação é empregada na separação de classes de solo quanto ao carácter álico.

3.2.8 Saturação por sódio

A percentagem de saturação com sódio é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Sat. Sódio} = \frac{100 \text{ Na}^+}{(\text{Valor T})} \quad (17)$$

O valor do Na^+ corresponde ao sódio trocável e este valor é utilizado na classificação de solos salinos, sódicos e não salinos.

3.2.9 Fósforo disponível e remanescente

O fosforo disponível ou assimilável corresponde à fração do teor total de fósforo no solo utilizado pelas plantas e sua determinação baseia-se na formação de complexo fósforo-molíbídico de cor azul obtido após redução do molibdato com ácido ascórbico e determinação por EAM (Espectrofotometria de absorção molecular).

Para o procedimento colocou-se 5 g de solo em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL de solução extratora (HCl 0,05 mol L^{-1} e H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}).

Agitou-se durante 5 minutos em agitador circular horizontal. Depois, a solução foi deixada em repouso até decantar durante uma noite, tendo antes o cuidado de desfazer os montículos que se formam no fundo dos erlenmeyers.

Em seguida foram pipetados, sem filtrar, 25 mL do extrato e transferidos para recipiente plástico. Pipetou-se 5 mL desse extrato e colocou-se em erlenmeyer de 125 mL. Foram adicionados 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e aproximadamente 30 mg de ácido ascórbico em pó, como redutor. Agitou-se durante 1 a 2 minutos no agitador circular horizontal. Deixou-se desenvolver a cor durante uma hora. Em seguida, foi feita a leitura da densidade ótica no fotocolorímetro, usando filtro vermelho (comprimento de onda de 660 mμ).

$$P \text{ (g/kg)} = L \times F_p \times 10$$

(18)

L = leitura da amostra

Para a determinação do fator F_p , colocou-se 10 mL de cada solução padrão diluída em erlenmeyers de 125 mL. Adicionar 20 mL da solução ácida de molibdato de amônio diluída e uma “pitada” de ácido ascórbico. Procedeu-se da mesma forma indicada para a determinação do fósforo no extrato de solo. Anotou-se as leituras (em absorbância) correspondentes a cada padrão. O fator F_p é o coeficiente angular da reta que se obtém, cruzando-se os valores de concentração de fósforo (mg/kg) dos padrões no eixo das abcissas e as respectivas leituras no eixo das ordenadas.

Para a obtenção direta da concentração de P (mg/kg) no solo, o fator F_p deve ser multiplicado por 10, considerando que a concentração de fósforo na amostra sofreu diluição de 1:10 na extração.

O P remanescente refere-se a quantidade do fósforo adicionado que fica na solução de equilíbrio após determinado tempo de contato com o solo, fazendo com que a determinação dessa fração possa ser utilizada para auxiliar na interpretação dos teores de fósforo disponível às plantas. A determinação do P-remanescente foi realizada utilizando-se a metodologia descrita em Silva (2009), onde amostras de 7,5 cm³ de terra seca fina ao ar (TSFA) foram adicionadas em erlenmeyers de 125 mL com 75 mL de solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P, na forma de KH₂PO₄. A solução foi agitada por 5 minutos e deixada em repouso por 16

horas. Em seguida, pipetou-se 0,2 mL da solução e diluiu-se em 5 mL de água destilada, e adicionou-se 5 mL da solução reagente, composta por subcarbonato de bismuto e molibdato de amônio. A reação colorimétrica foi analisada pela leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 725 nm.

3.3 Respirometria

Para avaliar a quantidade de CO₂ decorrente da atividade microbiana foi utilizada a técnica de respirometria de acordo com Mendonça e Matos (2005), e as análises foram realizadas no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre. A respirometria é uma das técnicas que podem ser utilizadas para fazer um acompanhamento das atividades realizadas por microrganismos, baseando-se na análise do consumo de oxigênio ou produção de gás carbônico por unidade de volume e tempo (BERNADES e SOARES, 2005).

Os solos a serem utilizados na medição da evolução do C-CO₂, ficaram secando ao ar, à temperatura controlada de 25 °C por 48 horas (Figura 4).



Figura 4. Amostras de solo secando ao ar à temperatura controlada de 25°C. (Foto: autoria própria)

Em seguida, foram incubadas 50 g de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) em recipientes plásticos de 500 cm³, com fechamento hermético. Essas amostras tiveram sua umidade ajustada para aproximadamente 60% da capacidade de campo.

Posteriormente, em cada recipiente contendo solo, foram incubados juntamente com o solo, um frasco contendo 30 mL de solução NaOH 0,5 mol L⁻¹ para captura do CO₂ e outro contendo 30 mL de H₂O com o intuito de manter a umidade das amostras constante. Os frascos foram fechados hermeticamente e incubados a 25 °C.

Após as 48 horas iniciais da incubação, os recipientes foram abertos por aproximadamente 15 minutos para troca de ar e o frasco contendo o NaOH foi retirado (Figura 5). Decorrido o tempo, foi colocado outro frasco contendo 30 mL de uma nova solução NaOH 0,5 mol L⁻¹ para nova incubação.



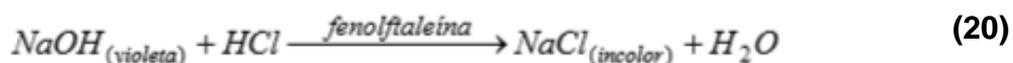
Figura 5. Amostras de solos incubadas em recipientes plásticos de 500 cm³ abertas para troca de ar e retirada do NaOH para posterior titulação. (Foto: autoria própria)

Enquanto se aguardou o tempo para troca de ar, foram pipetados 10 mL da solução NaOH (previamente incubada com o solo), para erlenmeyer de 125 mL, e adicionou-se 10 mL de solução de BaCl₂ 0,05 mol L⁻¹ para impedir que o Na₂CO₃ formado fosse desdobrado em NaOH + CO₂ novamente, quando da titulação, e três

gotas do indicador fenolftaleína a 1% foram adicionadas. Em seguida a amostra foi titulada com solução HCl 0,25 mol L⁻¹, imediatamente após a adição do indicador, até que a solução titulada passasse de violeta para incolor. Anotou-se a quantidade de HCl gasto na titulação. Cada amostra composta foi testada em triplicata e o procedimento experimental foi complementado por prova em branco. Os períodos de incubação foram repetidos conforme a metodologia descrita em Mendonça e Matos (2005), em 4, 7, 11, 16, 22, 29, 36, 43 e 50 dias após o início da incubação em cada período de coleta.

A técnica da respirometria consiste na incubação de uma amostra de solo com uma solução de hidróxido de sódio. Durante o período de incubação das amostras, o CO₂ liberado reagiu com uma solução de NaOH e obteve-se uma solução composta de hidróxido de sódio e carbonato de sódio. Esse carbonato foi precipitado pela adição de cloreto de bário, formando o carbonato de bário.

A quantidade do hidróxido de sódio em excesso na solução é medida por cálculos estequiométricos de acordo com o volume gasto de ácido clorídrico na neutralização.



A quantidade de carbono liberado na forma de CO₂ do solo é calculada a partir da diferença entre o resultado de um ensaio em branco e o resultado da solução das amostras incubadas com o solo (STOTZKY, 1965), conforme a equação descrita abaixo extraída de Mendonça e Matos (2005):

$$C-CO_2 \text{ (mg)} = (B-V) \times M \times 12 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \quad (6)$$

Onde:

B = Volume do HCl no branco (mL)

V = volume de HCl gasto na amostra (mL)

M = concentração real do HCl (mol L⁻¹)

12 = peso equivalente do carbono

v1 = volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (mL)

v2 = volume de NaOH usado na titulação (mL)

A quantidade total de C-CO₂ produzido é igual ao somatório dos valores obtidos durante o período de amostragem.

