

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO: UM ESTUDO DE CASO NO CARIRI CEARENSE

Tamires Coelho Matias Maciel<sup>1</sup>, Francisco Gauberto Barros dos Santos<sup>1</sup>, Francisca Dayanne de Oliveira Alcantara<sup>1</sup>, Manuel Antonio Navarro Vásquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Crato

tamires\_coelho\_matias@hotmail.com, gauberto@ifce.du.br; annealcantara@alu.ufc.br, avasquez@ifce.edu.br

**RESUMO:** Diferentes sistemas de uso do solo ao longo do tempo geram atributos físicos e químicos próprios, resultando em características que precisam ser avaliados para conhecimento de sua qualidade. O presente trabalho é uma pesquisa tipo estudo de caso, cujo objetivo foi avaliar os atributos físicos e químicos do solo de dois Sistemas Agroflorestais (SAFs) com diferentes tempos de implantação e compará-los entre si e com um sistema convencional (SC). O estudo foi realizado no condomínio de produção familiar 'Dona Bia', em Juazeiro do Norte na região do Cariri cearense. Foram coletados solos nas três áreas que possuem usos e tempos de uso diferentes, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, cujas amostras foram enviadas para o Laboratório de solos para determinação de atributos químicos incluindo macro e micronutrientes e matéria orgânica, além dos atributos físicos: textura, densidade do solo (Ds) e a porosidade total teórica (Pt). Para os atributos químicos os valores mais expressivos foram encontrados em SAF's geralmente nas camadas mais superficiais, os SAFs em relação ao SC apresentaram neste trabalho melhores condições físicas relacionadas a Ds e porosidade, ainda pode-se observar que a SAF com espécies arbóreas mais novas apresentou resultados melhores para atributos que são modificados pela quantidade de serapilheira e desenvolvimento radicular mais superficial. Para os demais atributos químicos o SAF com maior tempo de implantação apresentou melhor resultado, reforçando a tese que o SAF melhora qualidade do solo, manejo da água e é sustentável.

**Palavras-chave:** Agrofloresta. Fertilidade solo. Qualidade de solo.

**ABSTRACT:** The Different land use systems over time generate their own physical and chemical attributes, resulting in characteristics that need to be evaluated in order to know their quality. The present work is it's a kind of research a case study whose objective was to evaluate the physical and chemical attributes of the soil of two Agroforestry Systems (SAFs) with different implantation times and to compare them with each other and with a conventional system (SC). The study was carried out at the 'Dona Bia' family production condominium, in Juazeiro do Norte, in the Cariri region of Ceará. Soils were collected in the three areas that have different uses and times of use, at depths of 0-10 cm and 10-20 cm, whose samples were sent to the Soil Laboratory to determine chemical attributes including macro and micronutrients and organic matter, in addition to the physical attributes: texture, soil density (Ds) and the theoretical total porosity (Pt). For the chemical attributes the most expressive values were found in SAF's, usually in the most superficial layers, the SAFs in relation to SC presented in this work better physical conditions related to Ds and porosity, it can still be observed that the SAF with younger tree species presented better results for attributes that are modified by the amount of litter and more superficial root development. For the other chemical attributes, the SAF with the longest implantation time presented a better result, reinforcing the thesis that the SAF improves soil quality, water management and is sustainable.

**Keywords:** Agroforestry. Soil fertility. Soil quality

## 1. INTRODUÇÃO

O modelo de agricultura vigente que teve início com a revolução verde se limita apenas a produzir o máximo possível mesmo que para isso os aspectos sociais e biológicos fiquem em segundo plano.

Tal aspecto vem causando vários problemas de degradação e contaminação do solo e água limitando o tempo de produção causando insegurança alimentar, já que não se tem controle da aplicação de defensivos e a redução da biodiversidade.

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) surgem como um sistema produtivo capaz de frear os problemas causados pelo modelo atual de agricultura unindo produção eficiente de alimentos saudáveis, conservação do solo e da água e equidade social (WEZEL *et al.*, 2009; BRYM; REEVE, 2016).

Existem relatos desses sistemas na Ásia e na América Latina, mas apenas nos anos 80 e 90 suas técnicas foram estudadas e disseminadas por todos os ambientes, desde regiões semiáridas até temperadas, com diversos níveis tecnológicos em áreas degradadas ou de alto potencial produtivo (HOFFMANN, 2005). Segundo este mesmo autor, no Brasil os SAF's foram fortemente difundidos pelo pesquisador suíço Ernst Gotsch, a partir de metade do ano de 1983.

Os SAF's possuem como características proporcionar uma produtividade satisfatória e conservação da biodiversidade agrossistêmica (MBOW *et al.*, 2014). Tais eventos são consequências de práticas agroflorestais que podem ajudar a retardar ou reverter a degradação do solo, sequestrar carbono, garantir subsistência por meio do fornecimento de benefícios ecológicos e econômicos e aumentar a fertilidade do solo (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017).

