



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL  
CURSO: AGRONOMIA**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DE SOLOS EM  
ÁREAS AGRÍCOLAS COM POTENCIAL PARA IRRIGAÇÃO NAS REGIÕES DO  
AGRESTE E MATA PARAIBANA**

**ALEX SANTOS DE DEUS**

**Areia - PB**

**2017**

ALEX SANTOS DE DEUS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DE SOLOS EM  
ÁREAS AGRÍCOLAS COM POTENCIAL PARA IRRIGAÇÃO NAS REGIÕES DO  
AGRESTE E MATA PARAIBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal da  
Paraíba como requisito básico para  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientador: **Prof. Dr. Roseilton Fernandes dos Santos**

**Areia – PB**

**2017**

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

D486c Deus, Alex Santos de.

Caracterização física, química e mineralógica de solos em áreas agrícolas com potencial para irrigação nas regiões do agreste e mata paraibana / Alex Santos de Deus. - Areia: UFPB/CCA, 2017.

56 f. : il.

*Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias.  
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.*

Bibliografia.

Orientador: Roseilton Fernandes dos Santos.

1. Solos – Caracterização física 2. Solos – Caracterização química 3. Solos – Caracterização mineralógica 4. Ciência do solo – Irrigação I. Santos, Roseilton Fernandes dos (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

1. Solos – Caracterização física 2. Solos – Caracterização química 3. Solos – Caracterização mineralógica 4. Ciência do solo – Irrigação I. Santos, Roseilton Fernandes dos (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.4

ALEX SANTOS DE DEUS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DE SOLOS EM  
ÁREAS AGRÍCOLAS COM POTENCIAL PARA IRRIGAÇÃO NAS REGIÕES DO  
AGRESTE E MATA PARAIBANA**

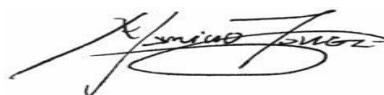
Aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA:**



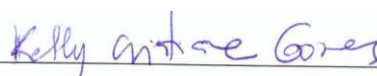
---

Prof. Roseilton Fernandes dos Santos, Dr.  
DSER/CCA/UFPB  
ORIENTADOR



---

Prof. Mauricio Javier de Léon, Dr.  
DSER/CCA/UFPB  
EXAMINADOR



---

Pro<sup>a</sup>. Kelly Cristiane Gomes, Dr.  
CEAR/UFPB  
EXAMINADOR

## SÚMARIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>13</b>
2.1. Objetivos específicos .....	13
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
3.1. Áreas de estudados .....	13
3.2. Importância agrícola, manejo e as alterações no solo .....	14
3.3. Técnicas de caracterização do solo.....	15
3.3.1. Caracterização física do solo. ....	15
3.3.2. Caracterização química do solo.....	17
3.3.3. Técnicas espectroscópicas de caracterização.....	17
3.3.4. Fluorescência de raios-x.....	18
3.3.5. Difração de raios-X.....	19
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
4.1. Localização da área de estudo .....	20
4.2. Amostragem do solo .....	23
4.3. Coleta das amostras de solo.....	23
4.4. Análises físicas de rotina.....	23
4.5. Análises químicas de rotina.....	25
4.6. Preparo das amostras e realização das análises químicas e físicas.....	26
4.7. Preparo das amostras e realização das análises de FRX e DRX.....	27
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
5.1. Resultados das análises físicas de rotina.....	30
5.2. Teores de pH, Ca, Mg, Al.....	32
5.3. Teores de P, K, Ca, Na.....	32

5.4.	Teores	de	valor	T,
	V%			
				32
5.5.	Densidades do solo e de partículas e frações (Areia total, Silte, Argila e Porosidade Total).....			
				33
5.6.	Carbono	(C),	Materia	
	Orgânica.....			33
5.7.	Curva	característica	de	retenção
	água.....			de
				33
5.8.	Resultados das análises químicas por Fluorescência de Raio- X e FRX.....			
				39
5.9.	Resultados	da	Difração	de
	X.....			Raio-
				42
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>			
				<b>45</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>			
				<b>46</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resultados das análises físicas dos solos de BQ e MM.....	32
<b>Tabela2.</b> Resultados das análises químicas dos solos de BQ e MM.....	33
<b>Tabela3.</b> Resultados das análises do FRX de BQ e MM - PB.....	46
<b>Tabela4.</b> Principais fases mineralógicas encontradas na fração argila.....	47

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura1.</b> Georreferenciamento da área de Mamanguape.....	15
<b>Figura2.</b> Georreferenciamento da área de Boqueirão.....	16
<b>Figura3.</b> Visão geral da propriedade onde foi desenvolvido o trabalho em Mamanguape.....	23
<b>Figura4.</b> Visão geral da propriedade onde foi desenvolvido o trabalho em Boqueirão.....	23
<b>Figura 5.</b> Preparo das amostras de FRX.....	18
<b>Figura6.</b> Equipamento X-Ray Diffractometer .....	30
<b>Figura 7.</b> Passo a Passo da preparação das amostras.....	30
<b>Figura 8.</b> Difratograma de BQ.....	47
<b>Figura 9.</b> Difratograma de MM.....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Dados de água dispensável nas gleba/terço superior de BQ	36
<b>Gráfico 2.</b> Dados de água dispensável nas gleba/terço médio de BQ	37
<b>Gráfico 3.</b> Dados de água dispensável nas gleba/terço médio de BQ	38
<b>Gráfico 4.</b> Dados de água dispensável nas gleba/terço inferior de BQ	39
<b>Gráfico 5.</b> Dados de água disponível nas glebas/terço superior de MM	40
<b>Gráfico 6.</b> Dados de água disponível nas glebas/terço superior de MM	41
<b>Gráfico 7.</b> Dados de água disponível nas glebas/terço médio de MM	42
<b>Gráfico 8.</b> Dados de água disponível nas glebas/terço médio de MM	43
<b>Gráfico 9.</b> Dados de água disponível nas glebas/terço inferior de MM	44

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, que em todo tempo esteve minha vida, nas boas ações que eu tenha feito e me auxiliando a controlar minhas reações diante as situações.

À minha querida mãe, Meyre, minha mais bela razão de e para existir. Sem a experiência de tê-la como Mãe, não seria a metade do que sou, a minha formação é sua também. Amo-te sem limites. Ao meu Genauro de Deus (in memoriam), pelos poucos e significantes momentos que tivemos juntos. Jamais esquecerei que antes momento de sua partida para o outro plano Espiritual, você me insinuou que nunca é tarde para o amor fraterno ser restaurado.

À minha querida Avó Marieta, o qual me ensinou 90% de como viver com os diferentes e fazer do servir ao próximo um dos meus maiores prazeres. Às minhas irmãs, Aldenir e Ângela, onde tenho a satisfação de ter o convívio fraternal, mesmo um pouco ausente. À minha querida irmã de alma, Letícia, que a cada dia me ensina o belo que existe na sua forma “louca” e espontânea de amar.

À Marta Costa, pelo olhar carinhoso e inspirador, que despertou em mim e em tantos outros, o prazer pelos estudos, pegando-nos pela mão e conduzindo nossos primeiros passos para uma vida acadêmica com excelência. Ressalta que, é uma Alegria pode dizer que você é uma alma fraterna que Deus me deu e que tenho experiências maravilhosas a cada reencontro.

Ao Prof. Roseilton que em alguns é um Pai, amigo, e a todo o momento um grande Mestre, que impulsionou ainda mais aos estudos, despertando em mim que o conhecimento não pode perder seu brilho, principalmente em momentos difíceis. Como diz Damião Batista: “Grato, grande Mestre”. À Lidjane Fernandes, que em cada contato, pude ter a certeza que tenho uma grande amiga e uma mãe branca em vários momentos da minha caminhada, dividindo comigo vários momentos, grato por tudo.

Aos amigos e amigas: Adélia Vertano, Catarina Carvalho, Ellen Lopes, Raquel Santos, Lidiany Barbosa, Lieska Teixeira, Jaqueline Pereira, Patrícia Abraão, Adilany, Yanna Nascimento, Lidiane, Elisiane, Alba Correia, Stela, Arlene, Jhonny |Tysson e Guilherme Monteiro. Elas e eles representam tantas outras e outros que tive a satisfação e alegria de compartilhar momentos únicos, aprendendo ser melhor em todos estes momentos e sentidos.