A liberação de CO₂ é um método que, quando utilizado sob condições controladas de umidade e temperatura (15-25°C), fornece resultados confiáveis a respeito de poluição do solo (JENKINSON; POWLSON, 1976). Este experimento foi realizado em ambiente climatizado a temperatura constante de 25°C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização edafo-climáticas

De acordo com a classificação de Köppen o clima acriano é do tipo equatorial, quente e úmido. Apresenta temperaturas médias anuais variando entre 24,5 °C e 32 °C (máxima), permanecendo uniforme em todo o estado e predominando em toda a região amazônica. Ocorrem duas estações distintas: uma seca, que vai de maio a outubro, e uma chuvosa que compreende os meses de novembro a abril. Já os índices pluviométricos variam de 1.600 mm a 2.750 mm/ano.

No presente trabalho, devido à ausência de dados meteorológicos no próprio local de estudo, foram utilizados os dados de temperatura e precipitação pluviométrica obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação de Rio Branco. O comportamento da precipitação e da temperatura durante o período de estudo pode ser observado nos gráficos obtidos do site do INMET (Ver Anexo A).

Quanto aos principais solos do Estado do Acre, em ordem decrescente de expressão territorial, são eles: ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS, LUVISSOLOS, GLEISSOLOS, LATOSSOLOS, VERTISSOLOS, PLINTOSSOLOS e NEOSSOLOS (ACRE, 2000; 2006).

A regional do Alto Acre é mais homogênea que a regional do Baixo Acre no que se refere à distribuição das ordens de solos. Os Argissolos se distribuem por cerca de 90% do território, ocorrendo em grandes extensões nos municípios de Assis Brasil, Brasília, Xapuri e Epitaciolândia, que compõem a regional. Os Argissolos requerem um manejo mais delicado em função do relevo a que estão associados e ao ganho de argila em profundidade (ACRE, 2006).

Abud et al. (2015) afirma que dentre os solos da Amazônia, os Argissolos tendem a apresentar índice de erodibilidade mais elevado comparados aos Latossolos.

4.2 Análises físicas

É possível observar os valores de umidade atual na Tabela 1. Observam-se valores maiores para a umidade nas coletas realizadas durante os meses de março e maio, o que seria esperado em decorrência das temperaturas mais baixas e ao número maior de dias chuvosos nestes meses, compreendendo a estação chuvosa do estado do Acre.

Tabela 1. Umidade do solo de acordo com as áreas e épocas de amostragem

Área	Umidade (g/100g)		
	Março	Maio	Agosto
Mata secundária	15,97	12,90	6,79
Agricultura	20,83	20,00	3,75
Agrofloresta	22,47	18,75	5,88
Pastagem	32,00	21,21	5,37

Os resultados das quantidades das frações argila, silte e areia e classe textural, estão apresentados na Tabela 2. A classe textural dos solos em estudo variou de franco arenoso a areia franca. Foi necessário realizar apenas uma caracterização inicial quanto à textura, pois de acordo com Gomes e Filizola (2006), medidas subsequentes podem ser feitas de 2 a 5 anos, pois alterações na textura só são verificadas quando o processo de degradação predominante é a erosão

acelerada, o que poderia ocasionar a remoção seletiva da argila, deixando as frações mais grosseiras.

Tabela 2. Análise granulométrica

Identificação	Profundidade	Areia	Argila	Silte	Classe Textural
	cm	%			
Mata secundária	0-30	67,64	12,50	19,86	Franco Arenoso
Agricultura	0-30	69,30	10,58	20,12	Franco Arenoso
Agrofloresta	0-30	76,30	9,28	14,42	Areia Franca
Pastagem	0-30	72,70	9,73	17,57	Franco arenoso

É possível observar em todas as áreas, inclusive na de mata secundária tida como referência, valores elevados da fração areia, próximos ou superiores a 70%.

De acordo com o diagrama textural utilizado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (LEMOS; SANTOS, 1996) para a classificação textural do solo e a tabela para interpretação de classificação textural de Ribeiro et al. (1999) (ver Anexo B), para os valores obtidos, a classe textural dos solos da área de agrofloresta foi de areia franca, e para as áreas de mata, pastagem e plantio de mandioca, textura franco arenosa. Os solos apresentaram-se excessivamente arenosos, com menos de 15% de argila, com baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes e alta suscetibilidade à erosão (GIANLUPPI et al., 2009).

Segundo Letey, (1985), a textura do solo influencia a capacidade de retenção de água, as taxas de percolação e infiltração, a aeração e, conseqüentemente, o crescimento das plantas. Sendo assim, os solos de arenosos, também classificados como de textura grosseira, como os encontrados nas áreas de agrofloresta, de maneira geral, têm baixa capacidade de retenção de água, são fáceis de arar, apresentam altas taxas de percolação e infiltração e são bem drenados e aerados, em comparação com os solos de textura fina ou argilosos, onde a infiltração é mais lenta, porém a retenção de água é maior (CORINGA, 2012). Já um solo franco, observados nas áreas de mata, pastagem e de agricultura, possui geralmente uma densidade do solo intermediária, boa agregação, boa taxa de infiltração e nenhum impedimento à drenagem, representa um solo com ótimas condições físicas, podendo-se esperar boas produções, se outros fatores da produção não forem limitantes.

Sendo assim, não se observa diferenças significativas quando relacionadas às taxas de umidade atual e textura de solo entre os diferentes tipos de manejo, por todas apresentarem grande quantidade de areia em relação às outras frações, o que explica valores tão baixos de umidade, devido à baixa capacidade de retenção de água. Além disto, os teores de silte não foram elevados, variando de 10 a 20%, o que corrobora com a tendência citada na literatura (CORINGA, 2012; VALE JÚNIOR et al., 2011) para os solos brasileiros, que de maneira geral apresentam valores baixos na fração silte.

4.3 Análises químicas

Quanto aos atributos químicos avaliados, os dados obtidos das análises químicas podem ser observados na Tabela 3 e a interpretação dos resultados foi feita de acordo com as tabelas de interpretação de análises de solos (Ver Anexo B) extraída de Ribeiro et al. (1999).

Tabela 3. Parâmetros químicos

Parâmetros Químicos		Mata Secundária	Pastagem	Agrofloresta	Agricultura
pH (H ₂ O)		4,47	5,05	4,73	5,53
pH (KCl)		4,69	5,63	4,87	4,47
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,33	0,96	0,72	1,48
Mg		4,20	0,56	1,02	3,53
K		0,14	0,11	0,09	0,41
Na		0,01	0,01	0,01	0,03
H+Al		2,94	3,32	3,07	3,28
Al		1,24	0,72	0,72	0,17
P	mg L ⁻¹	1,58	2,95	1,75	1,20
P _{remanescente}	mg L ⁻¹	35,89	35,65	38,31	36,07
C.O	g kg ⁻¹	5,44	5,46	5,37	7,00
SB	cmol _c dm ⁻³	4,68	1,64	1,84	5,45
CTC (pH 7)		7,62	4,96	4,91	8,73
CTC efetiva		5,91	2,36	2,56	5,62
V	%	61,42	33,06	37,47	62,43
M	%	20,98	30,51	28,12	3,02
M.O	g kg ⁻¹	9,38	9,41	9,26	12,07

Os solos apresentaram caráter ácido, com pH em água variando de 4,47 a 5,53. Os principais responsáveis pela acidificação do solo são os íons H^+ e Al^{3+} . A disponibilidade de íons Al^{3+} depende muito do pH do solo, onde sua concentração aumenta com valores de pH menores que 5,5 (CORINGA, 2012), e isto pode ser observado no solo de mata que apresentou menor valor de pH (4,47) e maior concentração de Al^{3+} ($1,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), enquanto o solo de agricultura que teve maior valor pH de (5,53) e menor concentração de Al^{3+} ($0,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). A faixa de pH de 5,5 a 6,5 tem sido considerada na literatura como ótima para o crescimento da maioria das plantas cultivadas (ALVAREZ, 1999).

Segundo Coringa (2012), a acidificação do solo é muito comum em regiões de clima úmido, como o da região do município de Xapuri, onde a grande quantidade de chuva pode acarretar numa lavagem progressiva de grandes quantidades de cátions básicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ , sendo substituídos inicialmente pelos íons H^+ , e posteriormente, o hidrogênio adsorvido nos colóides do solo podem ser substituídos pelo alumínio, podendo ocasionar toxidez as plantas. É possível confirmar esta hipótese ao analisarmos na Tabela 3 que quanto menor o pH, menos cátions básicos estão disponíveis no solo.

