



UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO BRASILEIRA

UNILAB

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA (ICEN)

CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA

HABILITAÇÃO EM QUÍMICA

LIZATÓRIA JOANICO FERNANDES

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMTEROS QUÍMICOS DO SOLO SOB CULTIVO DE
CAFÉ SOMBREADO DE MULUNGU/CEARÁ**

REDENÇÃO

2018

LIZATÓRIA JOANICO FERNANDES

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMTEROS QUÍMICOS DO SOLO SOB CULTIVO DE
CAFÉ SOMBREADO DE MULUNGU/CEARÁ**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção de grau de licenciado do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática com habilitação em Química da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, sob orientação da professora Dra. Livia Paulia Dias Ribeiro.

REDENÇÃO

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Fernandes, Lizatoria Joanico.

F398d

Determinação de parâmetros químicos do solo químicos sob cultivo de café sombreado de Mulungu/Ceará / Lizatoria Joanico Fernandes. - Redenção, 2018.

53f: il.

Monografia - Curso de Ciências da Natureza e Matemática, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Profa. Dra. Lívia Paulia Dias Ribeiro.

1. Química do solo (Mulungu-CE). 2. Café sombreado. 3. Café cultivo (Mulungu-CE). I. Título

CE/UF/BSC

CDD 633.73

LIZATÓRIA JOANICO FERNANDES

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO SOB CULTIVO DE
CAFÉ SOMBREADO DE MULUNGU/CE**

Aprovado em: 18 / 05 / 2018

Banca Examinadora

Livia Paulia Dias Ribeiro

Profa. Dra. Livia Paulia Dias Ribeiro [orientadora]

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Daniela Queiroz Zuliani

Profa. Dra. Daniela Queiroz Zuliani [examinadora]

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Eveline de Abreu Menezes

Profa. Dra. Eveline de Abreu Menezes [examinadora]

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Domingos Joânico, a minha mãe Julieta da C. Fernandes e os meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar, a Deus, por ter me concedido saúde, força, coragem e disposição para fazer o trabalho de conclusão do curso durante toda esta longa caminhada. Sem Ele, nada disso seria possível. Também sou grato ao senhor por ter dado saúde aos meus familiares e tranquilizado o meu espírito nos momentos mais difíceis da minha trajetória até então.

Agradeço aos meus pais e meus irmãos que estão longe de mim que com muito carinho e apoio, me deram mais esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Livia Paulia Dias Ribeiro que teve paciência e que me ajudou bastante a concluir este trabalho, pela confiança, amizade, pelos ensinamentos na minha pesquisa.

Agradeço a professora Dra. Daniela Queiroz Zuliani e professora Dra. Eveline de Abreu Menezes por terem de aceitar a ser as minhas bancas examinadoras para o meu trabalho de conclusão do curso.

Agradeço aos técnicos do laboratório, Camila e Davino, pelas disponibilizações materiais e equipamentos do laboratório necessários da pesquisa.

Agradeço ao governo Timor-Leste principalmente o Ministério da Educação (MEC) pelo apoio financeiro durante toda a trajetória do meu estudo e ao meu convívio no Brasil.

Agradeço à Universidade Nacional Timor Leste (UNTL) que me deu a oportunidade e a confiança para continuar a estudar até conclui o meu estudo no Brasil através da cooperação bilateral entre UNTL e a UNILAB.

Agradeço à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB) por me proporcionar um ambiente criativo e amigável para os estudos. Sou grato à cada membro do corpo docente e especialmente os professores do ICEN que durante muito tempo me ensinaram muito no meu processo de aprendizagem, à direção e a administração dessa instituição de ensino.

Agradeço a minha amiga Roberta Arruda com seu tio Sr. Marcos José de Arruda Garcia e as demais famílias que já disponibilizaram os seus terrenos e equipamentos especialmente na área florestal de café sombreado para fazer a minha pesquisa durante a realização do meu trabalho.

Agradeço aos todos os meus colegas da turma de 2012.2 do curso de Ciência da Natureza e Matemática, pela amizade e companheiros que estiveram comigo durante da trajetória do meu estudo de graduação. Sou grato também às minhas amigas Alice Joana da Costa, Dayana Dari, Eva Yunus Ornay, Flávia Reis dos Santos, Margareta do Carmo e Maria da Costa Belina que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida cada vez mais a pena.

Agradeço aos meus amigos do outro curso Ananias Maria Barros e Maculada Soares Nunes por disponibilizaram seus tempos para ajudar a coletar a minha amostra do solo na área pesquisada durante a realização do meu trabalho.

Agradeço também a minha prima Auxiliadora M. J. S. de Carvalho que sempre me dê o apoio de forma direta ou indireta, pela coragem na hora difícil, que me deixou ser vencida pelo cansaço, obrigada pela paciência, pelo incentivo, pela força e pelo carinho.

Epígrafe

"Não Tenha Medo de Viver, de Correr Atrás dos Sonhos. Tenha Medo de Ficar parado"

- Anita Garibaldi-

RESUMO

O interesse em produtos orgânicos, de excelente qualidade e produzidos de manejo diferenciado vem contribuindo para o crescimento exponencial do mercado alternativo de café. O café produzido no Maciço de Baturité tem ganhado mercado consumidor de Fortaleza e o setor turístico na Serra de Guaramiranga. O presente trabalho se propôs a determinar os parâmetros físico-químicos do solo de uma propriedade produtora de café sombreado no município de Mulungu, região do Maciço de Baturité/Ceará. Foram determinados umidade, pH (água destilada), pH (KCl), acidez trocável, acidez potencial, matéria orgânica e carbono orgânico. Foram coletadas 9 amostras de solo compostas por 3 solos de plantas diferentes em 3 dias diferentes no mês de março de 2018. O solo estudado possui os seguintes valores médios de pH (H₂O destilada) $6,4 \pm 0,3$, pH (KCl) $3,3 \pm 0,1$, acidez trocável $1,3 \pm 0,4$ cmol_c dcm⁻³, acidez potencial $4,6 \pm 0,6$ cmol_c dcm⁻³, matéria orgânica $5,6 \pm 0,2$ %, e carbono orgânico $3,2 \pm 0,1$ %. Esses resultados correspondem a um solo com pH ácido, acidez trocável alta, acidez potencial média e bom teor de matéria orgânica. Espera-se que os resultados possam contribuir com o produtor para melhoria da produção do café.

Palavras chaves: solo, café sombreado, café orgânico

ABSTRACT

The production of organic coffee of excellent quality and produced of different management has been contributing to the exponential growth of the alternative coffee market. The coffee produced in the Maciço de Baturité has gained a consumer market in Fortaleza and the tourism sector in the Serra da Guaramiranga. The present work proposed the study of soil chemical parameters of a shaded coffee producing property in the Mulungu city, in the Baturité / Ceará. Humidity, pH (distilled water), pH (KCl), exchangeable acidity, potential acidity, organic matter and organic carbon were determined. A total of 9 soil samples composed of 3 soils from different plants were collected on 3 different days in March 2018. The studied soil had the following mean values of humidity: pH (distilled H₂O) $6,4 \pm 0,3$, pH (KCl) $3,3 \pm 0,1$, exchangeable acidity $1,3 \pm 0,4 \text{ cmol}_c \text{ dcm}^{-3}$, potential acidity $4,6 \pm 0,6 \text{ cmol}_c \text{ dcm}^{-3}$, organic matter $5,6 \pm 0,2 \%$, and organic carbon $3,2 \pm 0,1 \%$. These results correspond to a soil with weak acidity pH, high exchangeable acidity, average potential acidity and good organic matter content. It is hoped that the results can contribute to the producer to improve coffee production.

Key words: soil, shaded coffee, organic coffee

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1. Cafeeiro e sombreamento	15
3.2. Composição do solo.....	17
3.2.1. Qualidade do solo	19
3.2.2. Fertilidade do solo.....	20
3.3. Análise química do solo.....	21
3.3.1. pH do solo.....	22
3.3.2. Acidez trocável	24
3.3.3. Acidez potencial.....	25
3.3.4. Carbono orgânico e da matéria orgânica	26
4. METODOLOGIA	29
4.1. Descrição da área de estudo	29
4.2. Amostragem.....	30
4.3. Preparo amostras do solo	32
4.4. Determinação do pH em água e em solução de KCl 1 M.....	33
4.5. Determinação da acidez trocável	34
4.6. Determinação da acidez potencial	35
4.7. Determinação do Carbono Orgânico e Matéria Orgânica.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do café no Brasil acontece tanto em sombreamento quanto a pleno sol, no entanto, percebeu-se que em algumas regiões o cultivo do café a pleno sol causava a supressão da vegetação e posteriormente, a degradação do solo o que faz diminuir a produção cafeeira. Nesse contexto, surge o café sombreado que além de permitir a sombra para o plantio do café, conserva o solo, reduz as pragas invasoras e produz húmus para a plantação, garantindo, dessa forma, a recuperação da atividade cafeeira (FERNANDES *et al.*, 2011).

A técnica de sombreamento de café é uma das práticas mais antigas do mundo, especialmente difundido na Colômbia, Costa Rica, Guatemala, El Salvador e México (MANCUSO *et al.*, 2013). Essa técnica proporciona uma lenta maturação dos grãos, o que torna essa produção especial, haja vista que o mercado nacional e mundial tem valorizado esses produtos oferecendo um melhor financiamento aos produtores que se dedicam a esse tipo de produção (SILVA, 2015).

No Brasil, a maioria dos produtores prefere o cultivo a pleno sol por acreditarem que o sombreamento diminui a produtividade, adiando a comercialização pelo prolongado da maturação dos grãos e porque o cultivo sombreado representa maior necessidade de mão-de-obra humana causada pela dificuldade na passagem de máquinas e manejo. Estima-se que mais de 90% das lavouras existentes no Brasil são de pleno sol, já o cultivo à sombra está predominantemente no Maciço de Baturité/Ce e região Norte do país.

No Maciço de Baturité, o café é produzido debaixo da sombra de ingazeiras (*Inga ingoides*) bananeiras (*Musa ssp.*) e/ou camunzé (*Pithecellobium polycephalum*) garantindo a recuperação dos cafezais, mediante a recuperação do solo. Comparando a técnica de sombreamento do café ao cultivo a pleno sol percebe-se resultados diferentes para sombreado em diversas proporções, como produção de internódios mais longos, redução do número de folhas, obtenção de cafés com bebida mais suave (maturação mais lenta), dentre outras (SILVA, 2015).

O interesse em produtos orgânicos, de excelente qualidade e produzidos de manejo diferenciado vem contribuindo para o crescimento exponencial do mercado alternativo. O café produzido no Maciço de Baturité tem ganhado mercado consumidor em Fortaleza e no

setor turístico na Serra de Guaramiranga. O valor comercial do café cultivado a sombra pode chegar até 5 vezes maior que o café comercializado nos supermercados.