Finalmente, agradeço a todos que compõe a Universidade Federal da Paraíba, em especial as pessoas do Centro de Ciência Agrária – CCA, do menor ao maior cargo, por ter me acolhido de braços abertos, com paciência e maestria.

DEUS, A. S. **Caracterização física, química e mineralógica de solos em áreas agrícolas com potencial para irrigação nas regiões do agreste e mata paraibana.** Areia: UFPB, 2017. 57 f. (Monografia – Curso de Agronomia).

## RESUMO

As atividades humanas, ou seja, o manejo aplicado às áreas cultivadas de forma errônea vem provocando a exposição do solo, ocasionando degradação dessas áreas, ocorrendo como um processo cumulativo das condições ambientais. Deste modo, o objetivo deste trabalho de conclusão foi realizar a caracterização física, química e mineralógica em amostras coletadas na camada arável de solos locados nas Regiões Agreste e Mata Paraibanas. As áreas de estudo foram Boqueirão e Mamanguape. Após a seleção das áreas foram coletadas amostras dos solos das duas áreas, levada para laboratório e feitas análises Física, química e mineralógica nos solos destas áreas. De acordo com os resultados, em Boqueirão foi comprovado se tratar de um solo com maior teores de argilas, estando relacionado também com o seu relevo plano, assim, auxiliando na predominância deste argilomineral neste solo e maior retenção de água no solo. Condição diferente em Mamanguape, que foi classificado fisicamente como solos arenosos, tendo seu relevo ondulado, com pouca quantidade de argila, conseqüentemente, tendo uma menor capacidade de retenção de água em todos os glebas/terços analisados. Todos os parâmetros analisados apontam para uma situação já conhecida na literatura em termos de dados analíticos sobre estes dois ambientes, os solos estudados em BQ (Luvisolos e Neossolos) são menos desenvolvidos e preservam características ainda relacionadas à rocha, refletindo numa fertilidade do solo mais alta, sem necessidade de corretivos e adubações, contudo apresenta maior susceptibilidade a erosão pelo seu menor desenvolvimento físico; Em contrapartida, Mamanguape revelou solos mais intemperizados tipo Latossolo e Argissolo, ácidos e de fertilidade natural baixa, havendo neste caso necessidade de corretivos e adubações de acordo com a cultura implantada.

Palavras-chave: Caracterização; Manejo; Agricultura.

DEUS, A. S. **Physical, chemical and mineralogical characterization of soils in agricultural areas with potential for irrigation in the regions of the agreste and mataparaibana.** Areia: UFPB, 2017. 57 f. (Monograph - Course of Agronomy).

### ABSTRACT

As human activities, that is, the management applied to the wrongly cultivated areas is provoking an exposure of the soil, causing the degradation of the areas, occurring as a cumulative process of the environmental conditions. Therefore, the objective of this work was to perform a physical, chemical and mineralogical characterization in samples collected in the arable layer of soils leased in the Agreste and Mata Paraibanas Regions. As areas of study were Boqueirão and Mamanguape. After the selection of the areas with sample collectors of the soils of the two areas, taken to the laboratory and facts Physical, chemical and mineralogical analyzes in soils and areas. According to the results, in Boqueirão it was verified that it is a soil with higher clay content, it is also related to its flat relief, as well as to help in the predominance of this clay in this soil and greater retention of water not soil. A different condition in Mamanguape, which was classified as free of soils, having its undulating relief, with little clay content, consequently, having a lower water retention capacity in all aspects / thirds analyzed. All analyzed parameters point to a situation already known in the literature in terms of analytical data on these two environments, the soils studied in BQ (Luvisols and Neosols) are developed and preserved, are still related to rock, reflecting on soil fertility higher, with no need for correctives and fertilization, however, it presents greater susceptibility to erosion due to its physical development; In contrast, Mamanguape revealed more weathered soils such as Latosol and Argisol, acids and low natural fertility, and there is a need for correctives and fertilization according to an implanted culture.

Keywords: Characterization; Management; Agriculture.

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas, ou seja, o manejo aplicado às áreas cultivadas de forma errônea vem provocando a exposição do solo, ocasionando degradação dessas áreas, ocorrendo como um processo cumulativo das condições ambientais.

A degradação do solo constitui um dos fatores mais importantes no declínio da produção agrícola, pois tem-se que conhecer e compreender a composição e a dinâmica dos processos internos do solo, visto a relação solo-planta ser dependente das propriedades químicas, físicas e mineralógicas do solo (Lima et al., 2015).

Muito mais do que suporte físico para as plantas, o solo é o meio onde ocorrem reações e processos determinantes do sucesso ou insucesso da recuperação ou estabelecimento de novo bioma (SANTOS et al. 2010). A composição mineralógica do solo tem influência sobre várias propriedades do mesmo, e sob o manejo a ser aplicado visando reduzir processos de degradação.

Nas últimas décadas surgiram técnicas de caracterização utilizadas para determinar e quantificar elementos, que podem de forma prática ser aplicados a ciência do solo, visando dinamizar os processos analíticos por meio de análises mais rápidas e de simples realização, destacando-se como uma importante alternativa, com crescente aplicação na identificação mineralógica de solos, rochas, cerâmicas, metais e líquidos, sem a necessidade de destruição da amostra, ou seja, de modo instrumental, sem nenhum pré-tratamento químico e podendo atingir limites de detecção da ordem de 1 a 20 ppm (WASTOWSKI et al., 2010). Portanto, a identificação e caracterização desses minerais podem contribuir para o entendimento do comportamento do solo (num contexto definido pelas informações pedológicas) (RESENDE et al., 2005).

A FRX é utilizada por ser um dos métodos instrumentais rotineiros empregados nas análises de elementos em rochas, cimentos, dentre outros (MORI et al., 1999), e permitir determinar o teor de elementos numa amostra, utilizando as intensidades de Raios-X característicos emitidos, possibilitando a detecção simultânea de elementos. A DRX é uma técnica de grande versatilidade e rapidez na aplicação de amostras policristalinas, tais como o monitoramento de amostras em laboratório, no controle de qualidade industrial e identificação mineralógica em solos e rochas (WEIDLER et al., 1998; ESTEVE et al., 2000; ALBERS et al., 2002).

## **2. OBJETIVOS GERAL**

Realizar a caracterização física, química e mineralógica em amostras coletadas na camada arável de solos locados nas Regiões Agreste e Mata Paraibanas.