O alumínio (Al^{3+}) solúvel em excesso é tóxico às plantas. Uma quantidade pequena de Al^{3+} em solução no solo já é suficiente para causar danos as plantas que não conseguem tolerar mais do que 1,0 ppm de Al^{3+} em solução, e geralmente sofrem problemas quando o nível é de 0,5 ppm (mg L^{-1}). Convertendo-se os valores de alumínio encontrados para ppm, obteve-se valores entre 15,29 a 114,22 ppm, considerados bastante elevados nos solos coletados revelando portanto a presença de um solo com alta presença de Al^{3+} que pode comprometer sua fertilidade.

A capacidade de troca está relacionada às cargas elétricas que o solo apresenta, e devido a isto, é responsável pela adsorção de nutrientes catiônicos e aniônicos na superfície da fração coloidal do solo, retendo-os no solo. O total de cargas negativas do solo é denominado CTC (capacidade de troca catiônica) e pode ser determinado pela soma de todos os cátions adsorvidos (CORINGA, 2012).

Os menores valores de CTC a pH 7,0 e de CTC efetiva foram encontrados nos solos com agrofloresta e pastagem, o que pode ser explicado provavelmente devido a estes solos apresentarem teores maiores de fração areia e menor teor de argila (menores que 15%), pois a maior parte dos nutrientes dos solos está

adsorvida na superfície das partículas de argila por atração eletrostática, devido às cargas negativas do mineral e da matéria orgânica. Além de apresentarem baixos valores de matéria orgânica, de cálcio, e baixa retenção de umidade.

De acordo com as classes de interpretação de fertilidade do solo para o complexo de troca catiônica e de matéria orgânica (ALVAREZ, 1999), para a CTC a pH 7,0 e CTC efetiva, os valores encontrados nos solos de mata e de agricultura podem ser classificados como bom, e os solos de agrofloresta e pastagem possuem valores de CTC médio. Todos os solos apresentaram valores baixos de carbono orgânico e, conseqüentemente, de matéria orgânica.

Apesar dos solos de todas as áreas apresentarem teores muito baixos de argila (menos de 15%), a capacidade de troca de cátions associada à fração argila (calculada pela expressão: $CTC \times 1000 / \text{teor de argila em g Kg}^{-1}$) demonstra a presença predominante de uma argila com alta atividade, pois de acordo com os parâmetros para distinção e classificação de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos lançado pela EMBRAPA (2013), foram encontrados valores maiores a $27 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ de argila.

De acordo com as tabelas de interpretação de análises de solos em Alvarez et al. (1999), considera-se os teores de Ca muito baixo na área de mata, baixo na área de pastagem e de agrofloresta, e médio na de agricultura. Os teores de Mg foram: muito alto na área de mata e de agricultura, e médio e alto, na de pastagem e de agrofloresta, respectivamente. Considera-se os valores de K como muito alto na área de agricultura, médio nas áreas de mata e de pastagem e baixo para a área de agrofloresta, o que poderia ser explicado pelo fato desta última apresentar o solo mais arenoso, com maior propensão a perda deste nutriente pela lixiviação e erosão e apresentar solo ácido ($\text{pH} = 4,73$).

De maneira geral, considerando o valor da Soma de Bases (SB) relacionado à soma dos valores da quantidade dos cátions básicos trocáveis no solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+), a ordem obtida foi: agricultura > mata secundária > agrofloresta > pastagem.

Quanto ao fósforo disponível, todos os solos apresentaram valores muito baixos variando de 1,20 a 2,95 mg L^{-1} . Segundo Vale Júnior et al. (2011), em solos da Amazônia, o fósforo se concentra na superfície, e devido a sua baixa mobilidade, somada a natureza ácida dos solos das áreas estudadas e material de origem pobre

quimicamente, é de se explicar os valores muito baixos encontrados, sendo preocupante, pois a limitação na quantidade desse nutriente torna-se um dos grandes fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas.

Os solos das áreas de mata e de agricultura apresentaram valores para saturação por bases (v%), iguais a 61,42 e 62,43%, respectivamente, sendo classificados como eutróficos, enquanto que os de pastagem e agrofloresta, com valores de 33,06 e 37,47%, respectivamente, com baixa saturação, sendo considerados distróficos.

De acordo com os parâmetros químicos analisados, assim como a maioria dos solos da Amazônia, de uma maneira geral os solos das áreas estudadas apresentam-se deficientes em nutrientes, e o crescimento da vegetação exuberante é compensado por outros fatores como luminosidade, e ao clima equatorial quente e úmido. A maior parte dos nutrientes encontra-se na biomassa vegetal e o solo contem apenas uma fração, em decorrência da rápida decomposição da matéria orgânica e absorção dos nutrientes pelas plantas (CORINGA, 2012). Além disto, quando a mata é derrubada e convertida em pastagem ou lavouras, o volume de raízes diminui no solo, dificultando a absorção de nutrientes e aumentando as perdas por lixiviação ou erosão.

4.4 Respiração do solo

A distribuição da evolução de C-CO₂ acumulada apresentou diferenças em relação ao manejo do solo e os valores médios das emissões de CO₂ das amostras incubadas, nas três épocas de amostragem, ao longo dos 50 dias, podem ser observados nas Figuras 6, 7 e 8.

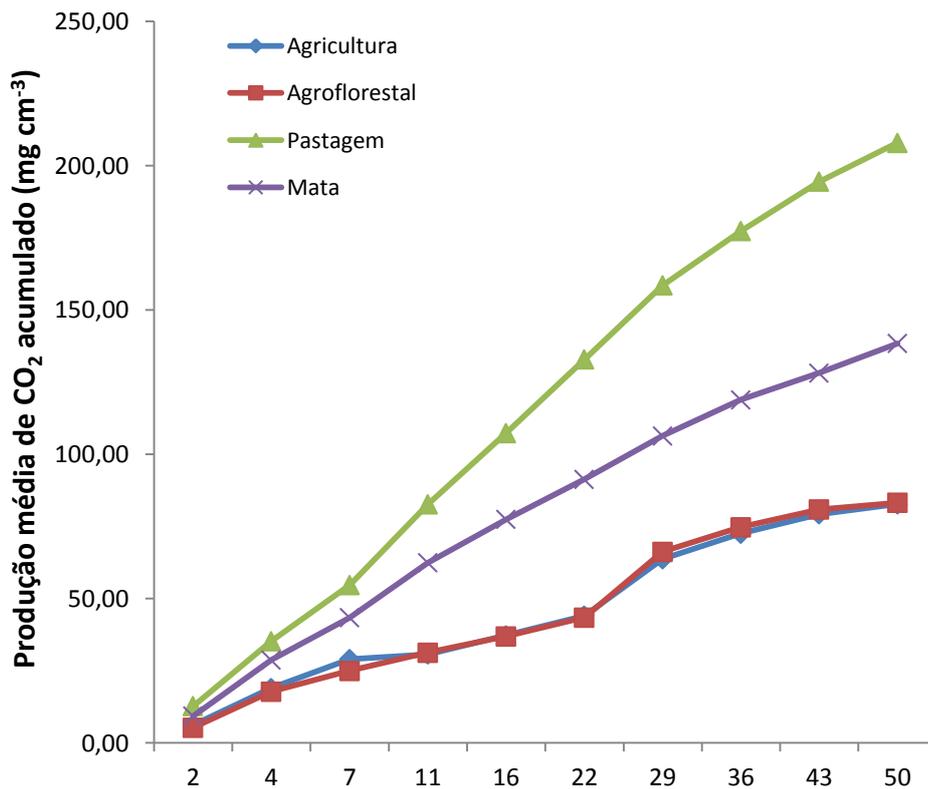


Figura 6. Quantidade média das emissões de CO₂ acumulado ao longo de 50 dias na época de amostragem da 1^o coleta.