A região do Maciço de Baturité é muito carente de laboratório de análise química, o que dificulta os produtores de café sombreado o conhecimento da qualidade do solo das suas plantações. A maioria dos produtores da região não fez qualquer estudo do solo e fazem algum manejo no solo com conhecimento cultural na maioria das vezes, sem assessoria especializada.

O presente trabalho propõe determinar parâmetros físico-química do solo de uma propriedade produtora de café sombreado na região do Maciço de Baturité com objetivo de verificar as características químicas do solo, podendo contribuir com o produtor na correção, se necessário, para melhoria da produção do produto. Além disso, os resultados obtidos serão os primeiros registros analíticos do solo para esse sítio, o que contribuir com a literatura da cultura na região do Maciço de Baturité.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Determinar parâmetros químicos do solo em uma plantação de café sombreado na cidade de Mulungu/Ceará.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Coletar amostra do solo de café sombreado em uma propriedade produtora de café sombreado;
- ✓ Determinar pH do solo em água e em solução normal de cloreto de potássio;
- ✓ Determinar a acidez trocável por meio de uma solução de KCl 1 M;
- ✓ Determinar a acidez potencial do solo;
- ✓ Determinar o carbono orgânico e da matéria orgânica;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Cafeeiro e sombreamento

O gênero *Coffea* pertence à família Rubiácea, que contém aproximadamente 100 espécies descritas. Dentre essas espécies, apenas a *Coffea arábica* L. e *Coffea canéfora* Pierre têm expressão econômica no mercado internacional, representado, respectivamente, 70% e 30% da produção mundial de café (FAZUOLI, 1986; Fazuoli *et al.*, 2002). No Brasil aproximadamente 80% do café cultivado são da espécie arábica.

A espécie de café *Coffea arabica* L. tem sua origem nas florestas dos altiplanos da Etiópia, sendo uma planta que vegeta e produz bem em áreas sombreadas de altitude e em climas úmidos. Além dessa, a espécie *C. canephora* Pierre também é originária de sub-bosques africanos, porém das regiões de menor altitude, como o Congo e Gana. Deste modo, espera-se que o manejo do café que mais se assemelhe às suas condições de origem possa proporcionar os melhores resultados. No Brasil, as variedades de café foram geneticamente selecionadas para produzir a pleno sol, entretanto o sombreamento pode ser utilizado como uma alternativa para cafés especiais (MANCUSO *et al.*, 2013).

O café sombreado é um dos sistemas mais antigos de produção de café (*coffea arabica* L.) no mundo, particularmente difundido na Colômbia, Costa Rica, Guatemala, El Salvador e México. No norte da América latina, antes da década de setenta, o café era produzido predominante em sistemas sombreados, altamente diversificados, caracterizados pelo baixo impacto ecológico e baixa produtividade. A partir dos anos 70 foram introduzidas inovações tecnológicas que permitiram o aumento da produtividade. As novas tecnologias incluíram a eliminação do sombreamento, o aumento da densidade de plantio e uso de cultivares melhoradas, altamente dependentes de fertilizantes minerais (BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006). No Brasil, o sombreamento dos cafeeiros era uma prática comum na região Norte e Nordeste até os anos 70. No começo desta década foram eliminadas grandes áreas de café com o objetivo de diminuir a superprodução e posteriormente algumas destas foram substituídas por café a pleno sol.

O café sombreado, diferentemente do café cultivado ao sol, não demanda grande quantidade de insumos. O café ao sol utiliza fertilizantes e agrotóxicos, além do replante de mudas, enquanto o café sombreado, por ser plantado consorciado com outras espécies, convive em harmonia com o ecossistema local e conseqüentemente tem baixa incidência de

pragas. Além disso, a fertilização do solo acontece pelas folhas caídas das árvores que fabricam os húmus fertilizando o solo de nitrogênio (MELO *et al.*, 2009).

Com relação ao replante, ele normalmente acontece a partir dos próprios frutos que caem, germinam e dão origem a novas mudas. No inverno, período em que o solo está mais brando, essas mudas são tiradas e imediatamente replantadas em outros locais. Segundo Moreira (2003) o papel das árvores na conservação de solos e cursos de água é bem estabelecido. Além disso plantações de café sombreado tem sido citada como refúgios para biodiversidade porque podem preservar a alta diversidade de organismos, como pássaros, artrópodes, mamíferos e orquídeas.

De acordo com Ricci (2006) o sombreamento com espécies e espaçamento adequados pode apresentar resultados satisfatórios, quando comparado ao cultivo a pleno sol. Em relação ao solo, a presença de árvores aumenta o aporte de matéria orgânica em virtude da queda de folhas, conserva a umidade, reduz as perdas de nitrogênio (N), aumenta a capacidade de absorção e infiltração de água, reduz o risco de erosão e a emergência de plantas invasoras, e estimula a atividade biológica.

Alguns proprietários tendo percebido que os cafés que cresciam embaixo da sombra das árvores sobreviveram, passaram a intensificar a produção do café sombreado. O resultado foi que a sombra das árvores protegia o café da incidência do sol intenso e contribuiu para o controle natural às epidemias, aumentando assim sua produtividade. As folhas caídas das árvores fabricavam os húmus, fertilizando o solo de nitrogênio, adubando naturalmente a terra (CAFEEICULTURA, 2005).

Nannetti (2012) relata que os cafeeiros sombreados necessitam de menos adubo, principalmente nitrogenados, para uma mesma quantidade de café produzido. Dados obtidos na Costa Rica demonstram esse fenômeno, explicado pela maior atividade de nitrato-redutase sob menor luminosidade. Por ser o cafeeiro uma planta C_3 , realiza o máximo de fotossíntese sob luz difusa. Além disto, o processo produtivo desde a floração até a maturação é mais lento e, assim, melhor atendido pela produção de reservas sob condições de sombra (MATIELLO *et al.*, 2002).

A experiência de cultivo do café foi empreendida em diversas regiões antes de ser introduzida no Brasil. Em 1727, a atividade cafeeira foi iniciada no Brasil, na cidade de

Belém, norte do país, onde as condições do clima da região limitaram sua adaptação. A partir dali buscaram-se novas áreas onde a espécie pudesse se adaptar (ALCÂNTARA, 2009).

Em meados do século XIX, Lock (1888) fez algumas observações sobre os pontos positivos e negativos do sombreamento através de árvores, embasado em experimentos com manejo de cafezais no Ceilão, atual Sri Lanka. São eles:

- *Faixa Climática*: a necessidade de sombra varia em função do clima (o sombreamento tem especial importância em climas quentes e secos);
- *Benefícios do sombreamento*: aumento da longevidade das plantas de café; redução nos custos; aumento da serapilheira (consequentemente, aumento da disponibilidade de nutrientes) e venda de madeira (incremento na renda);
- *Inconveniente*: redução da produção de café, porém compensada pelo aumento da longevidade;
- *Atributos benéficos das espécies de sombreamento*: pouca ramificação, fornecimento de madeira, frutas ou outros produtos úteis, “alimentação” do subsolo, pois ocorre ciclagem de nutrientes através das folhas que caem.

Após Lock, muitas outras discussões e experimentos foram realizados na tentativa de esclarecer as reais mudanças ocasionadas pelo sombreamento de cafezais e se essas se traduzem em ganhos ou perdas na produtividade, qualidade e ao meio ambiente. Até hoje existem diferentes abordagens sobre o manejo do café sombreado e seus efeitos na qualidade da bebida.

3.2.Composição do solo

O solo é a parte mais importante da geosfera para os seres humanos. É a mistura de minerais, matéria orgânica, água e ar e também suporte para a vida vegetal na superfície da terra. Em outra definição o solo tem um papel de fundamental importância nos ciclos da natureza, participando, direta ou indiretamente, da maioria das atividades que ocorrem no planeta. É fonte de alimentos necessária à vida, constituindo-se em uma parte importante da biosfera para os seres humanos, animais e organismos terrestres. A matéria orgânica do solo regula vários processos e interfere, quer nos processos geoquímicos, quer nas propriedades físicas e químicas dos solos, sendo considerada a principal fonte de nitrogênio para as plantas e fornecedora de elementos como fósforo, enxofre e vários micronutrientes, entre eles, alguns metais (KARINA FRAIGE; CRESPILO; REGENDE, 2007).

Todo solo é composto de três fases. A primeira, a fase sólida, é constituída por material rochoso (local ou transportado) e material orgânico, originário da decomposição vegetal e/ ou animal. A segunda, a fase líquida, corresponde à água ou a solução do solo (elementos orgânicos e inorgânicos em solução). A última fase, a gasosa, é de composição variável, de acordo com os gases produzidos e consumidos pelas raízes das plantas e dos animais (CO₂ e O₂), como mostra na Figura 1 abaixo.

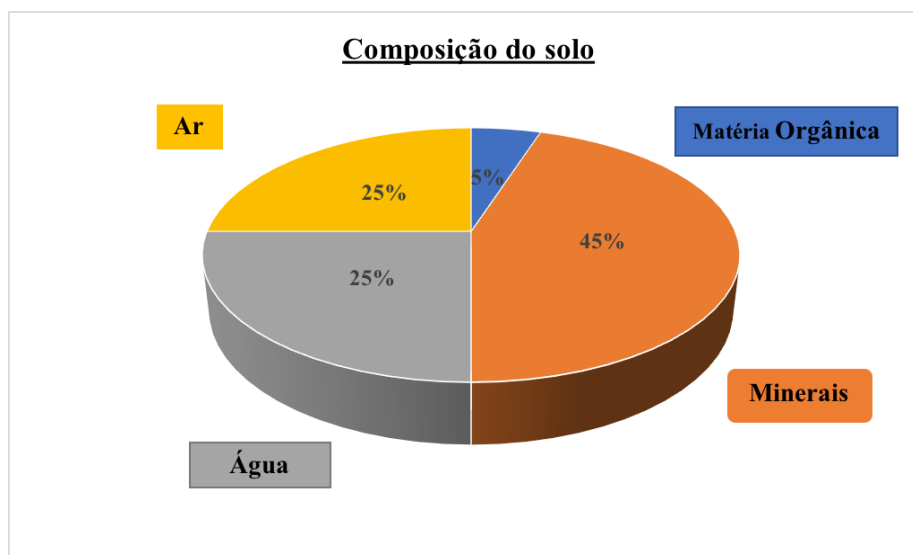


Figura 1. Elementos constituintes do solo
Fonte: Autora, 2018

O solo também composto por uma mistura heterogênea de diferentes substâncias orgânicas e organominerais, minerais argilosos, óxidos de metais e outros componentes sólidos, tal como uma variedade de substâncias solúveis, microorganismos, líquidos e gases.

Além disso o solo também é uma massa porosa, com parte dos espaços vazios normalmente ocupados pela água. Na realidade, não se trata de água pura, mas de uma solução que contém diversos solutos que influem no desenvolvimento das plantas.