### **2.1. Objetivos específicos**

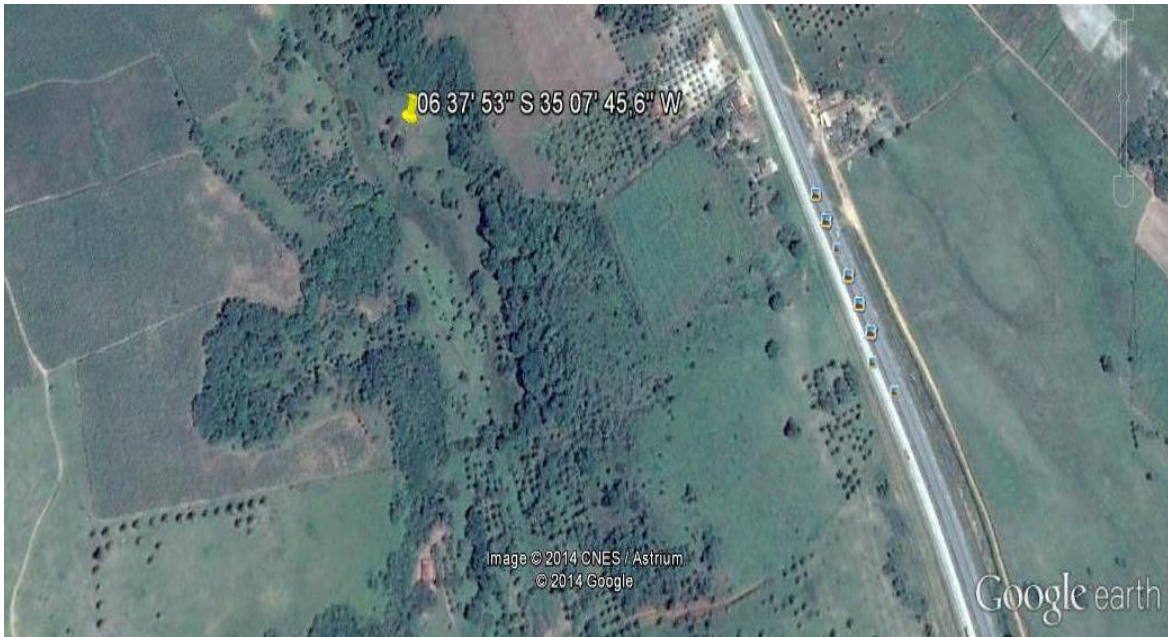
- Realizar a caracterização física (textura, densidades e curva de retenção) das áreas que serão avaliadas, em diferentes glebas com profundidade 0 - 20 cm;
- Realizar a caracterização química, através das análises de fluorescência de Raios-X (FRX) e análises químicas de rotina em laboratório, das áreas que serão avaliadas, em diferentes glebas;
- Realizar a caracterização mineralógica dos solos, das áreas em estudo, através de Difração de Raios-X (DRX);
- Relacionar o manejo adotado nestas áreas com os fatores de qualidade do solo;
- Caracterização mineralógica das da fração argila do solo em áreas cultivadas com grandes culturas.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Áreas de estudo**

#### **a) Mamanguape**

Mamanguape é um município brasileiro, sede da Região Metropolitana do Vale do Mamanguape, no Estado da Paraíba, ao qual se atribui o título de “Rainha do Vale”, porque se encontra no vale fértil do Rio Mamanguape, tornando-a uma grande produtora de commodities agrícolas. Mamanguape está a 50 quilômetros da Capital João Pessoa. Apresenta uma população estimada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 42.537 habitantes (IBGE,2012), distribuídos em 349 km<sup>2</sup> de área.



**Figura 1.** Georreferenciamento da área de Mamanguape. Fonte: Google Earth

### **b) Boqueirão**

O município de Boqueirão está localizado na Microrregião Boqueirão e na Mesorregião da Borborema do Estado da Paraíba. Sua Área é de 424 km<sup>2</sup> representando 0,752% do Estado, 0,027% da Região e 0,005% de todo território brasileiro. Está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros. Ocupa uma área de arco que se estende desde o Sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta. A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo.



**Figura 2.** Georreferenciamento da área de Boqueirão. Fonte: Google Earth

### **3.2. Importância agrícola, manejo e as alterações no solo**

O solo é imprescindível para as atividades agrícolas em larga escala, pois, além de servir de suporte as plantas (visão simplista), fornece nutrientes e água para o seu desenvolvimento. Porém podemos considerá-lo como um recurso não renovável, principalmente no que tange aos seus nutrientes (ANDREOLI et al, 2014).

Segundo Andreoli et al. (2014) a agricultura empregada de forma intensiva é responsável pelo depauperamento do solo por diversas vias, dentre elas podemos destacar a absorção dos nutrientes pelas plantas, sem haver sua reposição (ciclagem de nutrientes) por meio de adubações, ou ainda, a instalação de processos erosivos que carregam partículas de solo, com nutrientes adsorvidos a elas, para as partes mais baixas do terreno.

Dessa forma, podemos dizer que efetivamente, a principal importância dos solos para a agricultura é o fornecimento de nutrientes e água para as plantas. Não basta apenas ter um solo com nutrientes e água, se estes, por alguma razão, não estiverem disponíveis às plantas; então, numa análise geral, devemos considerar a quantidade armazenada de nutrientes e água e também sua pronta disponibilidade à vegetação (ANDREOLI et al, 2014).

Dos vários fatores relacionados à agricultura que podem levar a alteração do solo, Muller (2001) destaca a retirada da cobertura vegetal original e a implantação de cultura, aliadas às práticas de manejo inadequadas, promovendo o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio e modificando suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Estes fatores podem ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação (MENDES, 2002).

O efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é dependente da sua estrutura e mineralogia, as quais influenciam a resistência do solo a determinada prática agrícola (SEYBOLD et al. 1999). Segundo Ferreira (1979) todos os solos, menos os de classe I, para serem cultivados precisam ser cuidados evitando a erosão e mantendo a sua fertilidade. As maneiras de se conseguir esses resultados são variadas e podem ser empregadas uma ou várias práticas para tal finalidade, sempre obedecendo à exigência de cada tipo de solo. De acordo com Cavalcante et al. (2007), o manejo do solo e da cultura são importantes condicionadores da variabilidade de atributos do solo. Solos de mesma classe taxonômica, considerados relativamente homogêneos, podem apresentar variação em seus atributos como resultado da aplicação de diferentes práticas de manejo.

A degradação da estrutura do solo causa, perda das condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e o predispõe ao aumento de erosão hídrica (LACERDA et al. 2005). Algumas práticas de manejo, tais como, utilização de restos de cultura como cobertura morta e sistema de plantio direto, que aumenta o teor de matéria orgânica, podem ter um efeito positivo na qualidade do solo (PEIXOTO, 2008). Desse modo, protegem a superfície do solo da intensa radiação solar, evitando a queima da matéria orgânica, reduzindo a amplitude térmica da superfície, a perda de água por evaporação, o impacto das gotas de chuva sobre a superfície e a velocidade do escoamento superficial do excesso de água das chuvas (FEIDEN, 2001).

Gomes et al. (2004) afirmam que evitar a degradação de terras produtivas e avançar em aspectos específicos de qualidade dos solos são demandas que se relacionam com o aumento do conhecimento sobre a diferenciação de atributos dos solos nos seus respectivos ambientes naturais. Esse quadro ambiental pode, muitas vezes, resultar numa queda da produtividade ou até mesmo inviabilizar um empreendimento agrícola, pois o efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é dependente da sua textura e mineralogia, as quais influenciam a resistência do solo a determinada prática agrícola (SEYBOLD et al.1999).

### **3.3. Técnicas de caracterização do solo**

#### **3.3.1. Técnicas de caracterização física**

Para que se possam determinar estratégias de manejo que supram as necessidades de conservação do solo é necessário se conhecer também as características físicas do solo. Carneiro et al. (2009), constataram, através de análises físicas, alterações na densidade do solo, porosidade total e macroporosidade em um Neossolo, sob atividade antrópica. Atributos físicos que, segundo os autores, sofreram modificações provavelmente pelo pisoteio animal e o transito de máquinas agrícolas. Comprovando, desse modo, que as atividades agrícolas, quando não executadas de maneira sustentável, podem resultar no desgaste ou degradação das propriedades físicas do solo.

Estas análises são de suma importância em levantamentos pedológicos, bem como para o manejo físico do solo. Além disso, em algumas delas, não ocorre o uso de reagentes mantendo, desse modo, a integridade química da amostra e reduzindo os custos em laboratório. Das análises físicas do solo, pode-se destacar a textura e a densidade do solo.

A textura do solo constitui-se numa das características físicas mais estáveis e representa a distribuição quantitativa das partículas do solo quanto ao tamanho. A grande estabilidade faz com que a textura seja considerada elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo. A textura do solo confere alguma qualidade ao solo, no entanto, sua avaliação apresenta conotação prioritariamente quantitativa. Areia, silte e argila são as três frações texturais do solo que apresentam amplitudes de tamanho variáveis em função do sistema de classificação adotado (FERREIRA e DIAS JR., 2001).

A densidade do solo ( $d_s$ ) tem sido usada como medida da qualidade do solo devido às suas relações intrínsecas com outros atributos, como porosidade, umidade do solo, condutividade hidráulica etc. (COSTA et al., 2007; DAM et al., 2005; MARTINS et al., 2009; THIMÓTEO et al., 2001). Segundo Reichardt e Timm (2008), esta análise pode ser usada como um índice do grau de compactação do solo. Devido o solo ser um material poroso, por compressão, a mesma massa pode ocupar um volume menor, o que altera a sua estrutura, arranjo, volume de poros e as características de retenção de água.