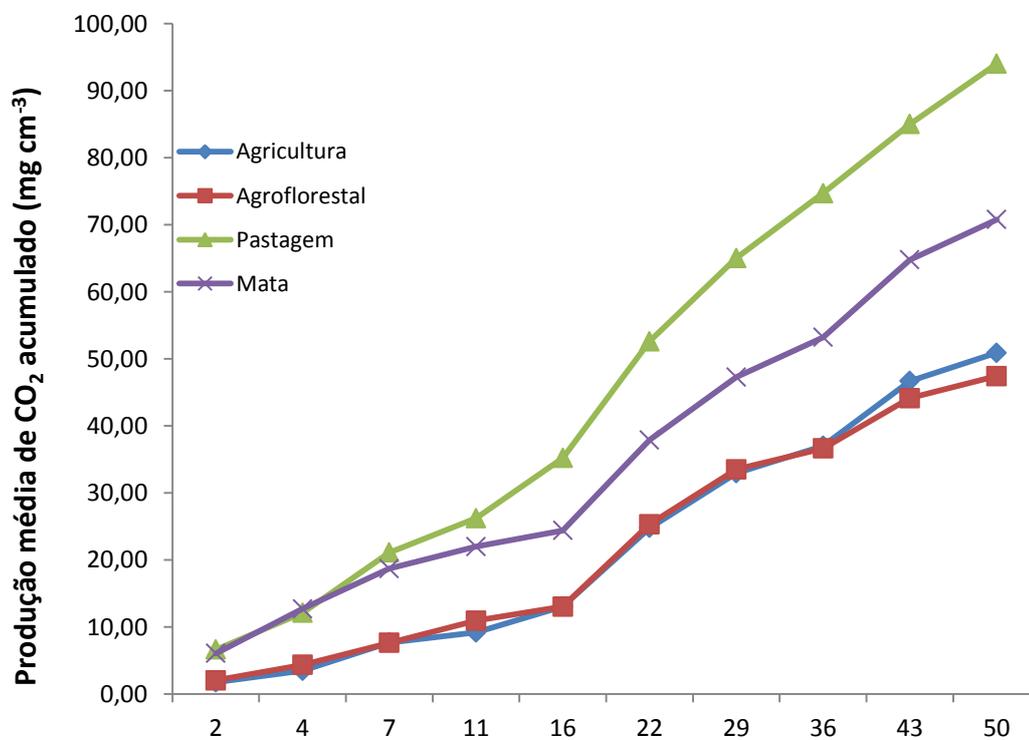


Figura 7. Quantidade média das emissões de CO₂ acumulado ao longo de 50 dias na época de amostragem da 2^o coleta.

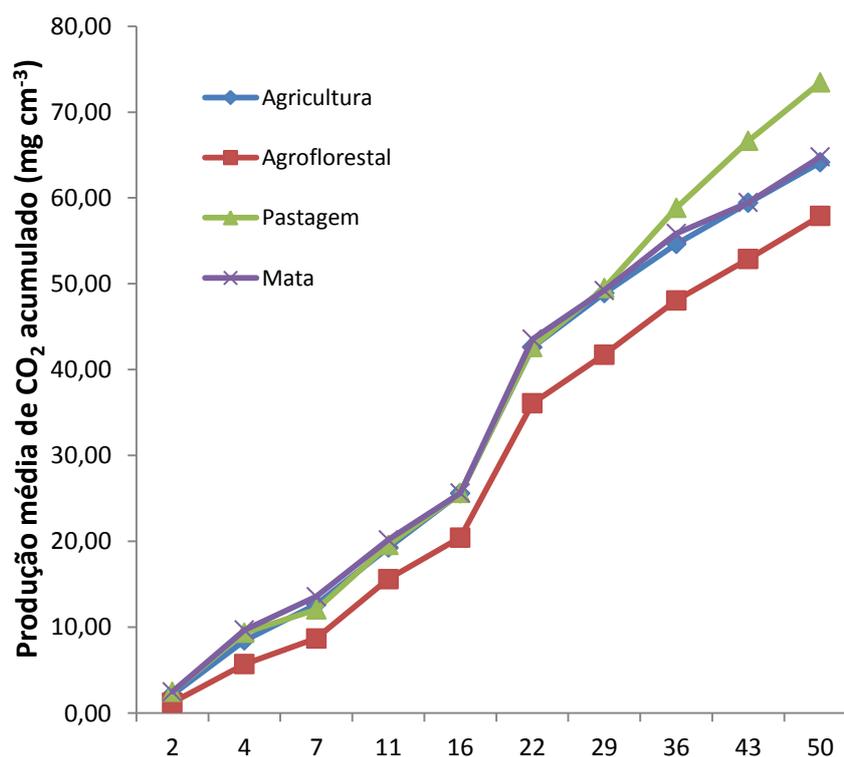


Figura 8. Quantidade média das emissões de CO₂ acumulado ao longo de 50 dias na época de amostragem da 3^o coleta.

É possível observar que na primeira coleta, realizada no mês de março, na época do inverno acriano, com maior número de dias chuvosos, e com maior umidade, obtiveram-se valores maiores de evolução de CO₂ acumulado. Neste período, os valores para as áreas de mata, consórcio de banana e abacaxi, cultura da mandioca e a para a área de pastagem, foram de: 138,39; 83,24; 82,28 e 207,89 mg cm⁻³ de solo, respectivamente (Figura 6). Nota-se que a evolução de C-CO₂ na área manejada com pasto foi 50,22% maior do que na área com mata secundária.

Brookes (1995) sugere verificar se a emissão do CO₂ reflete as variações proporcionadas pelo ambiente (umidade e temperatura) ou por agentes poluentes sobre a comunidade microbiana do solo. O fator climático sobre a variável produção de CO₂ é defendido por alguns autores (COOK e GREAVES, 1987; BROOKES, 1995; CATTELAN e VIDOR, 1990, BALOTA et al., 1998; LOURENTE et al., 2011; GUPTA e SINGH, 1981; VARGAS e SCHOLLES, 2000).

Cook e Greaves (1987) *apud* Silveira e Freitas (2007) que fizeram um estudo onde a liberação de CO₂ no solo foi monitorada diretamente em uma área no campo durante 52 semanas, observaram que a quantidade de CO₂ liberada foi máxima,

com aproximadamente 950 mg de CO₂ cm⁻³ de solo no verão, quando a temperatura foi bastante elevada; mas depois declinou para menos da metade quando a condição climática predominante foi de inverno, com baixa temperatura. No Brasil, Cattelan e Vidor (1990) e Balota et al. (1998) avaliaram a atividade microbiana do solo submetido a sistemas de preparo e sucessão de culturas e verificaram que as amostras de solo obtidas no inverno apresentaram menor atividade respiratória basal que as do verão, porque nesta estação a temperatura varia dentro de uma faixa considerada adequada para a maioria dos microrganismos do solo.

Sendo assim, as diferenças não são de todo compreensíveis e nem podem ser atribuídas às variações de precipitação e temperatura observadas na área de estudo. Não foram observadas correlações positivas ou negativas entre as variáveis climáticas e a atividade microbiana. Esperava-se observar, neste estudo, aumento na produção de CO₂ com o aumento da temperatura ao longo das estações, contudo, de acordo com os dados obtidos, observou-se o inverso, pois no inverno obteve-se quantidade de CO₂ liberado bem mais elevada.

É possível também, assim como foi defendido por Lourente et al. (2011), que durante o verão, parte da biomassa microbiana tenha morrido e, com a retomada das chuvas e com o aumento da umidade do solo no inverno, a biomassa remanescente utilize a matéria orgânica acumulada no período, havendo, desta forma, maior atividade microbiana, durante o período chuvoso, uma vez que a elevação da precipitação pluviométrica e faixas de temperaturas adequadas, resultam em condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo.