A disponibilidade dos íons para as raízes das plantas é controlada por várias reações, a saber: equilíbrio entre ácido e base, complexação iônica, precipitação e dissolução de sólidos, oxidação, redução e trocas iônicas. A cinética dessas reações e a taxa de absorção biológica controlam a concentração do íon na solução de solo (MIRANDA *et al.*, 2006).

A absorção de elementos químicos pelas raízes das plantas dá-se a partir da solução do solo (RAIJI, 1991). O conhecimento da composição química da solução do solo fornece

subsídios importantes para o entendimento das alterações físicas e químicas advindas do uso e manejo e para o monitoramento das várias práticas de melhoramento do solo (SIMARD *et al.*, 1988; CAMPBELL *et al.*, 1989). Pode também auxiliar nas estimativas da taxa de intemperismo na taxa de ciclagem dos elementos químicos e no influxo e lixiviação de nutrientes no campo.

O processo de formação do solo depende do intemperismo, que é a ação do meio ambiente sobre minerais e matéria orgânica. Os fatores ambientais que influenciam este processo são chuvas, vento, corpos de água e variação de temperatura, entre outros fatores (SILVA *et al.*, 2010).

Qualidade do solo faz-se capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (VEZZANI, MIELNIZCUK, 2009), em outras palavras a capacidade de um solo exercer suas funções na natureza que são: funcionar como meio para crescimento das plantas; regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente; estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera; e servir como tampão ambiental na formação, diminuição e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente.

Além disso, o solo também é um espaço com abundante da atividade microbiológica, meio para a decomposição, equilíbrio e renovação química. Fruto de suas propriedades filtrante, de observação, e mais, o solo também é um espaço com abundante da atividade microbiológica, meio para a decomposição, equilíbrio e renovação química. Fruto de suas propriedades filtrante, de observação e de conversão de substratos. O solo é uma massa porosa, com parte dos espaços vazios normalmente ocupados pela água. Na realidade, não se trata de água pura, mas de uma solução que contém diversos solutos que influem no desenvolvimento das plantas (MIRANDA *et al.*, 2006).

3.2.1. Qualidade do solo

A qualidade do solo refere-se às condições ótimas para que o solo funcione adequadamente. O entendimento da qualidade do solo é fundamental, tendo em vista a necessidade de adoção de estratégias para um manejo sustentável dos diversos sistemas de

produção (AGUIAR, 2008). O funcionamento do solo depende da interação de processos químicos, físicos e biológicos, que mantém um fluxo constante e uma natureza heterogênea (TÓTOLA e CHAVIER, 2002). As funções que o solo pode exercer na natureza são as promover meio para o crescimento das plantas, regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente, estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera e atuar como um tampão ambiental (LARSON & PIERCE, 1994).

A qualidade dos solos entende-se de uma das propriedades mais rapidamente afetada através dos processos de degradação. É o necessário, portanto conhecer e quantificar a variação das propriedades químicas do solo em vários períodos, por meio de indicadores químicos. Particularmente indicadores como pH, carbono orgânico, a capacidade do solo de resistir a troca de catiônicas (capacidade de Troca Catiônica, óxidos de ferro, óxidos de alumínio), necessidades nutricionais das plantas (N, P, K, Ca, Mg), contaminação ou poluição (metais pesados, nitrato, fosfato, agrotóxico). Isso permite definir as melhores maneiras de uso do ambiente para cada tipo de solo em particular (TEIXEIRA, 2013).

Segundo Brady e Weil (2013) o solo é um recurso básico que suporta todos os ecossistemas terrestres. Quando os solos são cuidadosamente manejados, eles se tornam um recurso natural reutilizável. Contudo, na escala de vidas humanas, eles não podem ser considerados um recurso renovável. Eles afirmam que a qualidade do solo é uma medida da sua capacidade para realizar determinadas funções ecológicas. De acordo com Araújo *et al.*, (2012) em linhas gerais, a qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a composição natural do solo, sendo também fortemente relacionada com as práticas intervencionistas do homem.

Considerando-se que uma das funções do solo é fornecer nutrientes às plantas, um atributo químico de grande importância é capacidade e troca de catiônica. É definida como sendo a soma total dos cátions ($H^+ + Al^{+3} + Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^+$) que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível a assimilação pelas plantas (EMBRAPA, 1997).

3.2.2. Fertilidade do solo

Os solos com melhor fertilidade natural encontram-se nas áreas de baixada, porém com fortes limitações quanto à drenagem e textura mais argilosa. Os argilosos de textura média, com melhores características físicas, ocorrem nos topos (interflúvios tabulares) e

possuem limitação quanto à fertilidade. Apresentam teores elevados de alumínio, associado à baixa CTC, baixo pH, enfim, com escassez de nutrientes para as plantas. (ARAÚJO, 2000).

A fertilidade do solo pode ser definida em termos de saúde do solo que é o empregado por aqueles que consideram o solo como um sistema vivo e dinâmico, cujas funções são medidas por uma gama de organismos que requerem práticas próprias de manejo e conservação (MOREIRA, 2003). Mundialmente, práticas de manejo inadequadas têm levado muitos solos à degradação e à perda de qualidade. Portanto, a qualidade do solo, estabelecida por suas propriedades físicas, químicas e biológicas dentro das restrições impostas pelo clima e ecossistema, inclui também um componente determinado pelas decisões de uso da terra (tipo exploração) e prática de manejo (modo de exploração) (BORGES, 2013).

3.3. Análise química do solo

A análise de solo provavelmente começou quando o homem se interessou por saber como as plantas crescem.

De acordo com Leite (2010) o solo agrícola em geral contém todos os elementos necessários ao crescimento das plantas, além de outros não essenciais ou tóxicos. Entretanto, o teor total destes elementos não reflete a disponibilidade para as plantas, pois grande parte dos nutrientes está em forma insolúvel ou dissolução lenta.

A análise do solo serve ainda, também para verificar se há acidez, a qual dificulta ou impede o crescimento das raízes fazendo com que a cultura aproveite mal os elementos do solo, desenvolvendo-se menos e tornando a planta mais sensível à seca (MALAVOLTA, 1992). O solo é o recurso natural que deve ser utilizado como patrimônio da coletividade, independente do seu uso ou posse. É um dos componentes vitais do meio ambiente e constituir o substrato natural para o desenvolvimento das plantas.

As análises químicas do solo são muito importantes para classificar e caracterizar a disponibilidade dos nutrientes do solo, a qualidade através dos componentes químicas e metais pesados que contém dentro do solo. Porém, as propriedades químicas do solo são muito importantes para serem estudadas a fornecer um meio de cultivo ideal para a planta.

Em outra definição a análise do solo também é uma das principais ferramentas para o desenvolvimento sustentável da agricultura e o exame da fertilidade do solo proporciona o suporte técnico para as recomendações de adubação e calagem (TEODORO, 2014).

A amostragem do solo é um passo importante para a determinação das propriedades químicas do solo no laboratório para a determinação das propriedades químicas do solo destina-se a determinar as propriedades químicas do solo em um ponto de observação na localização da área estudada ou a determinação das propriedades químicas do solo através dos seguintes métodos.

3.3.1. pH do solo

O pH do solo serve para avaliar as condições de um solo: ácido, neutro ou alcalino. Os níveis pH variam de 0 a 14, com 7 sendo neutro, abaixo de 7 ácido e acima de 7 alcalino. A faixa ideal de pH para a maioria das plantas é entre 5,5 e 7,0; entretanto, várias plantas têm se adaptado para valores de pH fora dessa faixa. Os solos ácidos apresentam problemas para a agricultura porque as plantas não se desenvolvem bem nestas condições de acidez. A disponibilidade de nutrientes é muito pequena para as plantas. A produtividade das lavouras é muito baixa. Como os níveis de pH controlam vários processos químicos que acontecem no solo especificamente, disponibilidade de nutrientes de planta é vital manter níveis adequadas para suas plantas para atingir seu potencial de produção total.

O pH refere-se à concentração do próton H^+ na solução do solo, qual está em equilíbrio dinâmico com as superfícies das partículas do solo, predominantemente com cargas negativas. Em função dos íons H^+ serem atraídos para as superfícies carregadas negativamente, podem substituir a maioria dos cátions, entre eles os metais. (CAMPOS, 2010). De forma geral, o pH dos solos aumenta com a profundidade, pois os processos pedogenéticos são menos intensos, principalmente a lixiviação de bases no interior do perfil do solo.

O pH do solo exerce importantes influências nas plantas em geral, a acidez está ligada até mesmo à produtividade do solo. Solos muito ácido não são férteis, é por isso que é de costume dos agricultores fazer a correção da acidez do solo através do método da neutralização utilizando por exemplo a adição de uma base como CaO (óxido de cálcio),

popularmente conhecido como cal viva. A equação de produção da base que irá neutralizar a acidez do solo é descrita abaixo:



Os solos podem ser naturalmente ácidos em função da própria pobreza em bases do material de origem ou devido a processo de formação que favorecem a remoção de elementos básicos como K, Ca, Mg e Na (ANTUNES, *et al.* 2009). De acordo com artigo publicado pelo Gepeq (1998), as alterações de alguns minerais bem como o uso de alguns fertilizantes podem tornar o solo ácido, prejudicando o crescimento de alguns vegetais como a soja, o feijão e o trigo, e diminuir a ação de micro-organismos presentes no solo.

Plieski *et al.*, (2004) afirmam que os baixos valores de pH em solos orgânicos são geralmente devidos à presença de material orgânica, ao hidrogênio e alumínio trocáveis, ao sulfeto de ferro e outros compostos de enxofre oxidáveis. Em contraste como solos minerais, a presença de ácidos orgânicos determina grandemente a acidez, e a presença de alumínio solúvel ou hidrolisável é menos importante. Em regiões áridas e com pouca chuva, também pode ocorrer de solo se tornar alcalino, o que pode ser prejudicial ao crescimento dos vegetais.

O pH (potencial hidrogênio) em uma solução significa nada mais que a quantidade de íons de hidrogênio (H^+) dissociados e, portanto, livres. Quanto mais íons livres de H^+ , tanto mais ácida se torna a solução. Porém, conclui-se que o solo é ácido quando possui muitos íons H^+ e poucos íons de cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), potássio (K^+) e sódio (Na^+) adsorvidos em seu complexo coloidal, isto é, de troca (PRIMAVESI, 2002). De acordo com a tabela que foi elaborada pelo autor o pH do solo de cafeeiro possui o valor entre 4,5 a 7,0.