Os SAF's são indicados em locais que unem espécies arbóreas, tanto florestais quanto frutíferas com cultivos agrícolas podendo também juntar animais conciliando assim importantes serviços ambientais que ajudam a manter o ambiente em equilíbrio (BHAGWAT *et al.*, 2008; BEENHOUWER *et al.*, 2013).

Para Mbow *et al.* (2014b) os SAF's misturam diferentes sistemas produtivos, fibras, oleaginosas, forrageiras, olerícolas, grãos e agroenergia permitindo assim uma gama de atividades econômicas na propriedade, ajudando a melhorar a renda por unidade de área fazendo com que as perdas econômicas de uma atividade sejam minimizadas pela lucratividade de outro setor, enaltecendo assim a sustentabilidade agrícola nessas áreas. Há, portanto, um incremento de renda advindo do menor uso de insumos externos.

Além de ajudarem a reverter o processo de degradação do meio ambiente, os SAF's oferecem possíveis alternativas para os problemas enfrentados na agricultura convencional, principalmente às pequenas e médias propriedades, retornos econômicos e maior conservação dos recursos naturais (XAVIER; DOLORES, 2001; MICCOLIS *et al.*, 2016).

A agricultura convencional, caracterizada pelo uso intensivo de insumos “modernos” como fertilizantes químicos, agrotóxicos além do uso de máquinas e revolvimento do solo tem causado a médio e longo prazo alterações nas características físicas e químicas do solo que podem levar a um processo de degradação.

Diferentes sistemas de uso do solo ao longo do tempo geram atributos físicos e químicos próprios, resultando em características que precisam ser avaliados para conhecimento da qualidade e ajustes no manejo do solo e da água.

Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os atributos físicos e químicos do solo de dois SAFs com diferentes tempos de implantação, além de comparar os resultados das análises com uma área de cultivo convencional (SC) e discutir as possíveis diferenças dos atributos físicos e químicos dos solos estudados nos diferentes sistemas de uso em uma propriedade de agricultura familiar no Cariri cearense.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

## 2.1. Propriedades físicas e químicas do solo

Diversos atributos do solo se relacionam para manter o ecossistema em equilíbrio e assim manter um bom crescimento e desenvolvimento vegetal, formando um habitat adequado para plantas e animais. Dessa maneira, torna-se evidente a importância de controlar os processos que alteram os aspectos relacionados a esses atributos. Segundo Spagnollo (2004), quando se causa mudanças no tipo de uso do solo como a transformação de áreas com vegetação nativa para o cultivo, estas mudanças podem levar a diminuição da qualidade do solo.

Dentre as várias propriedades que podem transformar a qualidade do solo, podemos citar as físicas e as químicas, onde a degradação da primeira pode ser responsável pelo aumento da erosão hídrica e ser o principal processo de perda da qualidade estrutural (ROSA, 2010), resultando em menor aproveitamento da água e influenciando conseqüentemente a nutrição da planta. Já as propriedades químicas tratam da disponibilidade, movimento e absorção dos nutrientes pelas plantas (ROSA *et al.*, 2018).

Problemas relacionados às características físicas e químicas do solo podem ser observados de várias maneiras, inclusive no crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando o solo é cultivado sem o adequado manejo, este pode perder sua estrutura original, pela divisão dos agregados em unidades menores, tendo um aumento da densidade (BERTOL, 2001).

Dentre as propriedades físicas do solo que são afetadas pelo manejo inadequado podemos citar a densidade do solo e a porosidade. Saber o que acarretam tais problemas é fundamental, pois ajuda a definir a capacidade de uso do solo, a produtividade, ajudando a tomar decisões sobre como manter tais propriedades (PEREIRA, 2013). Com isso pode-se adotar manejo e tecnologias específicas para contribuir com o desenvolvimento sustentável de cada agroecossistema, que são monitorados por indicadores da qualidade do solo que são integrados com as suas funções (REINERT, 2006).

A densidade e a porosidade do solo são características que auxiliam na avaliação do estado de compactação no solo em áreas agrícolas (FLORES *et al.*, 2007). Já a textura do solo está ligada ao tamanho das partículas minerais do solo e se configura como uma característica importante (ROSA, 2010), influenciando enormemente na infiltração, na retenção e manejo da irrigação.

A densidade e a porosidade podem ser alteradas de acordo com manejo do solo. O uso intensivo de máquinas e solos sem cobertura vegetal possuem grandes chances de entrarem em processo de erosão além de aumentarem o risco de compactação, redução da infiltração, retenção/armazenamento de água no perfil do solo. Já a textura do solo não é prontamente sujeita a mudanças sendo, portanto, considerada como uma propriedade básica do solo (MENDONÇA *et al.*, 2009).

Wohlenberg *et al.* (2004), em sua pesquisa sobre a influência de sistemas de culturas, de cobertura do solo e do teor de matéria orgânica sobre a agregação de um Argissolo Vermelho-Amarelo em seu estado natural e sob rotação e sucessão de culturas e eles verificaram que ocorre uma menor estabilidade estrutural no solo descoberto e uma maior estabilidade no solo com mata nativa, isso em virtude do intenso preparo do solo e da redução do teor de matéria orgânica.