Na segunda e na terceira avaliação (Figura 7 e 8), verifica-se uma tendência ao declínio dos valores de evolução de C-CO₂ em relação à primeira coleta. O declínio observado do período da primeira para a segunda análise, na área de mata, agricultura, agrofloresta e na pastagem foi de 48,85%, 38,15%, 43,02% e 54,77% respectivamente. Na última avaliação, observou-se uma queda nos valores de CO₂ na área de mata, agricultura, agrofloresta e na pastagem foi de 53,18%, 22,02%, 30,43% e 64,67% respectivamente, quando comparados à primeira análise. Essa redução pode estar relacionada ao período de máxima precipitação que ocorreu na região na primeira coleta, onde as áreas passaram por prolongados períodos de excesso de água no solo, acarretando diminuição da população de microrganismos associados à decomposição da matéria orgânica do solo.

Além disto, devido a grande quantidade chuvas, boa parte do material orgânico e nutrientes presentes nos solos podem ter sido carregados ou lixiviados, devido à sua textura arenosa, com maior propensão a erodibilidade. Este fato poderia explicar a menor quantidade de CO₂ liberado nas coletas subsequentes.

As diferenças nos valores obtidos entre diferentes épocas do ano podem também estar relacionadas com a técnica utilizada. A avaliação da produção de CO₂ em laboratório dificulta a avaliação do efeito estacional, pois, no procedimento analítico, a temperatura é mantida constante.

Para Vargas e Scholles (2000), os microrganismos são muito sensíveis e podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos. As condições ambientais estimulam ou inibem o desenvolvimento e atividade de cada um dos grupos de microrganismos. Das variáveis climáticas, a precipitação e a temperatura são as que exercem maior influência. Além da influência desses fatores, a disponibilidade de substrato no solo como um item diretamente relacionado à respiração basal do solo é exemplificada por Vargas e Scholles (2000), que correlacionaram o aquecimento do solo e a disponibilidade de substratos com o aumento da respiração, mesma tendência encontrada por Gupta e Singh (1981), que verificaram uma relação positiva entre a respiração basal do solo com a umidade e a temperatura do solo.

Houve grande variação na quantidade acumulada de CO₂, durante o período de incubação, evidenciando diferenças entre os solos das áreas estudadas, e observou-se a seguinte ordem para o aumento da produção de CO₂: Pastagem > Mata secundária > Agricultura > Agrofloresta.

Os valores referentes à produção acumulada total de CO₂, em 50 dias, ao final de cada incubação, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Quantidade total de C-CO₂ produzido, a cada 50 dias, de acordo com as culturas e manejo do solo e épocas de amostragem.

Área	Março	Maio	Agosto	Total Acumulado
	(mg CO ₂ cm ⁻³ de solo)			
Mata secundária	138,39	70,78	64,79	273,96
Agricultura	82,28	50,89	64,16	197,33
Agrofloresta	83,24	47,43	57,91	188,57
Pastagem	207,89	94,03	73,44	375,36

Os resultados mostrados na Figura 9 permitem visualizar a variação dos valores de produção total de CO₂ nas amostras, coletadas em diferentes épocas do ano, ao longo de 150 dias.

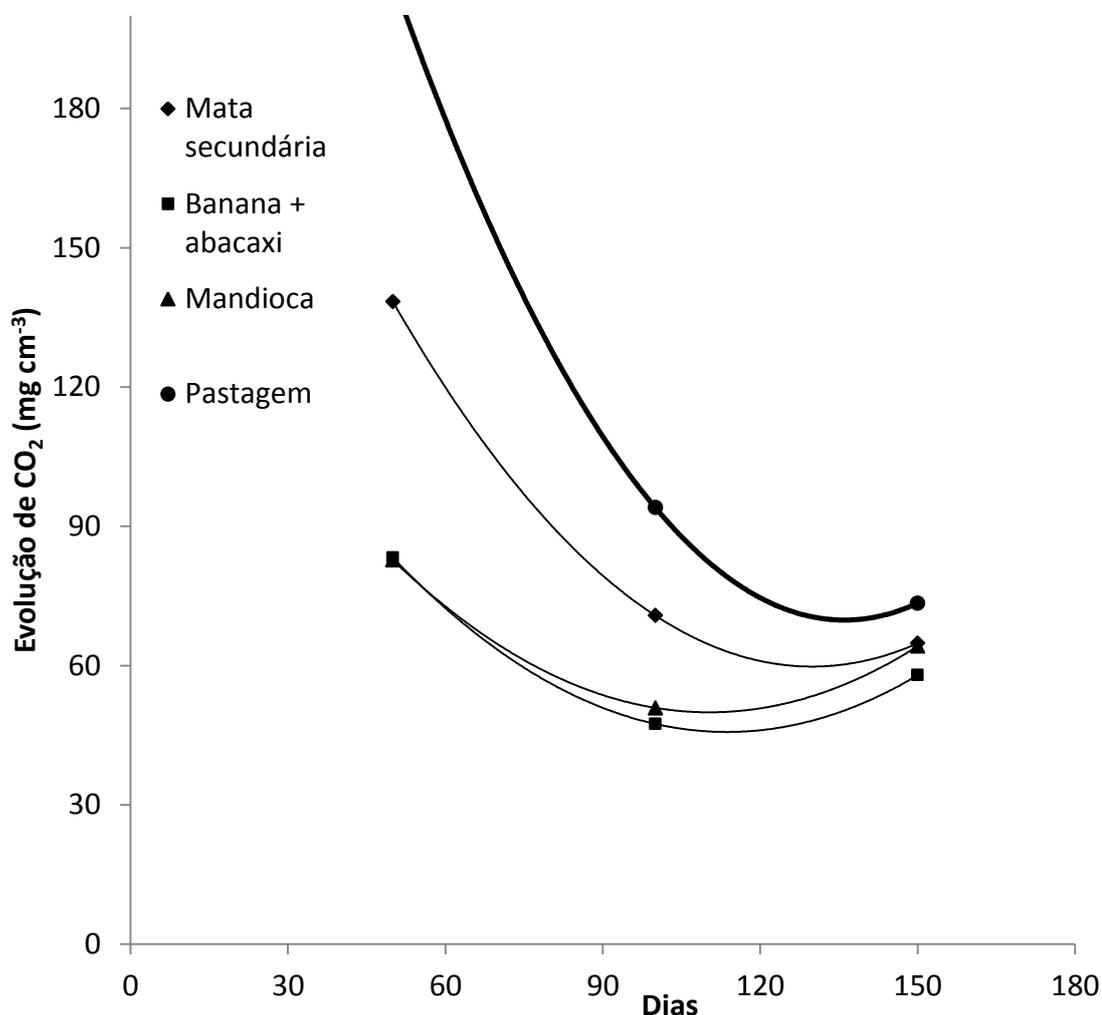


Figura 9. Evolução acumulada de CO₂ de acordo com as culturas e manejo do solo e épocas de amostragem.

Ao compararmos diferentes tipos de manejo e a quantidade total de CO₂ liberado, observa-se que na área de mata secundária (237,96 mg CO₂/cm³) e de pastagem (375,36 mg CO₂/cm³), maiores valores foram observados, enquanto que nas áreas de agrofloresta e agricultura os valores foram menores e bem próximos, 188,57 e 197,33 mg CO₂/cm³, respectivamente.

Os valores elevados na área de mata podem ser explicados pela diversidade de espécies da vegetação nativa, o que resulta na deposição contínua de substratos

orgânicos com composição variada na serapilheira, o que favorece maiores teores de biomassa microbiana e maiores taxas respiratórias (LOURENTE, 2011).

Na área de pastagem observou-se o maior valor de emissões de CO₂ dentre todos os usos do solo. Fearnside e Barbosa (1998) apontam que o carbono presente no solo é afetado pelo sistema de pastagem, onde pastagens degradadas perdem grandes quantidades de carbono devido às diminuições das gramíneas de cobertura. Xavier (2014) afirma ainda que alguns fatores como aporte de material orgânico, pisoteio animal, compactação do solo, a presença desigual da cobertura vegetal e umidade influenciam os teores de carbono do solo. Assis Junior et al. (2003) também observou em seu estudo altas taxas respiratórias em pastagens, e que a abundância de excremento animal contribui para esse fato, pois resultam num aumento significativo da biomassa de microrganismos pois fornecem substrato adicional para o metabolismo e crescimento microbiano, e, conseqüentemente, altera a disponibilidade de nutrientes no solo.