O pH é responsável pelas diversas frações de húmus, que possuem efeito completamente diferente sobre o solo. Formam-se:

Em pH < 5,6 Especialmente ácidos fúlvicos;

pH 5, 6 a 6,8Predominantemente ácidos húmicos;

pH > 7,3Ácidos fúlvicos oriundos da degradação dos ácidos húmicos (PRIMAVESI, 2002)

Isso define-se pelo fato em que os solos ácidos e pobres não há condições de uma vida microrgânica adequada, pois, a continuação da oxidação que assim por diante, depende da

presença de cálcio e fósforo (PRIMAVESI, 2002). Entretanto em solo alcalino, onde as condições de microvida se tornam novamente precárias que ocorre a oxidação puramente química dos ácidos húmicos, formando novamente ácidos fúlvicos que finalmente são mineralizados por bactérias.

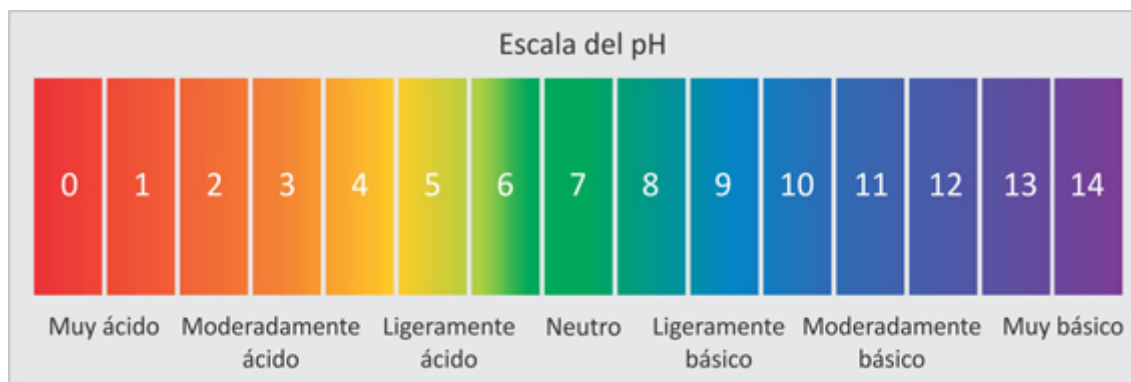


Figura 2. Escala de pH do solo

Fonte: <http://gruposolos205.blogspot.com/2015/09/o-ph-dos-solos.html>. Acesso em: 3/06/2018

A maioria dos solos utilizado para cultivo do café no Brasil apresenta características químicas inadequadas para o pleno desenvolvimento das plantas e para a obtenção elevadas produtividades. Dentre essas características como elevada acidez, altos teores de Al trocável (Al^{3+}) e deficiência dos nutrientes Ca e Mg, são inadequados por efeitos diretos ou indiretos sobre plantas. A elevada acidez do solo (baixo pH) se caracteriza por efeito direto dos íons H^+ sobre raízes, além de reduzir a disponibilidade de diversos nutrientes e aumentar o efeito da toxidez de alumínio. Altos teores de Al^{3+} no solo são tóxicos para as plantas e a deficiência de Ca e Mg, uma vez que estes são elementos essenciais para a nutrição adequada das plantas (GUARÇONI, 2006).

3.3.2. Acidez trocável

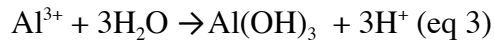
Os solos possuem uma tendência natural de se acidificar com o tempo. Muitos fatores, tanto naturais como material de origem, vegetação nativa, precipitação, profundidade do solo quanto de manejo (culturas, adubação nitrogenada decomposição da matéria orgânica, plantio direto, erosão) contribuem para aumentar a acidez do solo (PHILPIS, 2014). Caso não seja controla adequadamente, a acidez pode reduzir seriamente o rendimento das culturas, causando perdas econômicas, significativas ao produtor e impactos negativos no ambiente. Os problemas que relacionados à acidez do solo ocorrem em muitas áreas em todo o mundo.

Além disso há duas maneiras principais que provocam a acidificação do solo. A primeira ocorre naturalmente pela dissociação do gás carbônico:



O H^+ transfere-se então para a fase sólida do solo e libera um cátion trocável, que será lixiviado com o bicarbonato. Esse processo é favorecido por valores de pH elevados, tornando-se menos importante em pH baixos, sendo não expressa a pH abaixo de 5,2. Entretanto, em solos muito ácidos não é provável uma grande acidificação através do bicarbonato.

A acidez trocável entende-se pela hidrólise do Al em solução, equação abaixo, e mais o íon hidrogênio trocável. No entanto o H^+ trocável é extremamente pequeno para o pH normalmente encontrado no solo (CAMARGO *et al.*, 2009).



A acidez trocável refere-se aos íons H^+ e Al^{3+} que estão retidos na superfície dos colóides por forças eletrostáticas. A quantidade de hidrogênio trocável, em condições naturais, parece ser muito pequena. Portanto, os solos do planeta são ácidos estimado a cerca de 30%, e estes representam algumas das regiões produtoras de alimentos mais importante.

RAIJ (1991) afirma que o alumínio é, assim, causa da acidez excessiva de solos, sendo um dos responsáveis pelos efeitos desfavoráveis desta sobre os vegetais, por ser um elemento fitotóxico (tóxico aos vegetais). Em condições elevadas de acidez dos solos, podem ocorrer também teores solúveis de outros metais, como manganês e até ferro, também tóxicos para as plantas, se absorvidos em quantidades excessivas

3.3.3. Acidez potencial

De acordo com a teoria de Brwonsted-Lowry para ácido conjugado em soluções aquosas, um ácido é uma substância que doa íons hidrogênio ou prótons (H^+) para qualquer outra substância. De outra forma, uma base é qualquer substância que aceita H^+ . O H^+ que não dissociado contribui para a acidez potencial do solo (PROCHNOW, 2014)

A acidez potencial é constituída pelos íons H^+ e Al^{3+} presentes no solo, que foram adsorvidos aos colóides do solo e podendo ser que observada por meio de extrações com soluções de sais tamponantes ou misturas de sais neutros com soluções tampão (JÚNIOR *et*

al., 2015). Entretanto, o sódio é um do elemento de metais que por ser parte importante do complexo coloidal de solos salinos e alcalinos, porém, outros elementos como cálcio, magnésio e potássio são os quatro elementos trocáveis que tem a importância para o solo por serem macronutrientes.

Embrapa (1997) no Brasil, o método-padrão para determinar a acidez potencial é a solução de acetato de cálcio 1 mol L^{-1} a pH 7,0. Entretanto, esse método apresenta alguns inconvenientes. Dentre eles, podem-se destacar o consumo de grande quantidade de acetato de cálcio por amostra e conseqüentemente do aumento do custo da análise, o tempo operacional decorrente das etapas de extração e titulação e a dificuldade para visualizar o ponto de viragem do indicador durante a titulação (NASCIMENTO, 2000).

Além disso, apesar da presença do ânion acetato e do ajuste de pH da solução para 7,0, visando extrair a maior parte do $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ tem cuidado para a baixa eficiência tamponante dessa solução entre pH 6,5 e 7,0, condição que desvalorizam os valores da acidez potencial. Apesar disso, a acidez potencial pode ser estimada pelo uso do pH SMP (Shoemaker, Mac Lean e Pratt), o qual apresenta uma boa correlação com a quantidade de $\text{H}^+ + \text{Al}$ extraída com acetato de cálcio (pH 7,0) (ESCOSTEGUY; BISSANI, 1999). O hidrogênio e alumínio são dois cátions adsorvidos principalmente responsáveis pela acidez do solo. Os dois tipos de cargas positivas, permanente e dependente de pH, exercem a influência sobre a acidez do solo e sobre a associação do hidrogênio e do alumínio com os colóides do solo (NETO, 2009).

3.3.4. *Carbono orgânico e da matéria orgânica*

A matéria orgânica do solo consiste em uma grande variedade de substância orgânicas (ou carbonáceas), incluindo os organismos vivos (ou biomassa do solo), restos de organismos que em algum momento ocuparam o solo e compostos orgânicos produzidos pelo metabolismo atual e passado ocorrido no solo. Os restos de plantas, animais e microorganismos são continuamente decompostos no solo e novas substâncias são sintetizadas por outros microorganismos. Ao longo do tempo, a matéria orgânica é removida do solo na forma de CO_2 produzido pela respiração dos microorganismos. Por causa de tal perda, repetidas adições de resíduos de novas plantas e/ ou de origem animal são necessárias para manter a matéria orgânica do solo (BRADY e WEIL, 2013). A matéria orgânica aumenta a capacidade de troca catiônica, favorecendo a retenção de cátions e a conseqüente redução da

lixiviação, contribuir para melhoria de características químicas como na estrutura, devido ao aumento da agregação do solo, sendo importante para a sustentabilidade do mesmo (TEIXEIRA, 2013).

A análise do teor de carbono existe das mudanças em troca de CO₂ de todas as substâncias orgânicas presente no resíduo por meio de combustão seca ou úmida, por digestão, oxidação e dosagem do restante de agente oxidante por titulometria, volumetria e demais procedimentos analíticos (CARMO e SILVA, 2012).

A matéria orgânica do solo é considerada um atributo de qualidade do solo e está envolvida e relacionada com muitas das propriedades químicas do solo. Esta pode ser definida como toda a fração do solo de qualquer material que tem ou que já tenha tido vida, isto é, que seja orgânico. Isso inclui restos de animais e de vegetais em vários estágios de decomposição, células e restos de organismos, e substâncias das raízes da planta e da microbiota do solo. É formada principalmente por carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio (H), fósforo (P) e o enxofre (S) (LARSON e PIERCE, 1994). A matéria orgânica (húmus) do solo inclui todos os compostos orgânicos. Exceto os materiais não decompostos e os organismos vivos (biomass). A matéria orgânica pode ajudar no aquecimento do solo e no suprimento de nutrientes para as plantas, permite troca de gases, estabiliza a estrutura e aumenta a permeabilidade.

De acordo com Campos (2010) a matéria orgânica do solo é uma mistura de composto em vários estágios de decomposição, resultantes da degradação biológica de resíduos de plantas e animais. Inclui todos os constituintes orgânicos do solo, inclusive tecidos de plantas e animais e plantas decompostas, seus produtos de decomposição e a biomassa do solo. Em razão, principalmente de sua configuração e profusão de grupos fenólicos e carboxílicos, a matéria orgânica apresenta grande afinidade por metais pesados presentes no solo. Esse comportamento é capaz de gerar sítios de adsorção, atuando via ligação iônica (troca de elétrons) e/ou como agente complexante na solução do solo (GARCIA-MINA, 2006). Segundo Stevenson (1994), a complexação poderá manter o metal em solução, favorecer o transporte ou torná-lo indisponível pela precipitação e envelhecimento do complexo formado.