As propriedades químicas do solo também são alteradas de acordo com o manejo oferecido para o solo. Práticas não conservacionistas que levam ao baixo crescimento das plantas e conseqüentemente a baixos índices de produtividade, além de reduzir a capacidade de exploração do solo (PEREIRA, 2013).

O conhecimento e adoção de boas práticas para manutenção da qualidade do solo, além do conhecimento das características físicas e químicas implicam em uma agricultura tecnificada, com solos mais produtivos e conservados. Ainda segundo Pereira (2013), conhecer as características químicas do solo é importante para indicar o melhor manejo pois cada solo possui diferentes propriedades e se comportam de maneiras diferentes sob o mesmo modo de cultivo o que pode interferir no desenvolvimento das plantas.

A matéria orgânica, os nutrientes, o pH do solo, a sua acidez são importantes indicadores das condições químicas e todos esses atributos se relacionam entrem si, e possuem a capacidade de interferir na oferta de vários elementos químicos essenciais à manutenção e desenvolvimento da vida vegetal (BRANDÃO; LIMA, 2002).

A matéria orgânica do solo proveniente das plantas, minerais e da decomposição dos animais que vivem no solo, sendo os vegetais a principal fonte seja pela decomposição de folhas e ramos ou pela contribuição das raízes. Para Miranda (2005), solos cobertos por material vegetal, principalmente os de mata nativa normalmente possuem maior conteúdo de matéria orgânica que solos agrícolas, justificado pela maior contribuição das arvores e organismo vivo com a decomposição e a menor taxa de mineralização da matéria orgânica.

A matéria orgânica do solo tem um valor inegável, em condições normais ela pode melhorar as características físicas, as propriedades químicas e físico-químicas, melhorando o fornecimento de nutrientes e aumentando a capacidade de troca de cátion e mantendo um local favorável para atuação dos microrganismos que mantem o ecossistema em equilíbrio (FIGUEIREDO; RAMOS; TOSTES, 2008).

A matéria orgânica do solo atua como fonte de energia para massa microbiana e nutrientes para plantas. Em sistemas onde não há equilíbrio no processo de adição de matéria orgânica no solo a decomposição será menor, fazendo com que o solo se desgaste e passe pelo processo de degradação (MARIN, 2002).

## 2.2. Sistemas Agroflorestais (SAFs)

No período da revolução verde incentivou-se o uso intenso do solo para produção de alimentos. Em contrapartida, as técnicas de conservação do solo ficaram esquecidas tornando assim a atividade agropecuária um dos principais agravantes para a degradação do solo e com isso, as agroflorestas vêm para trabalhar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas solo, planta e água, interagindo e transformando o ambiente para que se possa ter um local equilibrado e produtivo. Em seus estudos Alves *et al.*, (2011), Lima *et al.*, (2011) e Lourente *et al.*, (2011) apontaram que plantios convencionais e pastagens possuem menor estoques de carbono microbiano em relação a mata nativa ou ambientes similares, como sistemas agroflorestais (SAFs).

Os SAFs caracterizam-se pela instalação ou manutenção de várias espécies dentro de uma área, aumentando a diversidade do ecossistema, melhorando as interações do meio com plantas de diferentes ciclos, portes e funções. Comportam em um mesmo local árvores, arbustos, cultivos agrícolas e/ou animais. É considerada uma alternativa para produção agropecuária diminuindo a intervenção do ser humano nos sistemas naturais (FEIDEN, 2009).

Os SAFs são considerados uma boa opção para melhoria sustentável de comunidades agrícolas, pois utiliza os saberes locais para compor uma determinada área com arvores e culturas agrícolas que serve para cobrir o solo, equilibrar a adição de matéria orgânica, acelerar o processo de decomposição e assim manter ou melhorar as características físicas químicas e biológicas do solo, trazendo renda e fortalecendo a economia da comunidade.

Além dos benefícios econômicos e sociais, os SAFs são uma opção para recuperação de áreas degradadas que têm apresentados resultados que cooperam intensamente com a atividade microbiana do solo, sendo associado ao maior aporte de matéria orgânica no mesmo e melhorias das propriedades físico-químicas, destacando também uma elevada capacidade de produção de biomassa vegetal e a ocupação de diferentes tamanhos de plantas que ajudam um maior aproveitamento da luz solar (DUBOIS, 2009).

### 3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em três etapas: 1º- coletas de solo em três áreas contíguas, mas com diferentes sistemas de uso a 2º - as amostras foram enviadas para análise física e química no Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas –LABRAS, em Monte Carmelo-MG, e a 3º os resultados das análises foram interpretados, confrontados, comparados e discutidos.