Segundo CHAVES (2006), a relação entre o conteúdo de água do solo e o potencial matricial ou sucção, recebe o nome de Curva Característica da Umidade do Solo, ou

simplesmente Curva de Retenção da Água do Solo. Ela tem considerável importância teórica e prática, especialmente para apontar as relações da água com o solo e as plantas, para se conhecer as relações de disponibilidade de água para as plantas e a quantidade de água a ser aplicada durante a irrigação. Cada solo possui uma curva de retenção de água.

### **3.3.2. Técnicas de Caracterização Química**

As análises mais comuns na grande maioria dos laboratórios brasileiros, que avaliam a fertilidade básica de solos através dos macronutrientes disponíveis. As análises são: a determinação de teores de cálcio e magnésio trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ), acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e fósforo extraíveis com solução de Mehlich<sup>-1</sup>(P) (EMBRAPA, 1997).

De acordo com Serrat et al. (2002), através dessa análise pode-se verificar a necessidade do uso de corretivos para a acidez e fertilizantes no solo, tendo que ser executada com pelo menos 1 a 3 meses antes do plantio e, dependendo do tipo de cultura, recomendado com intervalo de 2 a 4 anos.

Apesar de eficazes, segundo Lira (2013), estas análises demandam mais tempo e apresentam menor precisão devido a erros humanos durante o manuseio das amostras e reagentes, quando comparado com a Fluorescência de Raios-X que exige um contato menor do técnico com as amostras e reagentes durante todo o processo de análise, de modo que estas análises determinam todo o quantitativo do elemento encontrado no solo.

### **3.3.3. Técnicas Espectroscópicas de Caracterização**

As técnicas espectroscópicas utilizadas nas análises físicas, químicas e mineralógicas são técnicas que podem de uma forma geral ser integradas a Ciência do Solo. O uso dos referidos métodos de análise traz uma série de vantagens, destacando-se a redução no tempo de análise, diminuição substancial nas quantidades de amostra, ampliação da capacidade de identificar ou caracterizar estruturas mais complexas, redução dos erros humanos nos processos analíticos por não exigir manuseio das amostras e das soluções apropriadas para realização das análises (LIRA, 2013).

Ferraresi et al. (2012), ressaltam que a espectroscopia de infravermelho, é aplicável na rotina de análise granulométrica do solo, dentro da precisão necessária para sua

classificação. A técnica espectroscópica tem vantagem sobre o método tradicional devido sua rapidez, menor preparo da amostra, possibilidade de automação e maior número de amostras analisadas por dia.

Segundo VAZ Jr. (2010), nas técnicas espectroscópicas tem-se a resposta analítica vinda da interação do analito, orgânico ou inorgânico, com a radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de onda. Estão divididas em técnicas espectroscópicas atômicas e técnicas espectroscópicas moleculares, onde as primeiras observam o efeito da absorção da radiação por um determinado átomo e as segundas observam o efeito da absorção da radiação por uma determinada molécula ou grupamento químico.

As aplicações das técnicas espectroscópicas têm aumentado nos últimos anos. Além de apresentarem uma maior confiabilidade, vale ressaltar também o fato de serem técnicas não destrutivas. Entretanto, para o meio agrônomico, é necessário que se utilize as técnicas convencionais de análises químicas como complemento às técnicas espectroscópicas devido à necessidade de se conhecer também a disponibilidade dos nutrientes na solução do solo para as culturas.

### **3.3.4. Fluorescência de Raios-X**

A análise Fluorescência de Raios-X (FRX) baseia-se na medida das intensidades dos Raios-X característicos emitidos pelos elementos químicos componentes da amostra, quando devidamente excitada (JENKINS, 1981). Visando dinamizar os processos analíticos por meio de análises mais rápidas e de simples realização, a espectrometria de FRX destaca-se por ser uma técnica instrumental, não destrutiva e por permitir a determinação simultânea de vários elementos com uma ampla faixa de números atômicos, de modo rápido e com baixo custo. (JENKINS, 1999; GONÇALVES et al., 2008; ABREU Jr. et al., 2009; PATACA et al., 2005). Segundo Mori et al. (1999), a FRX foi utilizada por ser um dos métodos instrumentais rotineiros empregados nas análises de elementos em rochas, dentre outros, e por permitir a determinação do teor de elementos numa amostra, utilizando as intensidades de Raios-X característicos emitidos, possibilitando a detecção simultânea de elementos numa ampla faixa de número atômico e teores.

A FRX é uma técnica bastante eficaz em conjunto com DRX. Vários estudos em solos utilizam esta técnica para determinação de seus teores elementares ou de óxidos totais, tais

como Carneiro e Nascimento Filho (1996), Coelho e Vidal-Torrado (2000 e 2003), Alves et al., (2008), Gonçalves (2008), Wastowski et al. (2010), entre outros.

Coelho e Vidal-Torrado (2000 e 2003) determinaram a concentração de *Fe* e *Mn* de solos do município de Pindorama-SP e avaliaram os atributos químicos de solos de São Paulo utilizando a FRX, enquanto Alves et al., (2008) utilizaram a técnica para determinar quantitativamente os teores de *Si* e *Al* regionais.

Gonçalves (2008) determinou a presença predominante de *Al*, *Si*, *Fe* e *Ti* em ordem decrescente de porcentagem do óxido em amostras de Latossolo Vermelho distrófico, porém não encontrou diferença significativa da quantidade de óxido comparando sistemas de manejo e profundidades.

Visando dinamizar os processos analíticos por meio de análises mais rápidas e de simples realização, a espectrometria de fluorescência de Raios-X por energia dispersiva (EDXRF) destaca-se como uma importante alternativa, com crescente aplicação na identificação de solos, sem a necessidade de destruição da amostra, bem como sem nenhum pré-tratamento químico e podendo atingir limites de detecção da ordem de 1 a 20 ppm (WASTOWSKI et al. 2010).

Aplicando esta modalidade Carneiro e Nascimento Filho (1996) utilizaram a técnica para determinar simultaneamente a concentração de vários elementos em amostras geológicas, além dos estudos desenvolvidos por Wastowski et al. (2010) que buscaram caracterizar as alterações nos níveis dos metais mais importantes para a nutrição de plantas, presentes num mesmo tipo de solo submetido a diferentes sistemas de uso e manejos.

### **3.3.5. Difração de Raios-X (DRX)**

De acordo com Fabris et al., (2009) e Lacera et al. (2001), a de Difração de Raios-X (DRX) é uma técnica não destrutiva e rápida de análises, que fornece informações sobre a mineralogia e a composição dos solos, sendo esse o método comumente utilizado para caracterizar qualitativa e quantitativamente a composição mineral dos mesmos. Informações adicionais como os dados da geologia e material de origem, cor, granulometria, entre outras, facilitam a interpretação dos difratogramas, visto ser possível ter sobreposição de picos em um difratograma, em função da complexidade de minerais possíveis em um mesmo tipo de solo (FABRIS et al., 2009).

A DRX é uma das técnicas mais indicadas ao se caracterizar argilominerais, visto que uma análise química apenas citaria os elementos químicos presentes nos solos e não indicaria a sua ligação na estrutura do material. Desta forma, a DRX é uma técnica vantajosa para caracterização de fases minerais, pois apresenta simplicidade, rapidez e confiabilidade quanto à obtenção dos resultados e cada difratograma é característico para cada fase cristalina (ALBERS et al., 2002).

Ferreira e Curi (1999) estudando Latossolos observou que a caulinita e gibbsita são os constituintes mineralógicos responsáveis pelo desenvolvimento da estrutura dos solos estudados. A presença da caulinita, cujas partículas se acham envoltas em plasma denso, contínuo, desenvolvem macroestrutura do tipo em blocos, consequência do ajuste face a face das placas de caulinita e a gibbsita, cujo plasma apresenta estrutura micropédica bem definida, revelam macroestrutura do tipo granular, consequência da ausência do ajuste. Enquanto Giarola et al. (2009), analisando a fração argila de horizontes coesos de solos nos tabuleiros costeiros por difratometria de Raios-X, concluíram também à predominância de caulinita.