Para determinação do carbono orgânico em solos podem ser utilizados vários métodos. Porém, em nosso trabalho daremos destaque somente para o método de Walkley-Black modificado (BELTRAME, 2014), também conhecido como método Embrapa (EMBRAPA, 1997). O método de Walkey-Black modificado, inserido no Manual de Métodos de Análise de

solo (EMBRAPA 1997) e Boletim Técnico: Métodos de Análise Química, Mineralógica e Físicas de solo do instituto Agrônômicos de Campinas (2009), são que veem sendo mais utilizado pela maioria dos laboratórios do Brasil. São baseados na oxidação do carbono orgânico do solo, só que neste caso, pelo Cr^{6+} na presença de H_2SO_4 onde o excesso de cromo (Cr^{6+}) é titulado com ferro (Fe^{2+}): Ambos os métodos de determinação de Carbono orgânico apresentam algumas limitações em suas execuções.

No método de Walkley-Black, o dicromato de potássio é utilizado em excesso em relação ao teor esperado de carbono orgânico, sendo uma parte deste dicromato usada para oxidar o carbono orgânico que se transforma em CO_2 e a restante titulada com sulfato ferroso na presença do indicador difenilamina (ASSUNÇÃO & SILVA, 2012).

Este método tem como um dos grandes problemas as análises feitas com dicromato, devido às preocupações ambientais sobre a geração de resíduos tóxicos. Além que, mesmo sendo muito utilizado em laboratório no Brasil, esta metodologia apresenta muitas críticas (RHEINMER *et al*, 2008, CONCEIÇÃO *et al.*, 1999, SILVA *et al*, 19999), não promove a oxidação completa de carbono orgânico, não alcança as formas elementares de carbono nas amostras de solo.

4. METODOLOGIA

4.1. Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada na região de Mulungu município do Ceará. A região possui clima tropical úmido na época das chuvas concentradas nos meses de dezembro a março com a temperatura ambiente 29° C. O sítio possui 0,76 hectare com 60 anos de plantio segundo o proprietário da plantação de área florestal do café. As amostras foram coletadas no mês de março de 2018 que estão apresentadas as seguintes coordenadas geográficas: 4° 17'55''S / 380° 59'32''O com a elevação 790 m acima do nível do mar.

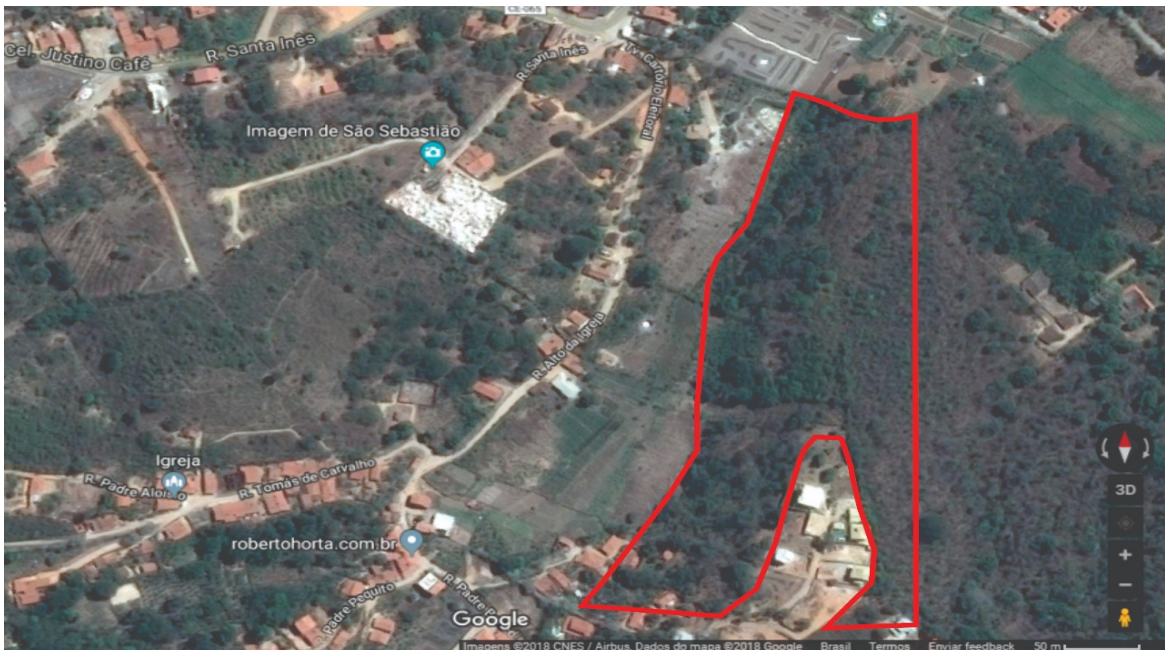


Figura 3. Vista aérea da área de pesquisa.

Fonte: Google mapa, 2018



Figura 4. *A) O café sombreado está plantando de baixo de outra planta. B) Plantação da área florestal de café sombreado*
Fonte: Autora, 2018

4.2. Amostragem

Foram obtidas três porções (repetições) de 27 amostras do solo que foram coletadas em dias diferentes nos dias 14, 15 e 17 de março de 2018. No primeiro dia de coleta foram retiradas 9 amostras do solo como descrito na imagem (figura 5). Cada parcela foi constituída por 3 linhas de cafeeiros de cada região de coleta, em cada linha foram retiradas 3 amostras de solo, em seguida foram homogeneizadas para formar uma amostra composta e foram denominadas em Rep I. Repetiram-se mais duas vezes para replicata II e replicata III (Figura 6). As amostras foram retiradas em forma aleatória ou zigue zague com profundidade 0-20 cm, (figura 7).



Figura 5. *Amostras coletadas. A) Rep I, B) Rep II, C) Rep III*
Fonte: Autora, 2018



Figura 6. As amostras foram misturadas para formar amostra composta
Fonte: Autora, 2018



20 cm de profundidade do solo

Figura 7. Medição da profundidade do solo.
Fonte: Autora, 2018

Em seguida, as amostras foram homogeneizadas formando uma amostra composta. Fazer o mesmo método para o dia seguinte no outro plano no sítio da área florestal de café. Tendo antes o cuidado de limpar a superfície dos locais escolhidos, removendo as folhas e outros detritos. A retirada das amostras do solo foi realizada com auxílio de cavadeira (boca do lobo) e medir a profundidade com auxílio da trena de aço como descrito logo abaixo da Figura 8.



Figura 8. Ferramentas utilizadas para coletar amostragem do solo. **A)** Cavadeira
B) Trena de aço 30 m.

Fonte: Autora, 2018

Todas as amostras foram adicionadas separadamente em sacolas plásticas, devidamente identificadas (Figura 6). Após a coleta as amostras foram encaminhadas ao laboratório de Química analítica da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB) em campus dos Auroras, onde foram homogeneizadas, secas no ar durante 24 horas.

4.3. Preparo amostras do solo

As amostras foram secas no ar durante 24 horas e depois a 40°C em estufa com circulação de ar. A amostra foi peneirada. A fração maior, denominadas como fragmentos grosseiros, foi pesada à parte e expressou-se em porcentagem da amostra original e foi usado para correções. A fração com tamanho menor a 2 mm foi denominada como terra fina seca do ar com a sigla de (TFSA) e foram colocadas separadamente nos sacos plásticos, sendo uma delas controle de laboratório. As amostras foram codificadas para descrever a nomenclatura. A amostra com código 1AFC (Área Florestal de Café) corresponde a 1ª amostra coletada no primeiro dia de análise. Os procedimentos de análise foram adaptados pelo boletim técnico, 106 (Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas, 2009), (EMBRAPA, 2011).

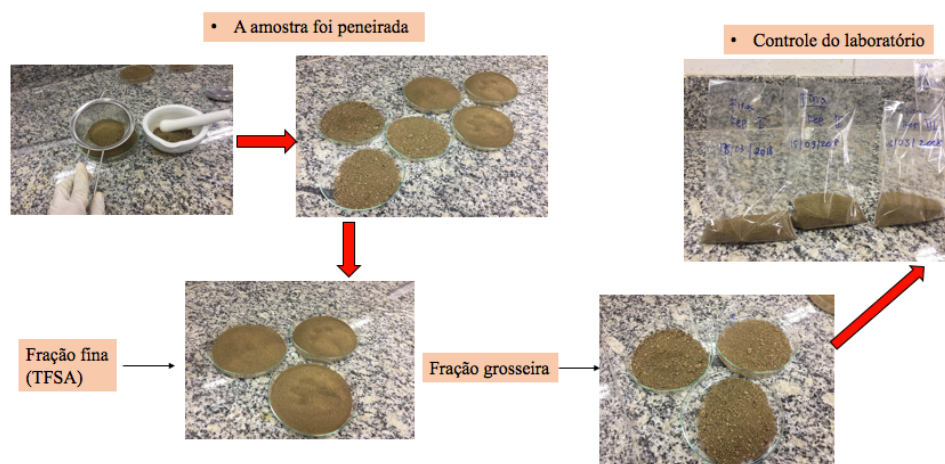


Figura 9. Método de preparo da amostra do solo no laboratório.
 Fonte: Autora, 2018

4.4. Determinação do pH em água e em solução de KCl 1 M

A determinação de pH do solo foi realizada potenciométricamente com eletrodo com marca pH/mV/Conds/TDS/Tamp.meter.86505 de vidro com a variação da atividade hidrogeniônica da solução em que ele esteve mergulhado. Usou-se um eletrodo de referência para a suspensão solo-solução contendo 10 cm³ de terra 25 mL de solução de água destilada e KCl 1 mol L⁻¹, após agitação por 15 min e repouso por 30 min. Procedeu-se à leitura. O equipamento antes de fazer a leitura foi calibrado com as soluções tampão com pH 4 e 7 e lavado com água destilada. Posteriormente as amostras foram colocadas em um béquer com agitador magnético para homogeneizar as amostras por agitação. Inseriu o eletrodo nas amostras e deixaram de esperar que as leituras fiquem estável. Repetiram-se as análises mais três vezes e anotou-se os resultados.