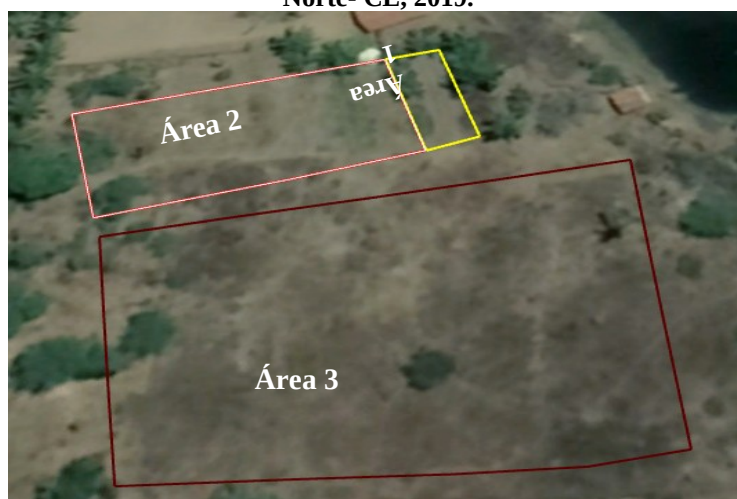
#### 3.1. Localização da área experimental

As coletas de solo aconteceram em três áreas contínuas, mas com diferentes sistemas de uso, foram realizadas no condomínio de produção familiar ‘Dona Bia’, localizado na zona rural do município de Juazeiro do Norte, distante aproximadamente 6 Km da sede da cidade, localizada no Cariri cearense.

O município apresenta possui temperaturas entre 22 e 34 °C com média anual de 28 °C, tendo apenas duas estações climáticas bem definidas durante o ano, uma chuvosa (janeiro a abril) e outra seca (maio a dezembro) (IBGE, 2010).

As coletas de solo aconteceram em junho de 2019, em três áreas de sistema de cultivo diferentes, conforme mostra a figura 1 e 2.

**Figura 01. Localização da área de estudo e coleta de solos: área 1, (SAF com 2 anos de implantação); área 2 (SAF com um ano de implantação) e área 3 (Sistema de cultivo convencional: consórcio de milho e feijão). Juazeiro do Norte- CE, 2019.**



Fonte: [Google Earth](#), 2019.

Figura 02. Áreas de coleta de solo: a - área 1, (SAF com 2 anos de implantação); b - área 2 (SAF com um ano de implantação); c - área 3 (Sistema de cultivo convencional: consórcio de milho e feijão). Juazeiro do Norte- CE, 2019.



Fonte: Maciel, 2019.

Nos três sistemas de cultivo os solos são profundos de textura franco arenosa (75,5% de areia, 5% de silte e 19,5% de argila) onde foram coletadas amostras de solos nas áreas de acordo com a atividade desenvolvida (área 1: SAF de dois anos; área 2; SAF com um ano) e área 3: Sistema convencional com cultivo consorciado de milho e feijão.

Para a determinação dos atributos físicos e químicos realizou-se coletas de solo nas três áreas, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, seguindo em doze pontos (amostras simples) de cada área, que em seguida foram homogeneizadas para formar amostras compostas para cada área em estudo e para camada de solo específica. Conseqüentemente, seis amostras compostas foram enviadas de Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas –LABRAS.

Optou-se por escolher a análise do perfil do solo na profundidade de 0-20 cm, visto que o maior volume do sistema radicular das culturas agricultáveis e as maiores alterações em solos cultivados em plantio convencional ocorrem comumente até essa profundidade.

### 3.2. Análises químicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas –LABRAS, onde foram determinadas os seguintes parâmetros: pH em água; condutividade elétrica do extrato de saturação (CE); fósforo (P) pelo método de Mehlich; potássio ( $K^+$ ); cálcio ( $Ca^{2+}$ ); magnésio ( $Mg^{2+}$ ); sódio ( $Na^+$ ); alumínio ( $Al^{3+}$ ); hidrogênio mais alumínio (H + Al); Matéria orgânica (MO); calculados a soma de bases (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T); saturação de bases (V%); Saturação de alumínio (m%) além da determinação dos micronutrientes boro (B); cobre (Cu); ferro (Fe); manganês (Mn) e zinco (Zn).

As determinações químicas  $K^+$  e  $Na^+$  pelo método de fotometria de chama;  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

### 3.3. Análises físicas

Para as propriedades físicas foram analisadas a textura, a densidade do solo ( $D_s$ ) e a porosidade total teórica ( $P_t$ ). Para a determinação da textura foi feita a análise granulométrica pelo método do densímetro e após quantificados os percentuais de areia, silte e argila, utilizou-se o triângulo textural.