Camargo et al. (2009) em seus estudos observaram que a gibbsita e minerais do grupo da caulinita são componentes principais da fração argila de solos de regiões tropicais e subtropicais. A baixa cristalinidade desses minerais do solo é refletida nos difratogramas de Raios-X, através da alteração de intensidade dos espaçamentos basais ou característicos e/ou alargamento e fusão de "reflexões", com diminuição de intensidade, dificultando sua quantificação.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Localização e seleção da área de estudo**

#### **a) Mamanguape**

A área estudada, segundo Brasil (1972), insere-se na unidade de mapeamento PE12, que é composta por Argissolo Vermelho amarelo e Neossolos Litólicos. A vegetação foi descrita como floresta subcaducifólia sob relevo ondulado. O material de origem é composto por Gnaisse e Granito. O clima está relacionado com a localização geográfica, é do tipo tropical chuvoso com verão seco. O período chuvoso começa no outono tendo início em fevereiro e término em outubro.

Segundo o relato do agricultor, no local da área em estudo a única forma de fornecimento de nutriente para plantas era via adubação química. Ressaltou também, que a água disponibilizada para irrigação era de um poço artesiano que existe na propriedade, sendo irrigado via gotejamento.



**Figura 3:** Vista Geral da propriedade onde foi desenvolvido o trabalho Fonte (Acervo Pessoal dos Autores).

### **b) Boqueirão**

A área estudada, segundo Brasil (1972), insere-se na unidade de mapeamento V2 que é composta por Vertissolos, Luvisolos e Neossolos Eutróficos. A vegetação foi descrita como Caatinga Hiperxerófila Arbustiva-arbórea pouco densa sob relevo suave e ondulado. O material de origem é composto por Gnaisse e Granito. Pela classificação de Köppen o clima é bsh, semiárido quente.

No local da área em estudo, a forma de fornecimento de nutrientes para as culturas implantadas foi via adubação química. Teve o açude de Boqueirão como fonte de água para a irrigação, realizando a retirada da água do açude com auxílio de uma bomba e irrigando via microaspersor.



**Figura 4:** Vista Geral da propriedade onde foi desenvolvido o trabalho Fonte (Acervo Pessoal dos Autores).

#### **4.2. Amostragem de solo**

Os procedimentos de amostragem foram em consonância com o manual de descrição e coleta de solos no campo, página 85, item H (SANTOS et al., 2005). Algumas avaliações foram realizadas nas áreas, foram subdivididas em 04 glebas em boqueirão e 05 glebas em Mamanguape de acordo com as características dos respectivos solos (posição na paisagem e cor do solo).

#### **4.3. Análises físicas do solo**

As análises físicas que foram realizadas: densidade do solo, densidade de partículas, frações: areia grossa, areia fina, silte e argila, porosidade total e determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório.

#### **4.4. Análises químicas do solo**

As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, DSER/CCA/UFPB. Dentre as análises químicas de rotina, foram realizadas: pH,  $H^+ + Al^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $P$ ,  $K^+$ , SB,  $(H^+ + Al^{+3})$ , V%, m%, Carbono e Matéria Orgânica foram obtidos mediante o valor do carbono multiplicado por 1,724 conforme (EMBRAPA, 2009).

- a) pH em água mol  $L^{-1}$  (EMBRAPA, 2011): As amostras foram agitadas e mantidas em solução por cerca de uma hora e agitadas manualmente por um minuto antes de cada leitura. A determinação foi feita por potenciometria, com a imersão de um eletrodo combinado, em meio aquoso solo-liquido na relação de 1:2,5.

- b) Fósforo (P): extraído com solução Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ) e determinado por espectrofotometria de chama.
- c) Potássio ( $\text{K}^+$ ) e sódio ( $\text{Na}^+$ ): extraídos com solução de Mehlich<sup>-1</sup> e determinado por fotometria de chama.
- d) Acidez Potencial ( $\text{H} + \text{Al}^{+3}$ ): utilizou-se como solução extratora o Acetato de cálcio a pH 7,0, titulados com hidróxido de sódio a  $0,025 \text{ mol L}^{-1}$  e a fenolftaleína a  $10 \text{ g L}^{-1}$  como indicador.
- e) Alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ): extraído com  $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ , titulado com hidróxido de sódio a  $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ , e como indicador azul-de-bromotimol.
- f) Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ): extraídos com  $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$  e determinados por complexometria com  $\text{EDTA } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ , usando como indicador negro-de-ericromo-T. Já para a determinação do  $\text{Ca}^{+2}$  trocável, utilizou-se como indicador o ácido calgon carbônico.
- g) Carbono orgânico (C.O.): obtido por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio  $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  em meio sulfúrico, titulado com sulfato ferroso amoniacal  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ , e difenilamina a  $10 \text{ g L}^{-1}$ , como indicador de mudança de coloração (YEOMANS & BREMNER, 1988).

Também foram obtidos os valores de:

- Valor S (soma de bases) (EMBRAPA, 2011): Calculado pela fórmula

$$S (\text{cmol}_{\text{c}}\text{kg}^{-1}) = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+)$$

- Valor T (capacidade de troca de cátions - CTC) (EMBRAPA, 2011): Calculado pela fórmula:

$$T(\text{cmol}_{\text{c}}\text{kg}^{-1}) = S + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$$

- Valor V (percentagem de saturação por bases) (EMBRAPA, 2011): Calculado pela fórmula:

$$V(\%) = 100 \times S/T$$

- Percentagem de saturação por alumínio (m%) (EMBRAPA, 2011): Calculada pela fórmula:

$$m (\%) = 100 \times Al^{3+} / (S + Al^{3+})$$

#### 4.5. Preparo das amostras e realização das análises químicas e físicas

No Departamento de Solos e Engenharia Rural – DSER/CCA/UFPB, as amostras de solo foram, inicialmente, postas para secar à sombra (TFSA). Após esse processo, houve o destorroamento das amostras com o auxílio de um rolo-de-massa, reduzindo o tamanho das partículas. Depois, as amostras foram transmitidas por uma peneira com malha de 2,0 mm, conforme descrito em Embrapa (1997). Desse processo as amostras foram destinadas aos processos de caracterização física e química, nos respectivos laboratórios que os analisaram.

A determinação da curva de retenção em laboratório, consistiu na aplicação de tensões após saturadas e pesadas as amostras, a partir de um determinado tempo, foram obtido a curva característica de retenção de água, que tiveram seus dados representados por meio de gráficos, colocando-os em escala logarítmica o potencial matricial no eixo das abscissas e o valor correspondente da umidade volumétrica no eixo das ordenadas.

Para a determinação da curva característica de retenção de água no solo, foram realizados os seguintes procedimentos:

1. Preparou-se amostras de mais ou menos 25g de solo, passada por peneira de 2 mm (malha) e seca ao ar;
2. Colocou-se em placa (0,01 ou 1,5 MPa) com anéis de cano (PVC) sobre as placas porosas. Espalhou o solo dentro dos anéis e nivelou a superfície sem compactar. Foi adicionado água à placa porosa, sem ultrapassar o bordo superior dos anéis. Deixou em bebição por 24 horas;
3. Colocou-se as placas porosas dentro da panela e conectou os tubos de saída. Fechou a panela e foi aplicado lentamente a pressão desejada.
4. Quando se tem atingindo o equilíbrio entre a pressão aplicada e a tensão com a qual a água é retida pelo solo (na prática, é demonstrada quando não sai mais água pelo tubo de saída, em seguida, tire a placa da panela e remova as amostras para cápsulas de massa conhecida.

5. Pôs-se as amostras, dentro das cápsulas a qual corresponde à cápsula + solo úmido e colocou na estufa a 105°C.
6. Após 24 horas pesou-se as amostras secas, para determinar o conteúdo de água base, peso seco. Em seguida foram efetuados os cálculos.