Um estudo de Xavier (2014) também mostrou que o carbono do solo é afetado pelo sistema de pastagem não manejado, onde pastagens degradadas perdem grandes quantidades de carbono do solo (JANTALIA et al., 2006), e que pode estar associado à presença de animais e excrementos nestes solos, aumentando assim a disponibilidade de nutrientes para os microrganismos do solo e conseqüentemente, resultando em alta atividade microbiana com rápidas taxas de respiração, fazendo com que grande parte do C retorne a atmosfera na forma de CO₂.

De acordo com Carvalho et al. (2010), 45 % das áreas desmatadas na Amazônia estão sob pastagens, tais áreas podem sequestrar C no solo se a pastagem for bem manejada ou emitir (pastagem degradada) para a atmosfera (CORAZZA et al. 1999), dependendo do manejo adotado.

Resultados de estudos de Oliveira (2011) também apontaram maior atividade microbiana em ambientes de pastagem quando comparados ao de mata natural. Em curto prazo, isto pode significar maior disponibilidade de nutrientes para as plantas em decorrência da acelerada mineralização da matéria orgânica, e em longo prazo, indica a perda de carbono do solo para a atmosfera na forma de CO₂. Sendo assim, elevada taxa de respiração microbiana pode tanto indicar situações de distúrbios como alto nível de produtividade. No caso das pastagens, Oliveira (2011) ainda

defende a relação entre os valores mais elevados de CO₂ ao intenso desenvolvimento radicular das gramíneas forrageiras, resultando na liberação de exudatos radiculares que atuam como fonte de carbono favorecendo a atividade biológica, resultando em alto valor de respiração microbiana.

No sistema de agrofloresta e agricultura, observaram-se as menores taxas de CO₂ acumulado, o que pode indicar um grande potencial destas áreas em retirar CO₂ da atmosfera e enriquecer o solo com matéria orgânica, mas não houve diferença significativa entre eles, tendo o sistema de agrofloresta valores de evolução de C-CO₂ 4,44% menor que o de agricultura. Silva Junior et al. (2009) aponta que na medida em que uma determinada biomassa microbiana se torna eficiente, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e uma fração maior de carbono é incorporada à biomassa microbiana.

5 CONCLUSÃO

De modo geral, a variação da atividade microbiana nas diferentes áreas de manejo, ao longo das estações do ano, pôde ser avaliada eficientemente pela técnica laboratorial empregada, onde as taxas de produção de CO₂, aliada a outros atributos, mostrou-se sensível às alterações decorrentes do uso do solo. A evolução de C-CO₂ permitiu distinguir os sistemas de diferentes práticas de manejo avaliados, onde solos com agrofloresta e agricultura apresentaram os menores valores, indicando maior potencial de sequestro de carbono.

REFERÊNCIAS

ABUD, E. A.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; BARDALES, N. G.; FERNANDES FILHO, E. I. Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental. **Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 2, p. 431-441, jun. 2015.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J. PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.115-119, 1995.

ACRE. Secretaria do Meio Ambiente. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre**, Fase I. Rio Branco, 2000. 250p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre**. Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006. 354p. Acre

AGUIAR, M.I.V. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALVARES V. V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ANDRADE. H.; SOUZA. J. J. **Solos: origem, componentes e organização**. Lavras, MG: ESAL, 1986. 170p.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: Conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.5, p.187-196, 2012.

ARAUJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, Out. 2007.

ARCOVERDE, S. N. S. **Qualidade de solos sob diferentes usos agrícolas na região do entorno do lago de Sobradinho – BA**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2013.

ASSIS JÚNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C.N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.1, p. 35-4, 2003.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.4, p.641-649, 1998.

BATJES, N. H. Mitigation of atmospheric CO₂ concentrations by increased carbon sequestration in the soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 27, p. 230-235, 1998.

BAYER, C., MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Fundamentos da Respirometria no controle de poluição da água e do solo**. Editora Universidade de Brasília: Finatec, Brasília, DF, 2005, 164p.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, n.4, p.269-279, 1995.

BRUCE, J. P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. Carbon sequestration in soils. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 5, p. 382-389, 1999.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistema de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p. 121-126, 1995.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em floresta de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze no Estado de São Paulo**. 2005. Piracicaba, Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 79p.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-290, abr. 2010.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 133-142, 1990.

CERRI, C.E.P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M.; POWLSON, D.S.; BATJES, N.H.; MILNE, E.; CERRI, C.C. Predicted soil organic carbon stocks and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.122, p.58-72, 2007.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.

CHEN, J. H.; BARBER, S. A. Soil pH and phosphorus and potassium uptake by maize evaluated with an uptake model. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 4, p.1032-1036, July/Aug. 1990.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e seu efeito sobre componentes da acidez de um Oxisol sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.527-535, 2004.

COOK, K.A.; GREAVES, M.P. Natural variability in microbial activities. In: SOMMERVILLE, L.; GREAVES, M.P. (Ed). **Pesticide Effects on Soil Microflora**. Taylor and Francis, London, 1987. p. 15-43.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 777-788, 2005.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.

CORINGA, E. A. O. **Solos**. Curitiba: Livro Técnico, 2012. 248p.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.527-535, 2003.

DELLA BRUNA, E.; BORGES, A.C.; FERNANDES, B.; BARROS, N.F.; MUCHOVEJ, R.M.C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 15-20, 1991.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. Biomassa microbiana: Perspectiva para o seu uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, E. M. P. F., (Ed.). **O Solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 551-564.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. & STEWART, B. A. (eds.) **Defining soil quality**

for a sustainable environment. p. 321. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy Special Publication, n. 35, 1994.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3ª edição. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353p.

FAGERIA, N. K; STONE, L. F. **Qualidade do solo e meio ambiente.** Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35 p. (Embrapa Arroz e Feijão, Documentos, 197).

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas.** Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294 p.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 108, n. 1-2, p. 147-166, 1998.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O.,(Eds). **Fundamentos da matéria orgânica: Ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre, Gênese, 1999. p. 227-244.

GAMA-RODRIGUES, E.F. da; DE-POLLI, H. **Biomassa na ciclagem de nutrientes.** In: FERTBIO 2000: Biodinâmica do Solo, Santa Maria, 2000. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000, v.1. p.1-14.

GIANLUPPI, V.; GIANLUPPI, D.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; ZILLI, J. E.; NECHET, K. L.; BARBOSA, G. F.; MATTIONI, J. A. M. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima.** Sistema de Produção, Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 8p.

GUPTA, S. R.; SINGH, J. S. Soil respiration in a tropical grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 13, p. 261-268, 1981.

HOUGHTON, J. **Global Warming.** Cambridge University Press, 2 ed., 1997. 242p.

HUNGATE, B. A.; JAEGER III, C. H.; GAMARA, G.; CHAPIN III, F. S.; Field, C.B. Soil microbiota in two annual grasslands: responses to elevated atmospheric CO₂. **Oecologia**, v.124, p.589-598, 2000.

INMET. Site do Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. 2015. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/>>. Acessado em 19 de outubro de 2015.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 79:9-16, 2000.

JANTALIA, C. P.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de Brachiaria. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. O. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 157-170.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology Biochemistry* **Soil Biology Biochemistry**, v.8, p.209-213, 1976.

JONES, T. H.; THOMPSON, L. J.; LAWTON, J. H.; BEZEMER, T. M.; BARDGETT, R. D.; BLACKBURN, T. M.; BRUCE, K. D.; CANNON, P. F.; HALLI, G. S.; HARTLEY, S. E.; HOWSON, G.; JONES, C. G.; KAMPICHLER, C.; KANDELER, E.; RITCHIE, D. A. Impacts of rising atmospheric carbon dioxide on Model Terrestrial Ecosystems. **Science**, v. 280, n.5362, p.441-443, 1998.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.J; HARRIS, R.F; SCUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p. 4-10, 1997.

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

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, n. 123. p. 1-22. 2004b.

LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; COLE, C. V. **The Potential of U.S. cropland sequester carbon and mitigate the greenhouse effect**. Chelsea, MI: Sleeping Bear Press, 1998. 128p.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3ª Ed., Campinas-SP, 1996.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, v.1, p.277-294, 1985.

LOURENTE, E. R. P et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n. 1, p. 20-28, jan/mar. 2011.

MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v.33, n.2, p. 349-354, 2011.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

OLIVEIRA, S. P. **Qualidade do solo em argissolo sob pastagem irrigada**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PALACIOS, P. I. C. **Sistemas de cultivo de erva-mate: atributos físicos, indicadores de qualidade e estoque de carbono num latossolo vermelho aluminoférrico**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2010.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A., (Eds). **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.231-245.

PARR, J. F.; PAPENDICK, R. I.; HORNICK, S. B.; MEYER, R. E. Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. **American Journal of Alternate Agriculture**, Greenbelt, v. 7, n. 1-2, p. 5-11, 1992.

PEZARICO, C. R. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais**. Dourados, MS: UFGD, 2009. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Grande Dourados.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, vol 27. Jul/dez 2003.

REINERT, D. J.; REICHERT, D. J.; VEIGA, M.; SUZUKI, L. E. A. S. **Qualidade física dos solos**. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 16, 2006. Aracaju, Resumos... Aracaju: SBCS, 2006. CD-Rom

REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, p.131-146, 2002.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304p.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. **Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado**. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16. 1998. Montpellier: ISSS, 1998.

SANTANA, D. P. **Qualidade do Solo**: Uma visão holística. BOLETIM INFORMATIVO. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 2, Abril/Junho, 2002.

SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; DENARDIN, J. E. **Potencial de sequestro de carbono pela agricultura brasileira e a mitigação do efeito estufa**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 8p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 78). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do78.htm>. Acessado em: 01 de setembro de 2015.

SANTOS, V. B. S. **Atributos de solos sob cultivo de frutíferas em sistemas de manejo convencional, em transição e orgânico no norte do estado do Piauí**. Jaboticabal, 2010. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

SILVA, C.A.; MACHADO, P.L.O.A. **Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas**: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23p. (Documentos, 19).

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. rev. ampl. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S.; CURTI, N. & ALOVISI, A.M.T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, p.1584-1592, 2010.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; TAVARES, R. C.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 378-382, 2009.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Eds.) **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 312 p.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **A glossary of soil science terms**. Madison, 1997. 34 p.

STAUFFER, E.; ANDRADE, F. V. **Resíduos orgânicos e minerais e a evolução de CO₂ em um Latossolo Vermelho**. In: Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos, 2., 2011, Vitória, ES. Anais... Vitória: Incaper, 2011.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; ENSNUNGER, L. E.; VAUTE, J. L.; CLARK, F. E., (Ed.). Methods of soil analysis. **Agronomy**, Madison: American Society of Agronomy, v. 9, p.1550-1572, 1965.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solos. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 195-276, 2002.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M; HARPER, J. L. 2006. **Fundamentos em ecologia**. Ed. Artmed, 2 ed. 592 p.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: Etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agroambiente**, v.5, p.158-165, 2011.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 35-42, 2000.

XAVIER, A. A. P. **Avaliação do acúmulo e emissão de carbono do solo sob sistemas produtivos de estoque de carbono**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2014.

ANEXO A – DADOS DO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

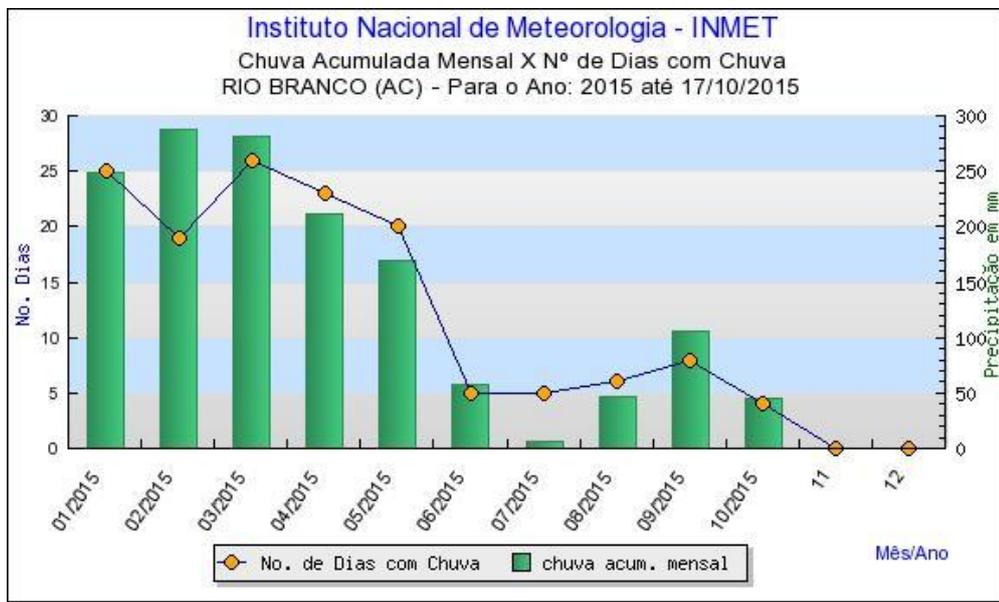


Figura A.1. Volume de chuvas ao longo do ano de 2015 (INMET, 2015)

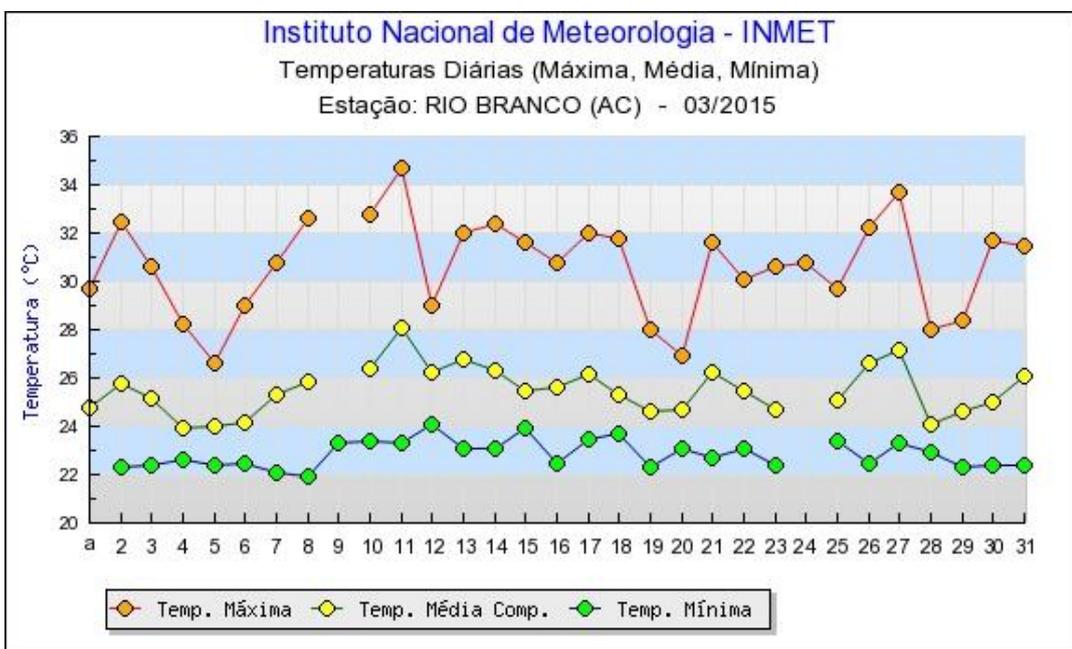


Figura A.2. Temperaturas diárias no mês de março de 2015 (INMET, 2015)