Para a determinação da  $D_s$  em  $\text{kg dm}^{-3}$  foram coletadas amostras indeformadas com anel volumétrico nas profundidades citadas acima, e após determinação do volume do anel volumétrico ( $V$ ) e da massa seca ( $MS$ ) (após colocação em estufa de circulação forçada a uma temperatura de  $105\text{ }^\circ\text{C}$  durante 48 horas), foi calculada a  $D_s$  pela seguinte equação:

$$D_s = \frac{MS}{V} \quad (01)$$

Onde:  $D_s$  = Densidade do solo  
 $MS$  = Matéria seca  
 $V$  = Volume do anel volumétrico

Com os dados obtidos da  $D_s$  foram calculadas a porosidade total ( $P_t$ ) em percentagem (%) para os diferentes sistemas de cultivo, através da seguinte equação:

$$P_t = \left[ 1 - \left( \frac{D_s}{D_p} \right) \right] * 100 \quad (02)$$

Em que:  $P_t$  = Porosidade total calculada (%);  
 $D_s$  = Densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ );  
 $D_p$  = Densidade das partículas ( $\text{kg dm}^{-3}$ ).

Para a  $D_p$ , adotou-se o valor médio de  $2,65\text{ kg dm}^{-3}$  comumente recomendada para solos mine-rais segundo Reichardt, K. (1987).

Todos os procedimentos foram realizados de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997)

### 3.4. Análise dos dados

Os dados foram apresentados em tabelas e analisados segundo os seguintes tratamentos: SAF1 (com dois anos de implantação); SAF2 (com um ano de implantação) e SC (sistema de cultivo convencional com um sistema consorciado de milho e feijão).

Os resultados dos parâmetros analisados nas diferentes profundidades foram comparados entre si, confrontados com os resultados alcançados por outros autores e comparados posteriormente com os valores considerados ideais pela literatura.

Para as classes de fertilidade a pesquisa fez comparação com o Boletim de recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSMG (1999) e Boletim 100 Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (1997).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análises químicas

Os atributos químicos relativos a pH,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , pH em água, Condutividade elétrica (CE), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), forma obtidos os melhores valores para as amostras retiradas das parcelas das áreas de SAFs como podem ser observados nas tabela 1 e 2.

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO: UM ESTUDO DE CASO NO CARIRI CEARENSE**

**Tabela 1. Resultados da análise de solos referente a pH, CE, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, SB, CTC efetiva (t), CTC (T). Juazeiro do Norte, 2019.**

Parâmetros		SAF1		SAF2		SC	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
pH (H <sub>2</sub> O)		6,5	6,9	6,7	6,5	5,4	6
CE	µs.cm <sup>-1</sup>	105,2	56,1	107,7	39,4	51,8	39,1
K <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,16	0,08	0,10	0,07	0,12	0,11
Ca <sup>2+</sup>		3,1	0,20	2,8	1,7	2,2	1,7
Mg <sup>2+</sup>		1,5	0,09	1,19	0,72	1,15	0,96
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>		2,06	2,22	2,35	2,36	1,91	1,77
P*	mg dm <sup>-3</sup>	48,6	22,2	37,7	19,6	21,1	12,4
Na <sup>+</sup>		49	0,34	39	31	8	23
SB	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,96	0,31	4,28	2,59	3,51	2,88
T		5,66	0,39	5,38	3,49	4,71	3,88
T		4,96	0,31	4,28	2,59	3,57	2,88

(\*)Argila: SAF1:20 g kg<sup>-1</sup>; SAF2: 20 g kg<sup>-1</sup>; SC: 20 g kg<sup>-1</sup>

O pH revela valores diferentes entre os diferentes sistemas de uso, onde no SC na camada de 0-10 cm apresentou pH de 5,4 (ácido); o SAF1 na camada de 10-20 com pH de 6,9 e no SAF2 camada de 0-10 cm com pH de 6,7 apresentaram-se fora da faixa considerado ideal (5,5 a 6,5) pela literatura consultada. As demais camadas e sistemas de uso ficaram dentro da normalidade. Uma possível indicação destes valores pode ser o teor de matéria orgânica no solo pois, Segundo Silva & Mendonça (2007) uma maior quantidade de matéria orgânica pode levar a um aumento ou redução do pH, o resultado final vai depender da predominância nos processos de decomposição que consomem ou liberam Hidrogênio (H<sup>+</sup>).

A CE do solo é um indicativo importante para manter a sanidade da planta, e indica a quantidade de íons que existe na solução do solo, ou os nutrientes que servirão para nutrição e desenvolvimento dos vegetais. Assim as amostras de solo das áreas de SAF nas camadas de 0-10 cm apresentam CE superior ao solo com consorcio de milho e feijão algo que também é associado a maiores quantidades de nutrientes como K, Ca e Mg e H nessas parcelas. A SAF1 obteve 105,2 µS.cm<sup>-1</sup>, SAF2 107,7 µS.cm<sup>-1</sup> e o convencional 51,8 µS.cm<sup>-1</sup>. Nenhum dos valores acima apresentam impedimento para o cultivo de plantas.

Foi possível observar que para os nutrientes K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, os maiores valores foram encontrados na SAF1 na camada mais superficial, o que indica que maiores teores de matéria vegetal sobre o solo e ação dos agentes biológicos levam a uma maior quantidade de nutrientes nas camadas mais superficiais. Segundo Silva *et al.* (2011) isso tem influência na nutrição das plantas por aumentar os sítios de troca do complexo coloidal do solo.