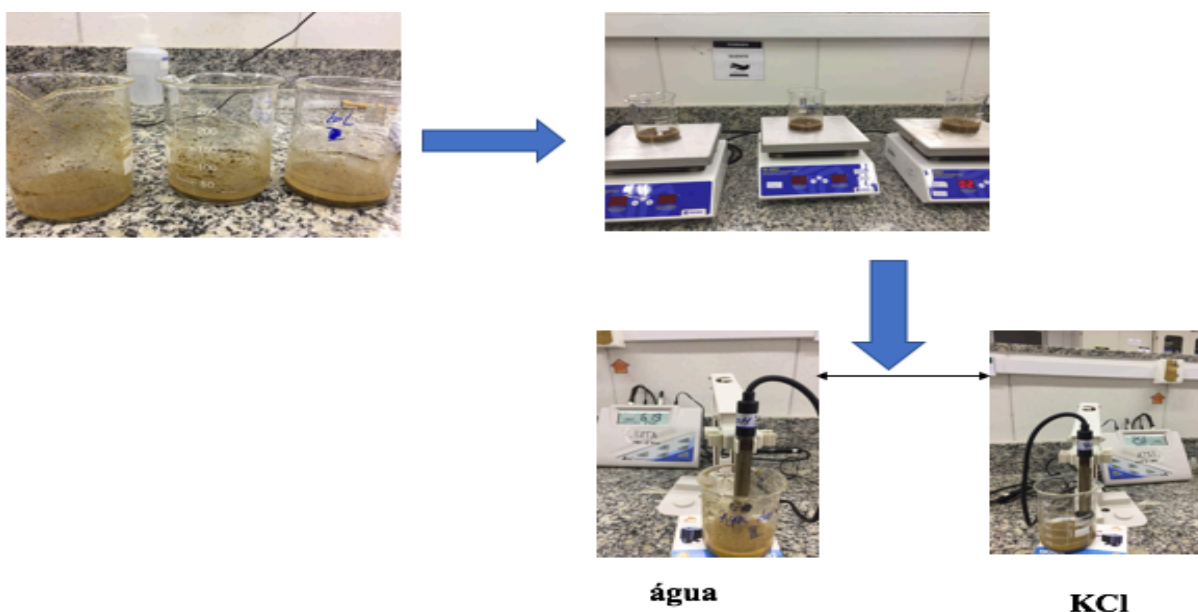


Figura 10. Determinação do pH do solo em água destilada e KCl
 Fonte: Autora, 2018

4.5. Determinação da acidez trocável

Foi utilizada a solução de KCl 1 mol L⁻¹ para a determinação de acidez trocável e utilizando a técnica de volumetria por titulação. Nesta análise foi utilizado solução padronizada NaOH mol L⁻¹ como titulante e com os indicadores solução alcoólica de fenolftaleína 3%. Para esse procedimento, pesou-se 5 g de TFSA em erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 100 mL de KCl 1 mol L⁻¹ após agitação por dez minutos e deixou decantar por 16 horas. Logo depois de repouso filtrou-se a amostra com papel filtro e adicionou-se 3 gotas de fenolftaleína a 3% em seguida titulou-se com hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹ até uma coloração rosa persistente. O mesmo procedimento foi empregado para a prova em branco utilizou-se a água destilada nas preparações das soluções. Anotou-se os volumes gastos na titulação e calculou-se a concentração de acidez trocável nas amostras usando seguinte fórmula.

$$\text{Acidez trocável meq } 100\text{g}^{-1} = (V_2 - V_1) \times 2$$

$$\text{Acidez trocável cmol}_c \text{ dcm}^{-3} = \text{Acidez trocável meq } 100\text{g}^{-1} \text{ (RAIJ } et al., 2001, p. 171)$$

Onde:

Meq: miliequivalente

V_1 : mililitros de solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ gastos no ensaio em branco (mL);

V_2 : mililitros de solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ gastos na titulação do extrato (mL).

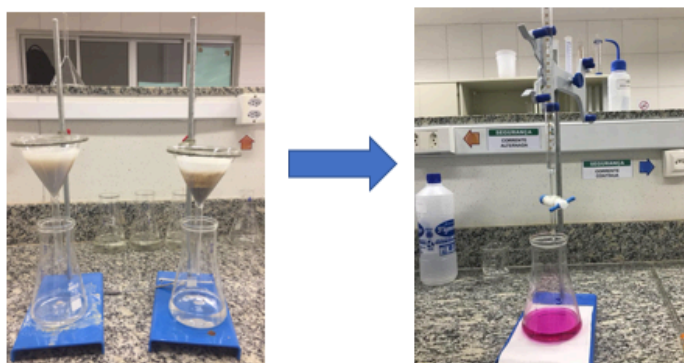
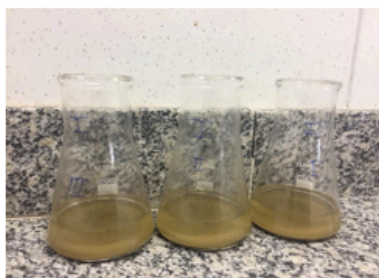


Figura 11. Determinação da acidez trocável

Fonte: Autora, 2018

4.6. Determinação da acidez potencial

Na determinação da acidez potencial do solo por método de titulação volumétrica. Foram pesadas 5 g da amostra do solo em erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 100 mL da solução de acetato de cálcio $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1 mol L⁻¹ com pH 7,0 e deixou decantar por dezesseis horas. Posteriormente filtraram-se as amostras e adicionaram-se 3 gotas de fenolftaleína a 3 % e titularam-se a solução de NaOH 0,1 N, até uma coloração rosa persistente. O mesmo procedimento foi empregado para a prova em branco utilizou-se a água destilada nas preparações das soluções. Após da análise dos volumes gastos na titulação calculou-se a concentração da acidez potencial nas amostras usando seguinte fórmula.

$$\text{Acidez potencial (H + Al) em meq } 100\text{g}^{-1} = (V_2 - V_1) \times 2$$

$$\text{Acidez potencial cmol}_c \text{ dcm}^{-3} = \text{Acidez potencial meq } 100\text{g}^{-1} \text{ (RAIJ } et al., 2001, p. 171)$$

Onde:

V_1 : mililitros de solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ gastos no ensaio branco;

V2: mililitros de solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ gastos na titulação do extrato;

(H + Al) em meq 100g⁻¹ (Alumínio extraído com KCl) em meq 100g⁻¹ = acidez não trocável, mas que pode ser neutralizada por soluções básicas ou tamponadas, em meq 100g⁻¹.

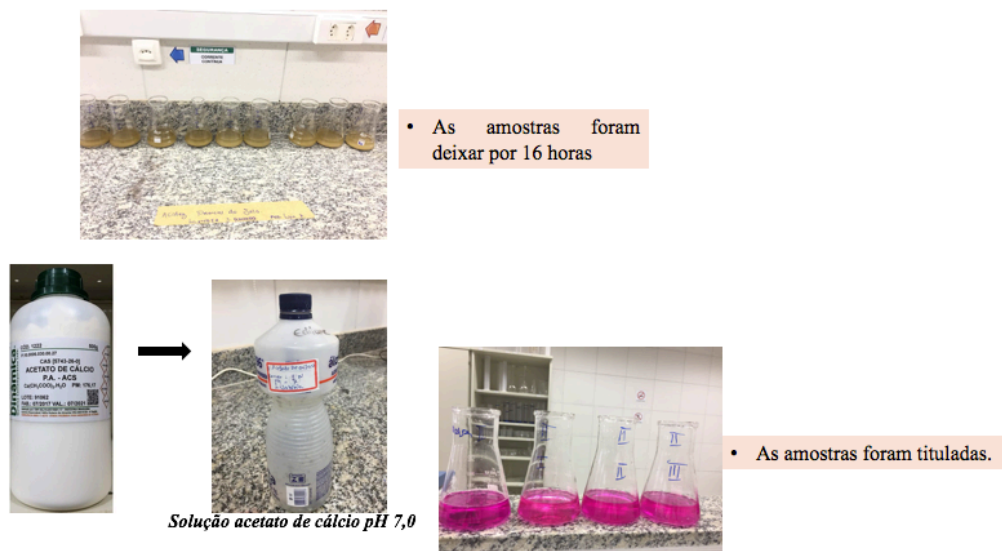


Figura 12. Determinação da acidez potencial

Fonte: Autora, 2018

4.7. Determinação do Carbono Orgânico e Matéria Orgânica

O carbono orgânico e matéria orgânica foram determinadas por método Walkley & Black através da titulação volumétrica com solução preparada de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 1 mol L⁻¹. Transferiram-se porções de 1 g de TFSA para cada erlenmeyer de 500 ml, adicionou-se com uma bureta, 10 ml da solução de dicromato de potássio 1 mol L⁻¹ e, imediatamente a seguir, 20 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. Após a agitação por um minuto com uma leve rotação manual do frasco, deixaram-se em repouso por 30 minutos, foram adicionados a cerca de 200 mL de H₂O deionizada, 10 mL de ácido fosfórico (H₃PO₄) concentrado e 8 gotas de difenilamina 1%. Titularam-se com solução de sulfato ferroso amoniacal Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ · 6H₂O 0,5 M até a viragem de azul para verde. Procederam-se de modo semelhante com 10 ml de solução de dicromato, para obter o título da solução de sulfato ferroso amoniacal. Daqui, achou-se o fator:

$$f = \frac{\text{meq (K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)}{\text{meq sulfato de ferroso amoniacal}} = \frac{10 \times 1}{v1 \times 0,5}$$

Onde:

f : fator

V_1 : Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação (prova em branco).

Porém, para amostras com alto teor de matéria orgânica (geralmente identificadas pela coloração escura), se pesou menor quantidade de solo, tem de cuidar a de moê-las. Utilizou-se essa fórmula para calcular porcentagem de carbono orgânico do solo.

$$\%C = \frac{(10 - V_2 \times f \times 0,50 \times 0,4)}{m}$$

Onde:

V_2 : Volume de sulfato de ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

m : massa da amostra.

Em seguida a fórmula para calcular a porcentagem da matéria orgânica.

$$\% \text{ M.O.} = \% \text{ C} \times 1,725.$$

Onde:

$\% \text{ C}$: porcentagem de carbono orgânico;

1,725: Valor do teor do carbono orgânico (Fator de Van Bemmelen)

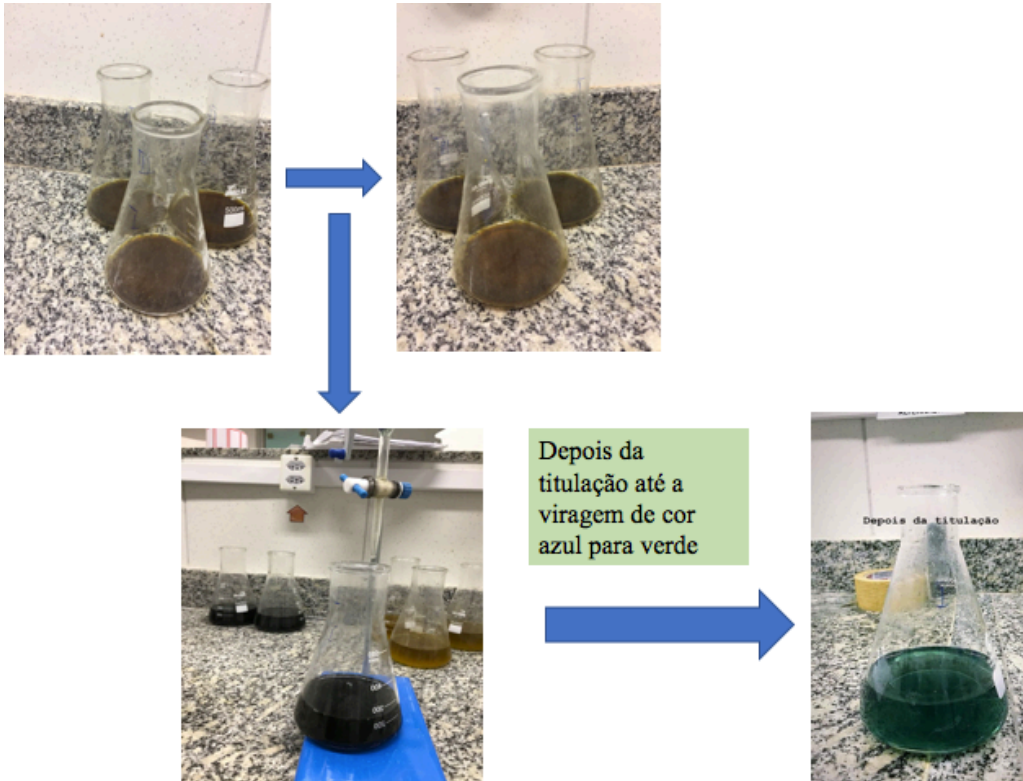


Figura 13. Determinação do carbono orgânico e matéria orgânica
Fonte: Autora, 2018

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão dos parâmetros químicos estudados para as amostras coletadas de solo estão apresentados na Tabela 1.