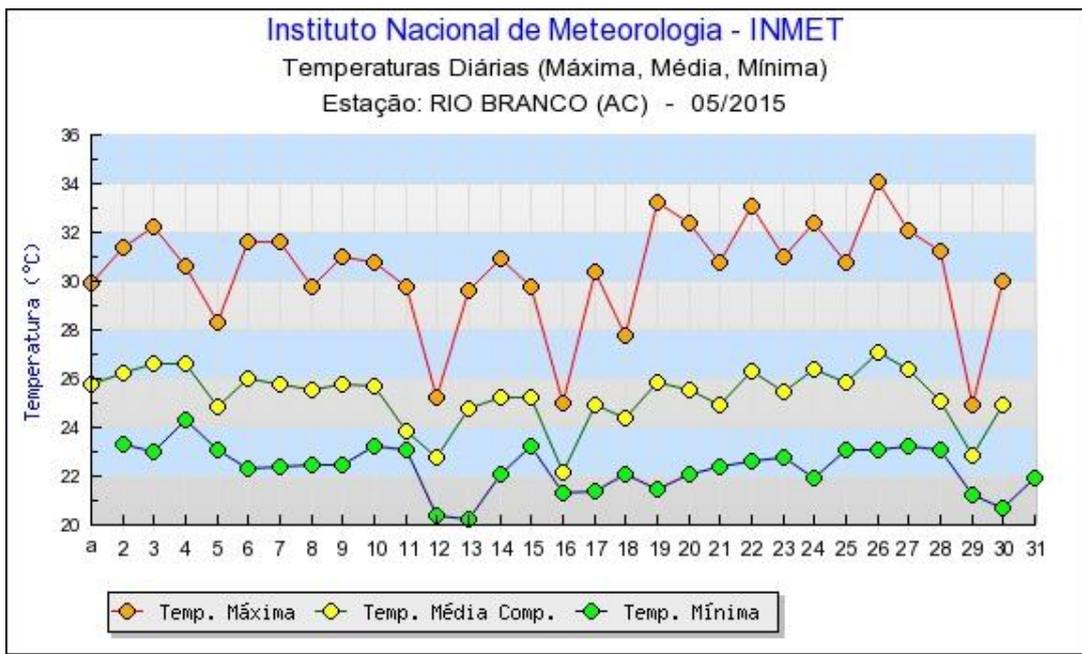


Figura A.3. Temperaturas diárias no mês de maio de 2015 (INMET, 2015)

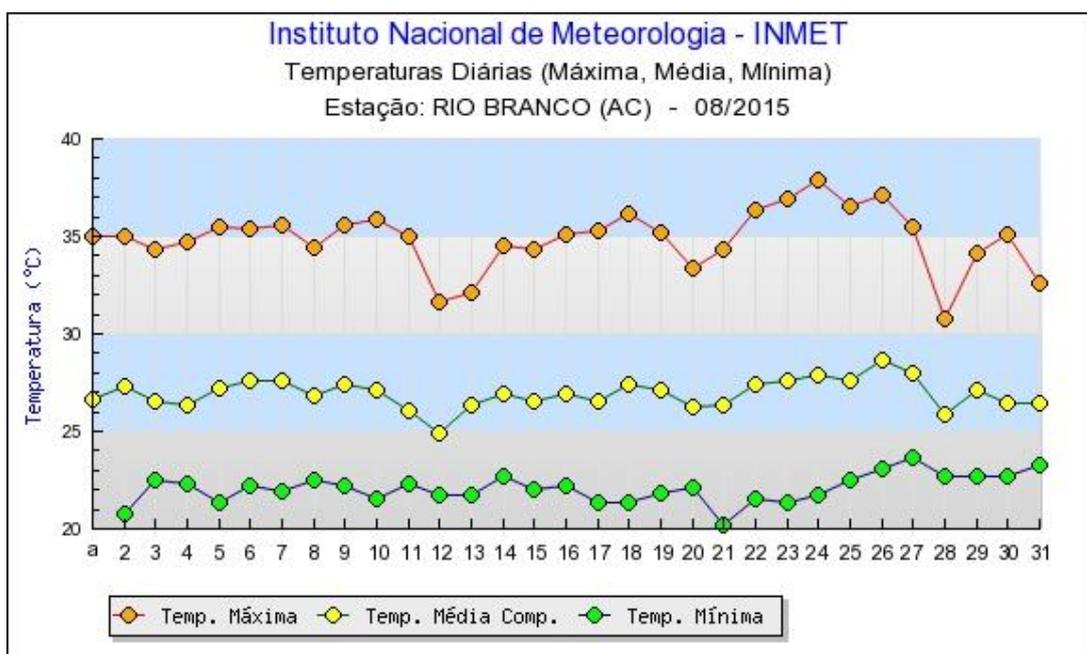


Figura A.4. Temperaturas diárias no mês de agosto de 2015 (INMET, 2015)

ANEXO B – TABELAS DE INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS

Partículas unitárias			Classe textural
Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	
60 - 100	0 - 40	0 - 40	Muito argilosa
40 - 60	0 - 40	0 - 55	Argilosa
35 - 55	0 - 20	45 - 65	Argila-arenosa
40 - 60	40 - 60	0 - 20	Argila-sitosa
20 - 35	0 - 28	45 - 80	Franco-argilo-arenosa
27 - 40	60 - 72	20 - 45	Franco-argilosa
27 - 40	60 - 72	0 - 20	Franco-argilo-sitosa
8 - 28	27 - 50	22 - 52	Franca
0 - 20	0 - 50	42 - 80	Franco-arenosa
0 - 28	50 - 80	20 - 50	Franco-sitosa
0 - 12	80 - 100	0 - 20	Sitosa
0 - 15	0 - 30	70 - 100	Areia-franca
0 - 10	0 - 15	85 - 100	Arenosa

Figura B.1. Interpretação detalhada para classes texturais do solo.

Classificação química						
Acidez muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
< 4,5	4,5 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 6,9	7,0	7,1 - 7,8	> 7,8
Classificação agrônômica						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0		

FONTE: Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999).

Figura B.2. Tabela para interpretação de valores pH do solo em água.

Elemento (H ⁺ + Al ⁺⁺⁺)	Muito baixo/Baixo	Médio	Alta/Muito Alta
	< 2,51	2,51 - 5,0	> 5,0

FONTE: Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999).

Figura B.3. Tabela para interpretação dos resultados de acidez potencial.

P remanescente (P-rem) (mg/L)	Muito baixo/Baixo	Médio	Bom/Muito bom
	P disponível (mg/dm ³ de solo)		
0 - 4	< 4,4	4,4 - 6,0	> 6,0
4,1 - 10	< 6,1	6,1 - 8,3	> 8,3
10,1 - 19	< 8,4	8,4 - 11,4	> 11,4
19,1 - 30	< 11,5	11,5 - 15,8	> 15,8
30,1 - 44	< 15,9	15,9 - 21,8	> 21,8
44,1 - 60	< 21,9	21,9 - 30,0	> 30,0
	K disponível		
	< 41	41 - 70	> 70

FONTE: Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999).

Figura B.4. Tabela para interpretação de P e K.

Elemento	Muito baixo/Baixo	Médio	Bom/Muito bom
Ca	< 1,21	1,21 - 2,4	> 2,4
Mg	< 0,46	0,46 - 0,9	> 0,9
Al	< 0,51	0,51 - 1,0	> 1,0

FONTE: Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999).

NOTA: Para Al considerar Alto/Muito alto.

Figura B.5. Tabela para interpretação de Ca, Mg e Al.

Matéria orgânica do solo (dag/kg)	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
		< 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00

FONTE: Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999).

Figura B.6. Tabela para interpretação dos resultados para matéria orgânica do solo.

Atributo	Muito baixo/ Baixo	Médio	Bom/Muito bom
SB	< 1,81	1,81 - 3,6	> 3,6
CTC efetiva (t)	< 2,31	2,31 - 4,6	> 4,6
CTC a pH 7,0 (T)	< 4,31	4,31 - 8,6	> 8,6
V%	< 40	40 - 60	> 60
m%	< 30	30 - 50	> 50

FONTE: Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999).

NOTA: Para m% considerar Alto/Muito alto.

Figura B.7. Interpretação dos resultados de SB, CTC e CTC efetiva, v% e m%.