Após, os dados terem sido calculados, os mesmos foram organizados em gráficos, para melhor visualização e interpretação dos dados

#### **4.6. Preparo das amostras, separação das frações.**

Para realizar as análises da fração argila do solo, foi utilizado o procedimento de separação da areia, silte e argila da seguinte maneira:

- 1 – Mexer-se a argila que estava no balde com um pincel, para poder retirar a argila que fica presa na superfície do balde;
- 2 – Lavou-se as amostras com álcool à 90 ou 100%;
- 3 – Transferiu-se do balde para o béquer e após colocou-se tubos de centrifuga de 50 mL;
- 4 – Colocou-se nos tubos até no máximo volume de 45 mL e em seguida, pesou-se os tubos na balança de precisão, com a finalidade de equilibrar o peso;
- 5 – Colocou-se os tubos em pares e certificou-se que os tubos estivessem com seus volumes e pesos o mais próximos possíveis um do outro;
- 6 – Colocou-se na centrifuga os tubos em pares, frente um para outro, com mesmo volume e peso. Foi ligada a centrifuga e regulada até atingir a rotação 2.000 rpm, após atingir a rotação 2.000 rpm foi deixada por 5 minutos, após este tempo, a centrifuga foi desligada e esperou ela parar sua rotação;
- 7 – Após centrifugar uma vez, foi descartado o sobrenadante, foi feito a retirada da argila para outro tubo que já continha a argila, assim, diminuindo o número de tubos com argilas. E depois, colocou-se para centrifugar novamente;
- 8 – Após a segunda centrifugação e redução do número de tubos, fez-se o teste com Nitrato de Prata, para verificar se ainda existia na amostra algum vestígio de sais;

9\* – Retirou-se 10 mL do sobrenadante e colocou-se em copos, identificados de acordo com cada amostra que foi retirado o sobrenadante, em seguida acrescentou-se no copo 4 gotas de Nitrato de Prata, verificou-se haveria alguma mudança de coloração, caso houvesse, ficaria com aspecto leitoso, sendo assim, confirmaria que na amostra ainda existiria a presença de sais, com isto, foram repetidos os itens 4, 5, 6, 7 e 8;

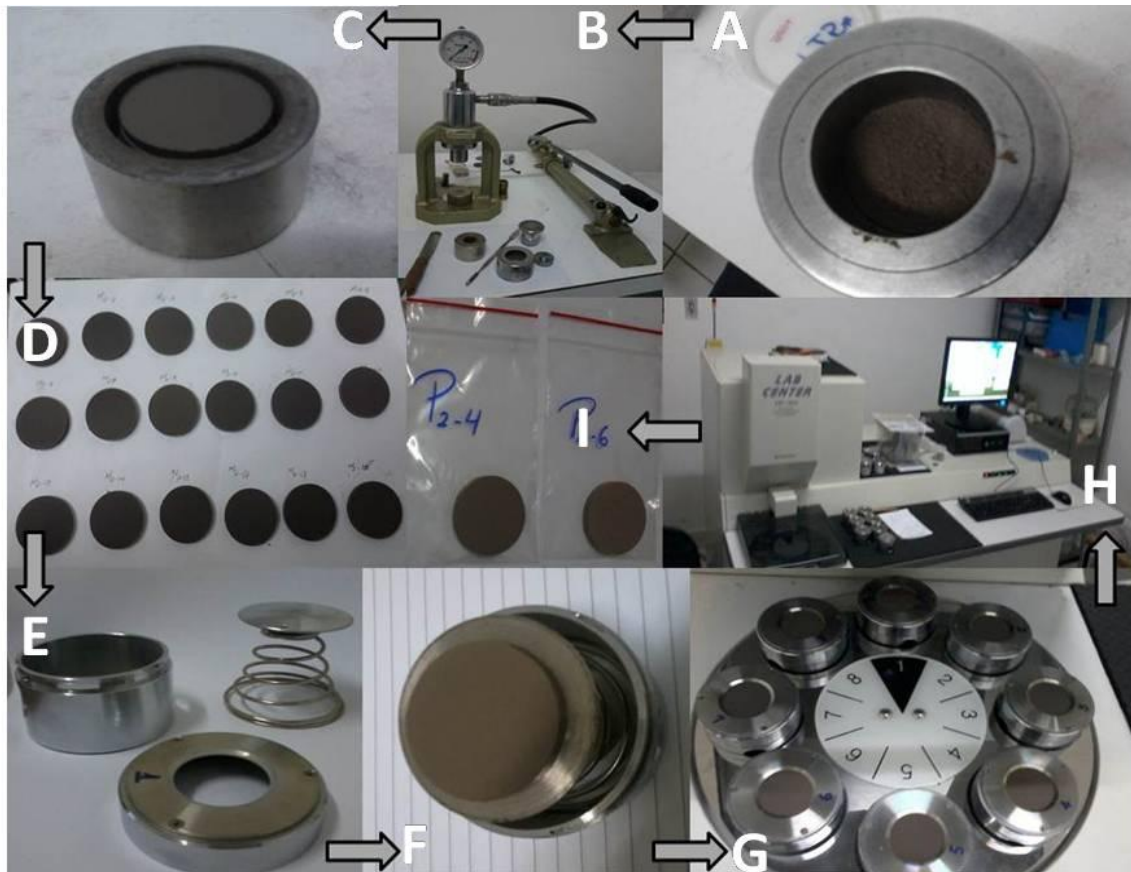
\* Neste procedimento foi utilizado uma seringa para a retirada dos 10 mL do sobrenadante, teve-se o cuidado ao limpar a seringa, com água destilada, de uma amostra para a outra.

#### **4.7. Análises mineralógicas**

A análise da composição química por FRX foram realizadas no Laboratório de Solidificações Rápida (LSR) da UFPB Campus I, em Sequential X-rayFluorescenceSpectrometer, Modelo XRF-1800 da Shimadzu. Através de Fluorescência de Raios-X e pode-se obter os percentuais dos elementos de cada amostra e a análise mineralógica foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Novos Materiais no LABEME-UFPB em equipamento *X-Ray Diffractometer* da marca *Bruker*, modelo *D2-Phaser*.

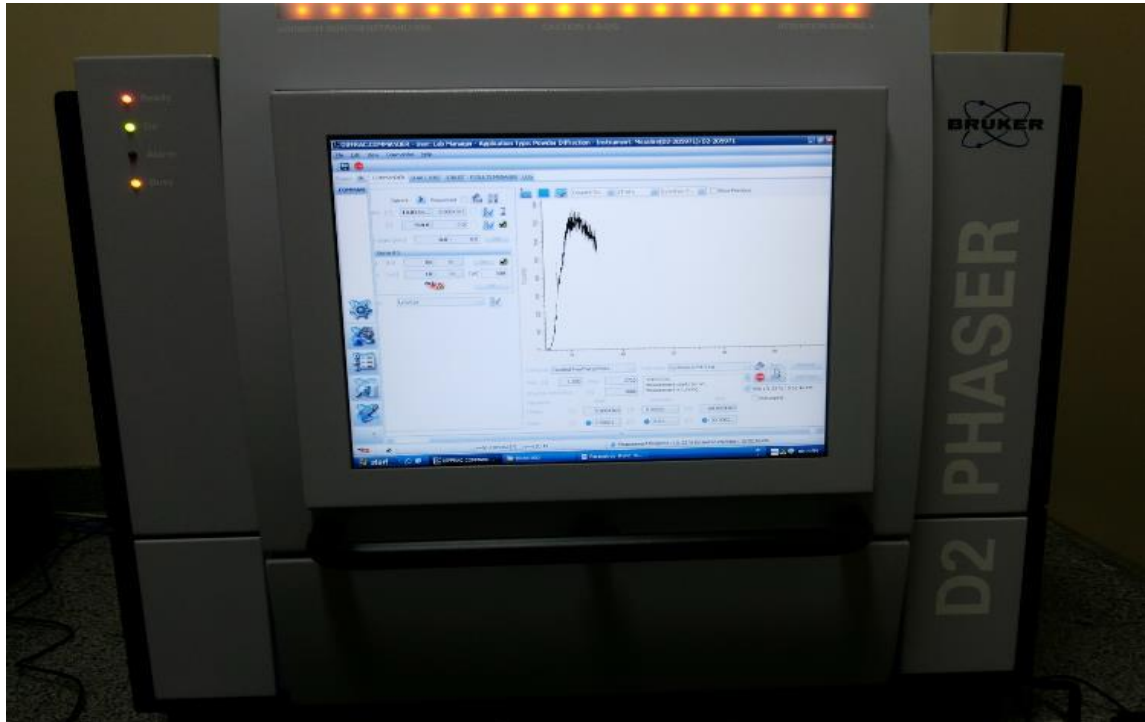
Após finalizada a separação das frações, areia, silte e argila, as amostras da fração argila que foram preparadas para as análises mineralógicas, foram transmitidas em peneira de malha de 200 Mesh e acondicionadas em depósitos plásticos para posterior procedimento analítico. No DRX as amostras são preparadas, operando com radiação  $K\alpha$  de cobre, 30kV e 10mA, com varredura de  $2\theta$  entre  $5^\circ$  e  $45^\circ$ .