5.1. pH do Solo

Os resultados das medidas de pH em água que foram observados para as amostras variaram de 5,22-6,98. Para determinação em KCl variam de 3,08-3,42. A partir desses resultados obtidos, observamos que o pH do solo em água (H₂O) é acidez fraca e para KCl foi ácida. (JUNIOR, 1997). Isto pode ser influenciado através de vários fatores, devido a camada do solo contém matéria orgânica suficiente na superfície do solo e misturando com material mineral do solo. Isso acontece devido para a análise de água destilada ela é capaz de liberar o H⁺, pois, para a análise de cloreto de potássio foram liberadas o alumínio (Al⁺³) e hidrogênio (H⁺) do solo.

O solo que apresenta na solução de KCl foi ácida, e uma das causas que mais comuns de acidez do solo é a perda das bases (Na, K, Ca, Mg) por arrastamento nas águas e de absorção. Contudo, os solos que na natureza apresentam ácidos não são só saturados com H⁺, mas também e predominantemente com Al⁺, sendo o alumínio também um elemento acidificante e ativa o H⁺.

Botero et al. (2006), estudando as características do café sombreado no norte da América latina e no Brasil obtendo os resultados de pH (Colômbia 5,2, C. Rica 5,0 e Brasil 4,9). Observaram que os solos das regiões onde se cultiva café sombreado em países como Colômbia, Costa Rica e Brasil apresentam grande variedade, isso acontece quando os cafeeiros se encontram em regiões com condições climáticas favoráveis, a alta produção dos cafeeiros sombreados depende do nível de sombreamento e das características do solo.

Vieira et al. (2015), acrescentaram na sua pesquisa de analíticos do solo de um SAF e cafeeiro convencional, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm com pH 4,83-4,97 observaram que o pH apresentou valores mais baixos na linha do cafeeiro convencional, indicando solo ácido.

Visto que, o material de origem do solo possui pH que varia de acordo com seus minerais constituintes e o ácido nítrico (HNO₃), que é naturalmente provém da água da chuva também é um fator que afeta o pH do solo, além disso a matéria orgânica.

5.2. Acidez Trocável e acidez Potencial

Os resultados das medidas de acidez trocável (Al^{+3}) observados para amostra coletadas variam de 0,8-2,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com coeficiente de variação 28,3% e para medidas de acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$) foram 4,0 – 5,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com coeficiente de variação 12,9%.

Observamos que estas amostras do solo para análise de acidez trocável (Al^{+3}) apresentam nível alto. Nesta análise, uma solução de KCl 1 mol L^{-1} extrai somente Al^{3+} , com exceção de solos orgânicos ou solos com pH muito baixo (<4,0). A partir do estudo de Nye *et al.* (1961) estudaram que as trocas entre o par iônico K-Al, indicando que em altas concentrações o KCl é um deslocador efetivo do alumínio trocável.

De acordo com Lopes (1989) afirma que quando saturado com H, o comportamento do solo ficou ácido fraco. Pois quanto mais H^+ for retido no complexo de troca, maior será acidez do solo.

Plieski *et al.* (2004) analisaram nos solos estudados a acidez titulável ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$) é muito alta, variando de 11,39 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ a 89,10 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, muito além dos valores mencionados por Dolman e Buol (1967). Segundo esses autores, o teor de H^+ nos solos orgânicos varia de 0 a 2,5 ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) em solos bem drenados, e de 2 a 12 ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nos com má drenagem. A maior parte da acidez titulável extraída com KCl, normalmente é Al. Mas, nos solos orgânicos, é provável que grande parte desta acidez seja devida também ao H, o que significa que a relação Al/H + Al pode ser ainda menor do que a observada.

Já para análise de acidez potencial, a presença de ânion de acetato de cálcio $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ extrair maior parte do hidrogênio (H^+) e alumínio (Al^{+3}) não dissociado do solo. Porém, os íons H^+ e Al^{3+} diminuem o pH do solo e causam a acidez do solo.

5.3. Carbono Orgânico e Matéria Orgânica

O valor do teor de carbono orgânico do solo normalmente varia em torno de 2,8% e a média de matéria orgânica do solo possui 5,6%(JUNIOR, 1997).

A partir dos resultados obtidos para análises da amostra do solo de café sombreado apresentam o nível do teor de carbono orgânico variam de 3,16 – 3,43% e para o teor da matéria orgânica de 5,46 -5,91%.

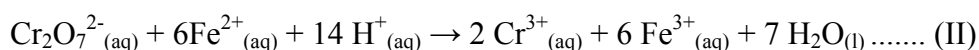
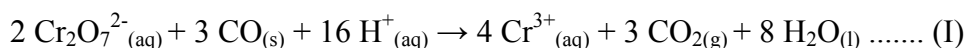
Com bases dos dados obtidos para esse parâmetro, observamos que a quantidade do teor de matéria orgânica da amostra do solo de café sombreado apresenta boa quantidade. Os fatores que afetam a quantidade de matéria orgânica do solo são a profundidade do solo, o clima, a temperatura, textura (propriedades do solo).

Resultados que demonstram os efeitos do manejo do café sobre o teor de carbono do solo foram relatados por Perez Marin (2002) com o mesmo procedimento, que encontrou incrementos de até 32 % no teor de carbono do solo em SAF em relação ao sistema de monocultura. O autor também encontrou diferenças na distribuição espacial do carbono, encontrando maiores teores nas linhas do café do que nas entrelinhas, sendo que estes teores diminuiriam conforme se incrementou a profundidade de amostragem.

Em outro estudo, Mendonça et al. (2001) também relataram valores altos de carbono em solos cultivados com café sob manejo agroflorestal ainda que não se observaram diferenças significativas em comparação com sistemas de monocultura. Estes autores atribuíram as pequenas diferenças ao pouco tempo de estabelecimento dos sistemas, mencionando que mudanças no teor de carbono orgânico do solo só são evidentes depois de vários anos de implantação de práticas agroflorestais.

As matérias orgânicas do solo como adubo orgânico na forma de adubo verde, os resíduos de plantas, como folhas, galhos em decomposição e impurezas de microfauna Além de N, P, S e B também é a matéria orgânica do solo que é uma fonte de nutrientes para as plantas.

O método para determinação de carbono orgânico e matéria orgânica por Walkley-Black apresenta boa exatidão, simples execução e não necessita da utilização de equipamentos sofisticados. O método é baseado na oxidação de carbono orgânico do solo através de íons dicromato em meio fortemente ácido, e a determinação da quantidade de íons Cr^{3+} reduzido é feita por titulação do dicromato em excesso com íons Fe^{2+} , conforme as seguintes reações abaixo:



Na primeira equação, o dicromato reduzido equivale ao carbono orgânico presente na amostra do solo.

Na segunda equação, o excesso de dicromato é titulado com íons de Fe^{2+} (solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal-sal de Mohr). Desta forma, a determinação de carbono orgânico total é feita pela diferença entre a quantidade de Fe^{2+} gasta na titulação, quando Cr^{6+} foi adicionado, e aquela gasta na titulação do dicromato que restou após a

oxidação do carbono da amostra-assumindo que todo carbono da matéria orgânica está no estado de oxidação zero.

Tabela 1. Resultados dos parâmetros químicos das amostras de solo do café sombreado da cidade de Mulungu/Ceará

	1 AFC*			2 AFC**			3 AFC***			RESULTA DO FINAL	Coeficiente de variação
	Rep I	Rep. II	Rep III	Rep I	Rep. II	Rep III	Rep I	Rep. II	Rep III		
pH (H ₂ O destilada)	6,05	6,64	5,22	6,71	6,13	6,26	6,98	6,98	6,48	6,4 ± 0,4	6,2%
pH (KCl)	3,08	3,15	3,25	3,25	3,37	3,31	3,38	3,42	3,42	3,3 ± 0,1	3%
Acidez Trocável (cmol _c dm ⁻³)	2	1,6	1,6	1,2	1,6	1,0	1,4	1,0	0,8	1,3± 0,4	30,7%
Acidez Potencial (cmol _c dm ⁻³)	4,6	5,8	4,4	5,4	4,0	4,2	4,6	4,2	4,4	4,6 ± 0,6	13%
Carbono Orgânico (%)	3,17	3,3	3,2	3,43	3,35	3,27	3,2	3,16	3,16	3,2 ± 0,1	3,1%
Matéria Orgânica (%)	5,47	5,68	5,51	5,91	5,78	5,64	5,53	5,46	5,46	5,6 ± 0,2	3,5 %

* 1AFC – amostra 1 da Área Florestal de Café, coletada no dia 14/03/2018

** 2 AFC – amostra 2 da Área Florestal de Café, coletada no dia 15/03/2018

*** 3 AFC – amostra 3 da Área Florestal de Café, coletada no dia 17/03/2018

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados parâmetros químicos obtidos, conclui-se o solo de café sombreado de Mulungu/Ceará apresentou bons resultados para o cultivo de sistema de agroflorestal de café.

O pH do solo em água (H_2O) apresentou valores moderadamente ácido e pH em solução KCl foi verificado valores ácidos, o que demonstra riquezas de minerais. Acidez trocável apresentou valores característicos de um solo orgânico com boa drenagem, tendo em vista devida a presença de KCl que libera maior parte do hidrogênio (H^+) e alumínio (Al^{+3}).

No carbono orgânico e matéria orgânica do solo estudado apresentaram os valores em torno da quantidade padrão de boa fertilidade.

REFERÊNCIAS

A. E. Klar, N. A. Villa Nova, Z. Z. Marcos, e A. Cervellini. (1966). **Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens**. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Volume 23. Disponível: <http://ref.scielo.org/8zcnkv>. Acesso em: 25/03/2018.

AGUIAR, M. I. de. **Qualidade física do Solo em Sistemas Agroflorestais**. Dissertação: Universidade Federal de Viçosa-MG, 2008.