Em todos os sistemas de usos e profundidades estudadas o K<sup>+</sup> ficou abaixo da faixa considerada ideal (>0,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); quanto ao cálcio as únicas camadas que apresentaram valores dentro da faixa ideal (2,4 a 4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) foram as camadas de 0-10 cm do SAF 1 (3,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e da SAF2 (2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).; As demais camadas dos diferentes sistemas ficaram abaixo da faixa ideal.

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO: UM ESTUDO DE CASO NO CARIRI CEARENSE**

Em relação ao  $Mg^{2+}$  nas camadas de 0-10 cm de todos os sistemas estudados apresentaram-se dentro da faixa ideal ( $0,9$  a  $1,5$   $cmol_c\ dm^{-3}$ ) incluindo também a camada de 10-20 cm do SC. As demais amostras ficaram abaixo do recomendado pela literatura.

A relação considerada ideal de  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  é de 3:1, contudo observando a tabela 2, nenhuma das camadas de todos os sistemas de uso do solo analisado neste estudo ficaram dentro da faixa ideal, estando todos abaixo do nível crítico.

Analisando o teor de P no solo e interpretando de acordo com o teor de argila presente na composição granulométrica, pode-se classificar nas diversas faixas de fertilidade: SAF 1 0-10 cm e SAF2 camada de 0-10 cm classificado como Muito alto ( $>35$   $mg\ dm^{-3}$ ); SAF1 10-20 cm e SC 0-10 cm classificados como alto ( $20,1$  a  $35$   $mg\ dm^{-3}$ ); SAF2 10 a 20 cm classificado como adequado ( $15,1$  a  $20$   $mg\ dm^{-3}$ ) e SC 10 a 20 cm classificado como médio ( $10,1$  a  $15$   $mg\ dm^{-3}$ ), segundo Souza et al. (2004).

Os maiores valores encontrados para CTC efetiva (T) e CTC em pH 7,0 (t) foi na SAF com espécies arbóreas mais antigas nas profundidades de 0-10 cm. Como na CE tais valores são explicados pela maior ocorrência dos nutrientes K, Ca e Mg nessas parcelas, provavelmente devido a cobertura vegetal e mineralização mais intensa desses locais.

Segundo Queiroz (2013), a CTC facilita a capacidade de absorver nutrientes para as plantas. Para os outros elementos quantificados não houve um padrão para maiores quantidades encontradas como mostra a tabela 2. Para o boro (B) a maior quantidade ficou com a SAF1 na camada de 0-10 cm com  $0,53$   $mg\ m^{-3}$ , seguido pela SAF2 camada de 0-10 cm com  $0,45$   $mg\ m^{-3}$ , SAF1 camada 10-20 cm  $0,34$   $mg\ m^{-3}$ , convencional 0-10 cm  $0,17$   $mg\ m^{-3}$ , SAF2 10-20 cm com  $0,14$   $mg\ m^{-3}$  e a convencional camada 10-20 cm  $0,12$   $mg\ m^{-3}$ .

**Tabela 2. Parâmetros químicos analisados na SAF1; SAF2 e SC. Juazeiro do Norte-CE, 2019**

Parâmetros		SAF 1		SAF 2		SC	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
$Al^{3+}$	$cmol_c\ dm^{-3}$	0	0	0	0	0,06	0
H + Al		0,7	0,8	1,10	0,90	1,2	1,0
m%	%	0	0	0	0	2	0
V%		88	80	80	74	75	74
MO	$dag\ kg^{-1}$	1,8	1,2	2	0,9	1,5	1,1
CO		1,1	0,7	1,2	0,5	0,9	0,6
B	$mg\ dm^{-3}$	0,05	0,34	0,45	0,14	0,17	0,12
Cu		0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
Fe		20	24	25	35	25	29
Mn		12,6	9,7	9,7	7,4	13,2	12
Zn		2,8	2,3	2,6	1,5	2,7	1,6

Para o alumínio ( $Al^{3+}$ ) ou acidez trocável, nenhuma parcela amostrada apresentou problema. Para o H+Al conhecida como acidez potencial, os valores encontrados foram baixos, onde o maior valor absoluto foi encontrado no SC na 0-10 cm ( $0,12$   $cmol_c\ dm^{-3}$ ), seguido pela SAF2 na camada 0-10 cm ( $1,10$   $cmol_c\ dm^{-3}$ ), pelo convencional na camada 10-20 cm ( $1,0$   $cmol_c\ dm^{-3}$ ), pela SAF2 ( $0,9$

cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), SAF1 10- 20 cm (0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e o SAF1 0-10 cm (0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>). Por esta razão a saturação de alumínio (m%) não apresentou problema

A saturação por base (V%) é considerada um ótimo indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, quando valores ficam abaixo de 50% a amostra é considerada pouco fértil ou distrófico; assim todas as parcelas do estudo foram consideradas férteis ficando acima de 50%, o maior valor foi observado foi na SAF1 na camada mais superficial obtendo 88%, seguido pela SAF1 camada 10-20 cm e SAF2 camada de 10-20 cm as duas com 80%, logo em seguida o talhão com plantio convencional na camada de 0-10 cm com 75% e SAF2 e convencional ambas na camada 10-20 cm com 74%. As amostras analisadas em todas as profundidades em relação a saturação por bases (%) foram consideradas com eutróficas.