Para as análises de FRX as amostras foram prensadas a uma força de 50 KN durante 30 segundos formando assim pastilhas com 30 mm de diâmetro e 3 mm, sem vácuo ou filme, tendo a finalidade de adquirir as informações de óxidos totais.



**Figura 5.** Preparo das Amostras para FRX: (A) Solo no molde, (B) Prensa, (C) Pastilha após ser prensada, (D) Pastilha identificadas para serem levadas a estufa, (E) Porta amostra para análise, (F) Pastilha no porta amostra, (G) porta amostras na bandeja de análise, (H) equipamento utilizado para análise, (I) acondicionamento das amostras após análise. Fonte: Lira (2014).

Para as análises de DRX as amostras foram submetidas à análise de difração de Raios-X, no equipamento *X-Ray Diffractometer*, como pode ser visualizado na Figura 6.



**Figura 6.** Equipamento X-Ray Diffractometer, Bruker, modelo D2-Phaser.



**Figura 7.** Passo a passo da preparação da amostra. A) Porta amostra, B) Amostra colocada no porta amostra, C) Limpeza do porta amostra, D) Prensagem da amostra para deixar a superfície paralela, E) Amostra preparada para ensaio. Fonte: Lira (2013).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análises físicas e químicas dos solos

**Tabela 1.** Resultados das análises físicas dos solos BQ e MM – PB

Hor.	Prof. cm	Composição granulométrica			ADA (g kg <sup>-1</sup> )	GF (g cm <sup>-3</sup> )	Densidade		Porosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
		Areia Total (g kg <sup>-1</sup> )	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )			Solo (kg dm <sup>-3</sup> )	Partícula (kg dm <sup>-3</sup> )	
G-1	0,00 – 0,20	543	282	175	78	554	1,48	2,82	0,48
G-2	0,00 – 0,20	595	203	205	91	552	1,64	2,85	0,42
G-3	0,00 – 0,20	522	215	143	116	189	1,78	2,76	0,36
G-4	0,00 – 0,20	551	185	264	158	401	1,78	2,87	0,38
G-5	0,00 – 0,20	803	74	123	13	894	1,38	2,65	0,48
G-6	0,00 – 0,20	780	73	147	0	1000	1,37	2,61	0,48
G-7	0,00 – 0,20	657	106	237	0	1000	1,33	2,65	0,50
G-8	0,00 – 0,20	666	116	218	0	1000	1,29	2,65	0,51
G-9	0,00 – 0,20	717	118	165	13	921	1,29	2,65	0,51

ADA= argila dispersa em água, GF= grau de floculação.

G-1, G-2, G-3, G-4 = referente às glebas/terços de Boqueirão. Sendo: G-1= terço Superior; G-2 = terço médio; G-3= terço médio e G-4= terço inferior.

G-5, G-6, G-7, G-8 e G-9 = referentes às glebas/terços de Mamanguape. Sendo: G-5=terço superior; G-6, G-7 e G-8= terço médio; G-9=terço inferior.

**Tabela 2.** Resultados das análises químicas dos solos BQ e MM – PB

Horiz	Prof. m	pH		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	Al <sup>3+</sup>	H + Al <sup>3+</sup>	T	V	m	C	M.O.	
		H <sub>2</sub> O	P													
											cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>		%		mg dm <sup>3</sup> g kg <sup>-1</sup>	
G-1	0,00 - 0,20	8,0	37,52	14,85	9,05	0,86	0,83	25,59	0,00	3,30	28,89	88,89	0,00	10,47	18,13	
G-2	0,00 - 0,20	7,8	25,23	11,25	8,40	0,36	1,20	21,21	0,00	3,71	24,92	85,11	0,00	8,15	14,05	
G-3	0,00 - 0,20	7,5	24,33	3,45	7,70	0,29	1,58	18,02	0,10	4,04	22,06	81,69	0,55	5,26	9,07	
G-4	0,00 - 0,20	7,3	18,81	13,60	9,30	0,21	1,83	24,94	0,10	4,54	29,48	84,60	0,40	5,92	10,20	
G-5	0,00 - 0,20	5,0	4,11	0,55	0,80	0,06	0,06	1,47	0,25	5,61	7,08	20,76	14,53	4,08	7,03	
G-6	0,00 - 0,20	5,1	2,18	0,95	1,10	0,09	0,05	2,19	0,30	8,50	10,69	20,49	12,05	10,07	17,37	
G-7	0,00 - 0,20	4,7	1,49	0,15	0,80	0,06	0,04	1,05	0,70	7,76	8,81	11,92	40,00	6,97	12,02	
G-8	0,00 - 0,20	5,2	5,77	1,40	1,25	0,07	0,04	2,76	0,10	8,14	10,81	25,32	3,50	10,98	18,03	
G-9	0,00 - 0,20	5,3	2,94	0,34	0,55	0,13	0,11	1,14	0,40	7,26	8,38	13,57	13,57	6,97	12,02	

G-1, G-2, G-3, G-4 = referente às glebas/terços de Boqueirão. Sendo: G-1= terço Superior; G-2 = terço médio; G-3= terço médio e G-4= terço inferior.

G-5, G-6, G-7, G-8 e G-9 = referentes às glebas/terços de Mamanguape. Sendo: G-5=terço superior; G-6, G-7 e G-8= terço médio; G-9=terço inferior.

## 5.2. Teores de pH, Ca, Mg, Al

Os valores de pH oscilaram entre 7,3 a 8,0 (BQ) e 4,7 a 5,3 (MM) entre glebas. O Ca é um elemento de ocorrência generalizada na natureza, contudo, solos pobres em Ca são geralmente solos ácidos (MELO, 1989). Nos teores de Ca houve uma variação 8,45 a 14,85  $\text{cmolcdm}^3$  (BQ) e 0,15 a 1,40  $\text{cmolcdm}^3$  (MM). Os teores de Mg variaram entre 7,7 a 9,30  $\text{cmolcdm}^3$  (BQ) e 0,55 a 1,25  $\text{cmolcdm}^3$  (MM). Os teores de Al variaram de 0,0 a 0,1  $\text{cmolcdm}^3$  (BQ) e 0,1 a 0,7  $\text{cmolcdm}^3$  (MM) entre as glebas.

A partir das análises químicas de rotina das duas áreas, pôde-se verificar que nos solos de (BQ) o pH é alcalino, condição relacionada a gênese deste solos com forte ligação ainda com o material de origem que é rico em bases trocáveis. Ressalta-se que este tipo de solo, tem alta capacidade de troca catiônica e não apresenta problemas com saturação por alumínio. No solo de Mamanguape (MM) pode-se verificar que o pH indica acidez elevada, resultando em baixa capacidade de troca catiônica conjugada com baixa saturação por bases, esta condição resulta em baixa fertilidade natural e alta saturação por alumínio, o que comprometerá o melhor crescimento e desenvolvimento radicular das culturas.

## 5.3. Teores de P, K, Ca, Na

Os teores de P tiveram variações de 18,81 a 37,52  $\text{mg/dm}^3$  (BQ) e 1,49 a 5,77  $\text{mg/dm}^3$  (MM) entre as glebas. No K os teores tiveram variações de 0,21 a 0,86  $\text{cmolc/dm}^3$  (BQ) e 0,06 a 0,13  $\text{cmolc/dm}^3$  (MM). Os teores de Na entre as glebas tiveram variações 0,83 a 1,83  $\text{cmolc/dm}^3$  (BQ) e 0,04 a 0,11  $\text{cmolc/dm}^3$  (MM).