ALCÂNTARA, S. M. P. **Sol e Sombra: O café do Maciço de Baturité Numa Perspectiva Ecológica e Socioeconômico**. Dissertação: Universidade Federal do Ceará-UFC-Fortaleza, 2009.

ANTUNES, M.; ADAMATTI, D. S.; PACHECO, M. A. R.; GIOVANIA, M. **pH do solo; Determinação com indicadores Ácido-Base no ensino Médio**, 2009.

ARAÚJO, E. A. **Caracterização de Solos e Modificações Provocadas Pelo Uso Agrícola no Assentamento Favo de Mel, na Região do Purus-Acre**. Tese de doutorado-Universidade Federal de Viçosa-MG, 2000.

ASSUNÇÃO, D. B. & SILVA, F. A.N. **Análises Químicas do Solo e O Controle De Qualidade dos Laboratórios**. Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas, v.6,n.3 p.120-136, 2012.

BELTRAME, K. K. **Avaliação dos Métodos Walkley & Black e CHN Como Método de Referência Para Calibração Multivariada na Determinação de Carbono Orgânico em Solos Brasileiros**. Trabalho de Conclusão do Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Mourão, 2014.

BORGES, S. R. **Qualidade do solo em áreas em recuperação com forrageiras e cafeeiro pós-mineração de bauxita**. Tese de doutorado: Universidade federal de Viçosa-MG,2013.

BOTERO, C. J.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H.S. **Características do Café (Coffea Arabica L.) Sombreado no Norte da América Latina E no Brasil: Análise Comparativa.** Coffee Science, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

BRADY, N. E.; WEILL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos.** 3ª edição, São Paulo, 2013.

CAFEEICULTURA. **Café sombreamento assegura produtividade.** 30 de maio de 2005 Disponível em: <http://revistacafeicultura.com.br/?mat=3373>. Acesso em: 12 de março de 2018.

CAMARGO, O. A. de.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALDARES, A.S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas.** BOLETIM TÉCNICO, 106-Campinas, novembro 2009.

CAMPOS, M. C. Costa. **Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais.** Ambiência Guarapuava (PR) v.6 n.3 p.547 – 565, 2010.

CAMPOS, M. C.C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. Ambiência Guarapuava (PR) V.6. n.3. p.547 – 566. Setembro/dezembro de 2010.

CARMO, D. L. do & SILVA, C. A. **Método de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos.** Revista Brasileira ciência do solo, 36:1211-1220, Lavras-MG, 18 de 2012.

CONCEIÇÃO, Mauro; MANZATTO, Celso V.; ARAÚJO, Wilson S.; MARTIN NETO, Ladislau; SAAB, Sérgio C.; CUNHA, Tony J.F.; FREIXO, Alessandra A. **Estudo comparativo de métodos de determinação do teor de matéria orgânica em solos orgânicos do estado do Rio de Janeiro.** Comunicado Técnico, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. Disponível em: www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/pesqandamento03_1999.pdf Acesso em: 15 de abril de 2018.

DOLMAN, J.D. and BUOL, S.W. **A study of organic soils (histosols): In the tidewater region of North Carolina.** North Carolina Agricultural Experimental Station. Tech. Bul. n. 181. 1967. 47p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Adequação de sistema de produção de café sombreado em Rondônia e Acre.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/205970/adequacao-de-sistema-de-producao-de-cafe-sombreado-em-rondonia-e-acre>>. Acesso em: 21/02/2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Capacitação técnica em viticultura.** Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/adubvid.html>. Acesso em: 18 de março de 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2ª edição. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997.

ESCOSTEGUY, P. A. V & BISSANI, C. A. **Estimativa de H + Al Pelo pH SMP em solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Revista Brasileira Ciência do Solo, 1999.

FAZUOLI, L. C.; **Melhoramento de Coffea Arabica.** Centro de Café Alcidez Carvalho'. 6º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas Búzios– 4 de agosto de 2011.

FERNANDES, A; VICENTE DA SILVA, E.; PEREIRA, R. C. M. Fitogeografia do maciço de Baturité: uma visão sistêmica e ecológica. In: BASTOS, F. H. (org) **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais.** Expressão gráfica e editora. Fortaleza, 2011.

FRAIGE, K.; CRESPILO, F. N.; REZENDE, M. O. O. **Determinação de zinco em solo utilizando colorimetria.** Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo-SP, Brasil. Quim. Nova, Vol. 30, 2007.

GARCIA-MINA, J. M. **Stability, solubility and maximum metal binding capacity in metal–humic complexes involving humic substances extracted from peat and organic compost.** *Organic Geochemistry*, v.37, n.12, p. 1960-1972, 2006.

GEPEQ. **Experiências sobre solos.** *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 39-41, 1998.

GUARÇONI, A. M. D.Sc. **Em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa-MG.** Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), 2006.

JUNIOR, A. B. A. de.; NASCIMENTO, C. W. A. do.; BARROS, M. R. do. **Acidez Potencial Estimada pelo Método do pH SMP em Solos do Estado da Paraíba.** *Revista Brasileira Ciência do solo*, 2015.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, JW.; **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madilson, Soil Science Society of America, p. 37-51, 1994. (Edição especial).

LARSON, W.E.; PIERCE, F. J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management.** In: DORAN, J, W.; COELEMAN, D. C.; BEZDICEK, DF. STEWART. B. A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison, Soil Science society of America Special Publication Number 35, 1994. P. 37- 51.

LEITE, D. C. **Monografia: Análise de Macro e Micronutrientes e Estudo Comparativo de Solo Inerte para o Processo de Biorremediação.** CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE. Canoas, 2010.

LOCK, C.G.W. **Coffee: Its culture and commerce in all countries.** Londres: E & FN Spon, 1888. 274 p.

LOPES, A. S. (trad. E adap.). **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

LOPES, A.S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L. R.G. **Boletim Técnico, 1. Acidez do solo e calagem**. 3a ed. 22 p. São Paulo, ANDA 1990.

MALAVOLTA, Euripedes. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Ceres, 1992.

MANCUSO, M.A.C; SORATTO, R.P; PERDONÁ.M. J. **Produção de café sombreado**. *Colloquium Agrariae*, 9, 31 – 44p, 2013.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002.

MELO, M.; C.; P.; de. TEIXEIRA, K.; H.; BRAGA, L. F. P. **Análise do balanço de pagamentos do estado e a importância dos APLs no fluxo de comércio**. Nota técnica 04. Ceará, 2009.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. **Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados**. Revista Árvore, Viçosa, v. 25, n. 3. p. 375-383, 2001.

MIRANDA, J.; COSTA, L. M. da.; RUIZ, H. A; EINLOFT, R. **Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água**. Revista Brasileira de ciência do Solo. Vol. 30 no. 4 Viçosa Julho/agosto, 2006.

MOREIRA, C.F. **Dissertação: Caracterização de Sistemas de Café Orgânico Sombreado e a Pleno do Sol no Sul de Minas Gerais**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. São Paulo, Brasil, 2003.

NANNETTI, A. N. **Produtividade em Sistemas Agroflorestal**. Dissertação: Universidade José do rosário Vellano-MG, 2012.

NASCIMENTO, C. W. A. **Acidez Potencial Estimada Pelo pH SMP Em Solos Do Estado De Pernambuco**. *Revista Brasileira ciência do solo*, 2000.

NETO, S. P. N. de. **Acidez, Alcalinidade e Efeitos da Calagem do Solo**. 2009. Disponível em site: <<http://www.cpac.embrapa.br/download/1674/t>>. Acesso em: 19 de abril de 2018.

NYE, P., CRAIG, D., COLEMAN, N.T. & RACLANGD, J.L. **Ion Exchange Equilibria Involving Aluminum**. *Soil Sci. Soc. Am. Proc*, 1961.

PEREZ MARIN, A. M. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. 2002. 83 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PHILIPS, S. **Indústria de fertilizantes e agricultura de precisão: Apoio à segurança alimentar mundial**. *Informações Agronômicas* N° 146, 2014.

PLIESKI, G. L.do A.; EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C. dos.; PERREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S. **Avaliação de métodos analíticos para determinar acidez em solos com alto teor de matéria orgânica**. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR*, v. 24, p. 15-21, 2004.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. Nobel, São Paulo, 514 p. 2002.

PROCHNOW, L. I. **Avaliação e Manejo da Acidez do Solo**. *Informações Agronômicas*, 2014.

QUIAN, P.; WOLT, J.D. & TYLER, D.D. **Soil solution composition as influenced by tillage and time of nitrogen fertilization**. *Soil Sci*, 1994.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C. de.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise Química Para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Instituto Agronômico, Campinas (SP), 2001.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, POTAFOS, p. 1991.

RHEINHEIMER, Danilo S.; CAMPOS, Bem-Hur C.; GIACOMINI, Sandro J.; CONCEIÇÃO, Paulo C.; BORTOLUZZI, Edson C. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 435-440, ago 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/41.pdf>>. Acesso em: 13 de abril de 2018.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. S. da.; **Cultivo Orgânico De Cultivares de Café a Pleno Sol e Sombreado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira., Brasília, v.41, n.4, p.569-575, abril 2006.

SILVA, Alexandre C.; TORRADO, Pablo V; ABREU JUNIOR, José S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista Unifenas Alfenas**, Alfenas, v. 5, p. 21-26, 1999. Disponível em: <http://www.unifenas.br/pesquisa/revistas/download/ArtigosRev1_99/pag21-26.pdf>. Acesso em: 17 de abril. 2018.

SILVA, F. C. da. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnologia. 2ª edição revista e ampliada Brasília-DF, 2009.

SILVA, F. E. S. **Conservação da biodiversidade da serra de Baturité na perspectiva das unidades de conservação**. Tese de doutorado-Universidade Estadual do Ceará-UECE., p. 22, 2015.

SILVA, F. M. da.; CHAVES, M. dos S.; LIMA, Z. M. C. **Propriedades dos Solos- Características químicas e mineralógicas**. 240 p. Natal, RN, 2010.

SIMARD, R.R.; EVANS, L.J. & BATES, T.E. **The effects of additions of CaCO₃ and P on the soil solution chemistry of a podzolic soil**. Can. J. Soil Sci, 1988.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York: John Wiley, 1994. 496p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHWEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de Solo, Planta e Outros Materiais**. 2 edições rev. e ampl – Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.

TEIXEIRA, V. G. **Avaliação de Atributo do Solo e Vegetação em Sistema Agroecológico**. Monografia-Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”. 2013.

TEODORO, M. da. SILVA. **Extração Multielementar Para Amostra de Solos Utilizando Resina de Troca Iônica**. Dissertação-Instituto Agrônomo de Campinas-SP, 2014.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microrganismos e Processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. Tópicos em Ciências do solo, sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2:195-276, 2002.

VEZZANI, F. M; MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, V. 33, p. 743-755, 2009.