Independente do talhão analisado a matéria orgânica (MO) decresce pelo perfil. Segundo Iwata *et al.* (2012) esse processo é atribuído a falta de revolvimento do solo. Este evento pode ocorrer também, dado a baixa mobilidade do carbono orgânico dissolvido no perfil do solo. O maior valor foi encontrado na SAF 2 ficando com 2 dag kg<sup>-1</sup>, já a camada seguinte (10-20 cm) apresentou o menor valor 0,9 dag kg<sup>-1</sup> podendo ser atribuído a uma maior quantidade de serapilheira no piso do solo (SANCHES *et al.*, 2009), aportados sobretudo pelos componentes arbóreos desses sistemas (IWATA *et al.*, 2012).

#### 4.2. Análises físicas

As análises físicas relacionadas a textura, densidade do solo (*Ds*) e Porosidade total calculada (%) podem ser observadas na tabela 3.

**Tabela 3. Atributos físicos de textura, densidade do solo e Porosidade total nos diferentes sistemas de usos do solo e em diferentes profundidades. Juazeiro do Norte, 2019.**

Atributos físicos do solo	SAF1		SAF2		SC	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Textura	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,26	1,69	1,39	1,61	1,52	1,60
Porosidade total calculada (%)	53	36	48	39	43	40

Como pode ser observada na tabela acima, a textura foi igual nos três sistemas de uso, devido as áreas serem contíguas e comprovando na prática que a textura é um dos atributos que não está sujeita prontamente a mudanças, independente do uso do solo. Todos as áreas estudadas apresentaram textura classificada como Franco-arenosa, segundo análise do triângulo textural utilizado.

Todos os sistemas de manejo apresentaram alterações na *Ds*, nas duas profundidades analisadas. Como podemos observar principalmente na camada superior de 0-10 cm o SAF1 apresentou o menor valor de *Ds* de 1,26 kg dm<sup>-3</sup>, contra 1,39 e 1,52 kg m<sup>-3</sup> do SAF2 e SC respectivamente. O SAF1 em relação ao SC teve uma *Ds* 17,10% menor. O maior valor observado no SC indica que o uso antrópico do solo com utilização de máquinas para preparo do solo e a pouca cobertura vegetal, expondo o mesmo ao contato direto com o impacto das precipitações

pluviais, o que contribuiu para este dado. Solos sem cobertura vegetal contribuí para ciclos de umedecimento e secagem, que podem provocar também o adensamento do solo (Oliveira *et al.*, 1996). De maneira geral, quanto mais elevada a densidade do solo: maior a compactação; maior a desagregação da estrutura e menor a porosidade total. Consequentemente, menor infiltração e retenção de água no solo influenciando negativamente no manejo da irrigação.

A porosidade total Pt sofreu a mesma tendência da Ds e passou por alterações em todas as camadas analisadas, com mais expressividade na camada de 0-10 cm em relação ao SAF1 que apresentou Pt de 53%, contra 48% e 43% dos SAF2 e SC. Estes dados comprovam que o volume total de poros foi alterado em relação ao sistema de uso do solo e este indicador é um parâmetro sugestivo da qualidade física do solo, pois um maior volume de poros indica que este, sofreu pouca ou nenhuma alteração causada pelo revolvimento e tráfego de máquinas pesadas e pisoteamento de animais. Estas afirmações são corroboradas por Oliveira *et al.* (2015) quando compararam a qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos de suíno e também por Vasconcelos *et al.* (2014).

Nas camadas de 10 a 20 cm em todos os sistemas de uso, não foram observadas grandes diferenças, pelo fato de serem camadas mais antigas e pouco revolvidas em todos os sistemas estudados, mesmo o que possui culturas anuais já que seu sistema radicular é pequeno.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os atributos químicos os valores mais expressivos de CTC, SB, T, t, m%, V% e nutrientes foram encontrados em SAF's, geralmente nas camadas mais superficiais, onde a mineralização é maior pela quantidade de matéria vegetal e pela falta de revolvimento desse solo para incorporá-la em camadas mais profundas do perfil.

Os SAFs em relação ao SC apresentaram, neste trabalho, melhores condições físicas relacionadas a densidade do solo e porosidade, o que influencia positivamente no manejo da água e na manutenção da qualidade do solo

A SAF com espécies arbóreas mais novas apresentou resultados melhores para atributos que são modificados pela quantidade de serapilheira. Para os demais atributos, a agrofloresta mais antiga mostrou-se melhor, inclusive na saturação por base que indica fertilidade do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011. Disponível em <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.4841> acesso em 25/11/2019

BERTOL, I., BEUTLER, J. F., LEITE, D., BATISTELA. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, julho/set. 2001.

BEENHOUWER, M.; AERTS, R.; HONNAY, O. A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.175, p.1–7, 2013.

BHAGWAT, S. A.; WILLIS, K. J.; BIRKS, H. J. B; WHITTAKER, R. J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity. **Trends in Ecology and Evolution**, v.23, p.261-267, 2008.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. do C. ph e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, p. 46 – 56, junho 2002.

BRYM, Z. T.; REEVE, J. R. **Sustainable Agriculture Reviews**. Ed. Litchfouse, E. Dijon, France. v. 19, 2016.

CLAESSEN, M. E. C. "Manual de métodos de análise de solo." **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)** (1997).

DUBOIS, J. C. L. Sistemas agroflorestais na Amazônia: avaliação dos principais avanços e dificuldades em uma trajetória de duas décadas. In: PORRO, R. (Ed.). Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, cap. 6, p. 171-218, 2009.

FEIDEN, A. Métodos alternativos para biocontrole na agricultura. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 2009. Disponível em: . Acesso em: 26 out. 2011.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, July/Sept. 2008.

Flores, J. P. C., Anghinoni, I., Cassol, L. C., Carvalho, P. C. D. F., Leite, J. G. D. B., Fraga, T. I.. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 771-780, julho/ago. 2007.

GERAIS (Viçosa – MG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, 1999, 197 p.

HOFFMANN, M. R. **Sistema agroflorestal sucessional – implantação mecanizada: um estudo de caaso**. 2005. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília - Unb, Brasília - Df, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Coordenadas geográficas de Juazeiro do Norte. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>, Acesso em: 10 mai. 2019.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAUJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo

Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.730-738, 2012.

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTA, D. B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v. 35, p. 51-60, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000100006>

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GASPARINI, A. S.; GOMES, C. F.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 20-28, 2011.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 2002. 83f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

MBOW, C., VAN NOORDWIJK, M., LUEDELING, E., NEUFELDT, H., MINANG, P. A., KOWERO, G. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 61-67, 2014a.

MBOW, C., SMITH, P., SKOLE, D., DUGUMA, L., BUSTAMANTE, M. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 8-14, 2014b.

MEIJERA, S. S. *et al.* Nieuwenhuisb, M. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 40-54, 2015.

MENDONÇA, Luiz Alberto Ribeiro et al. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.89-98, mar. 2009.

MICCOLIS, A. *et al.* **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção**. Brasília, DF: Instituto Sociedade, População e Natureza; Nairobi: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal, 2016. 266 p.

MIRANDA, C. C. **Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de eucalipto, Reserva Biológica União-RJ**. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2005.

OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M.; REGAZZI, A, J.; FIGUEIREDO, M.S. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.20, p. 509-515, 1996.

OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P.; VERBURG, E. E. J. Qualidade física de solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.280-285, 2015

PEREIRA, F. de S. **Qualidade física e química do solo em sistemas de cultivo e produtividade do milho e da soja**. 2013. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, *Campus* de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Jaboticabal, 2013.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

REICHARDT, K. **A água nos sistemas agrícolas**. São Paulo:Manole, 1987, 188p.

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, Aracajú. Resumos e Palestras. **CD-ROM**.

ROSA, S. F. da. **Propriedades físicas e químicas de um solo arenoso sob o cultivo Eucalyptus spp**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2010.

ROSA, S. F. D., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., FLEIG, F. D., RODRIGUES, M. F., GELAIN, N. S. Propriedades físicas e químicas de um Argissolo sob cultivo de Eucalyptus dunnii Maiden NO PAMPA GAÚCHO. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p.580-590, 2018.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.183- 189, 2009.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais**. 2004. 210f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria.

SCHEMBERGUE, A., CUNHA, D. A. D., CARLOS, S. D. M., PIRES, M. V., & FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s.l.], v. 55, n. 1, p.9-30, jan. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550101>.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, v.13, p.77-86, 2011.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. 1017p. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 6, p.275-374.

SOUZA, Z. M.; LEITE, J. A.; BEUTLER, A.N. Comportamento de atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob agroecossistemas do Amazonas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.654-662, 2004.

VASCONCELOS, R. F. B.; SOUZA, E. R.; CANTALICE, J. R.; SILVA, L. S. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.381–386, 2014

XAVIER, S. F.; DOLORES, D. G. Desenvolvimento Rural Sustentável: uma perspectiva agroecológica. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 17-23, 2001.

WOHLENBERG, E. V., REICHERT, J. M., REINERT, D. J., & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 891- 900, 2004.

WEZEL, A.; BELLON, S.; DORÉ, T.; FRANCIS, C.; VALLOD, D.; DAVID, C.; FRANCIS, C. A. Agroecology as a Science, a Movement and a Practice. **Agronomy for Sustainable Development**, September, p. 0–13, 2009.