## 5.4. Teores de valor de T, V%, m%

Os teores de T variaram entre 22,6 a 28,89  $\text{cmolc/dm}^3$  (BQ) e 7,08 a 10,69  $\text{cmolc/dm}^3$  (MM). Os valores de Saturação por Bases V% variaram de 81,69 a 88,89% (BQ) e 11,92 a 25,32 (MM) entre as glebas. Os teores de m% variaram 0,0 a 0,55% (BQ) e 3,50 a 40,00% (MM).

### **5.5. Densidade do solo, densidade de partículas e frações (Areia total, silte, argila e porosidade total)**

Na tabela podem ser observados que os níveis de densidade do solo, densidade de partículas e a porosidade total estão em sua maioria concordantes com os valores apresentados por KIEHL (1976) para solos arenosos e argilosos. De maneira geral, quanto maior for a densidade do solo maior será sua compactação e menor será sua porosidade total afetando também o desenvolvimento radicular das plantas.

### **5.6. Carbono (C), Matéria Orgânica (M.O.)**

Os teores Carbono variaram 5,26 a 10,47g/kg (BQ) e 4,08 a 10,98g/kg (MM). A matéria orgânica do solo variou de 9,07 a 18,13 g/kg (BQ) e 7,03 a 18,03 g/kg (MM).

Na tabela, podem ser observados os teores de matéria orgânica em cada gleba da propriedade. Segundo KIEHL (1976), teores de matéria orgânica acima de 24,1 g/kg de matéria orgânica do solo são considerados altos, e abaixo de 13,8 g/kg são tidos como valores baixos no solo. Em geral todas as glebas apresentaram teores no intervalo de baixos a médios.

### **5.7. Curva Característica de Retenção de Água**

Tendo a curva de retenção de água no solo uma aplicabilidade importante na disponibilidade de informações para os produtores e pesquisas relacionadas ao uso de água para a agricultura, fatores como Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha Permanente (PMP) e Água Disponível (AD), tornam-se determinante na variabilidade do armazenamento da água no solo, auxiliando no uso racional da água a partir de suas informações. Ressalta-se que a curva característica de retenção, é um gráfico que relaciona a porcentagem de água do solo. (Peso ou Volume). Com a tensão de retenção ou potencial mátrico ou matricial também chamado curva característica de água no solo.

**Gráfico 1.** Dados de água disponível nas glebas/terço de Boqueirão – PB.

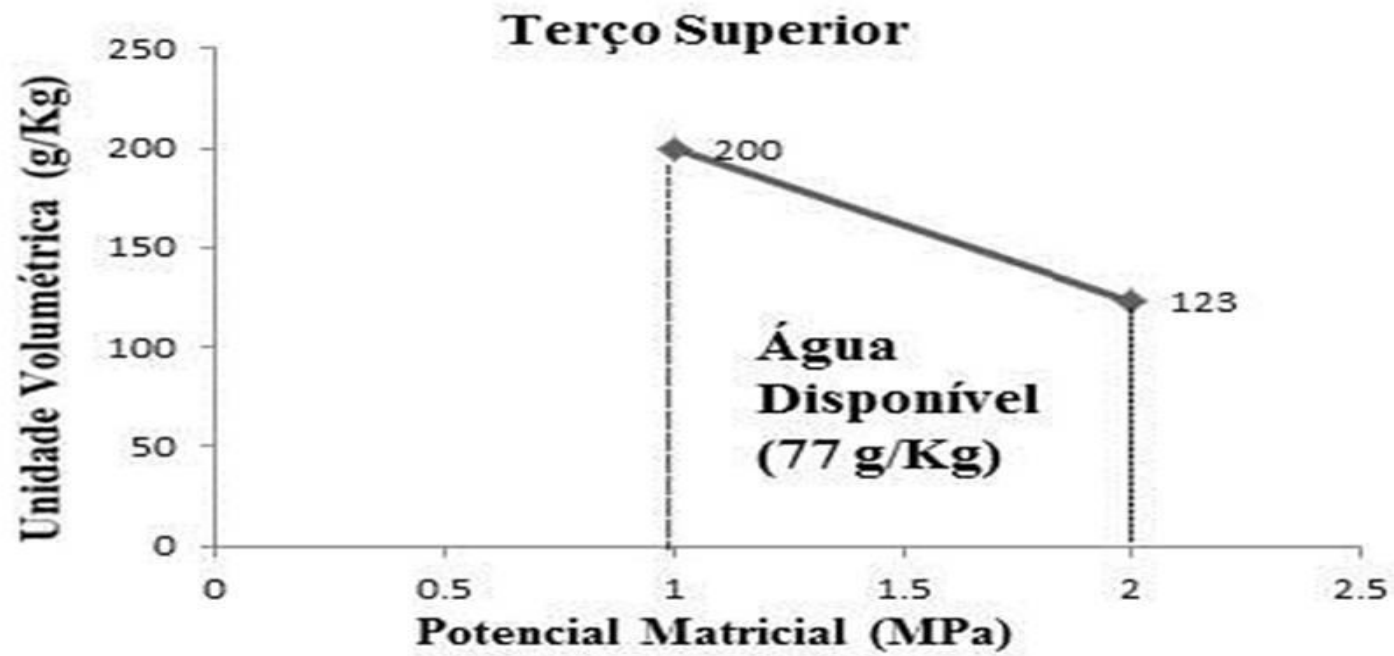
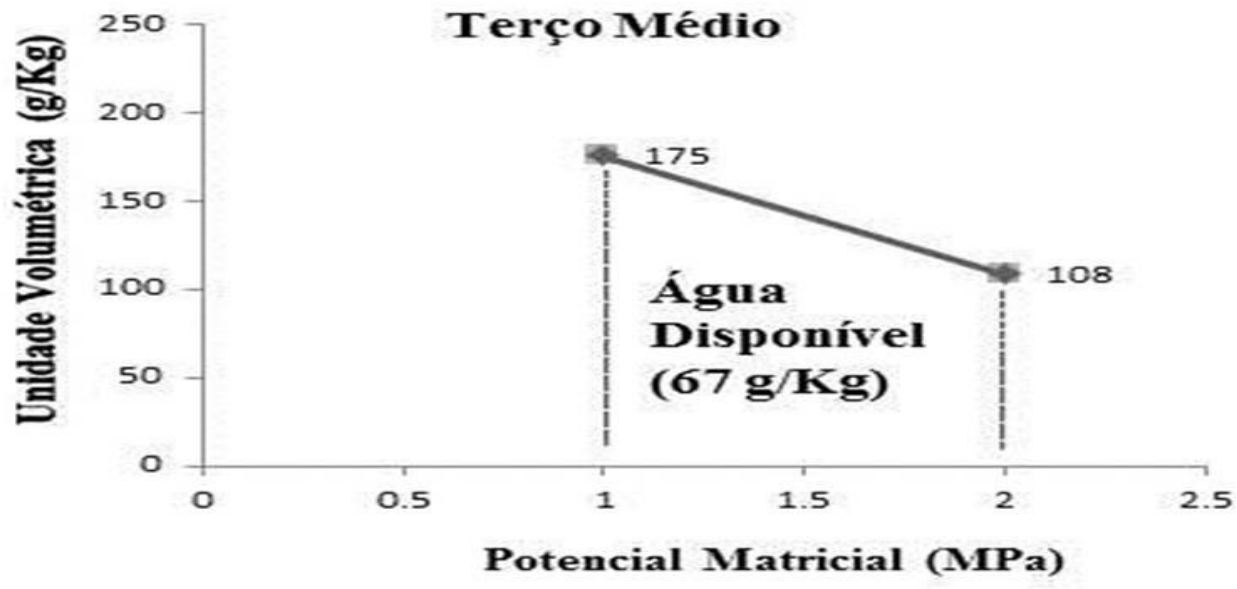
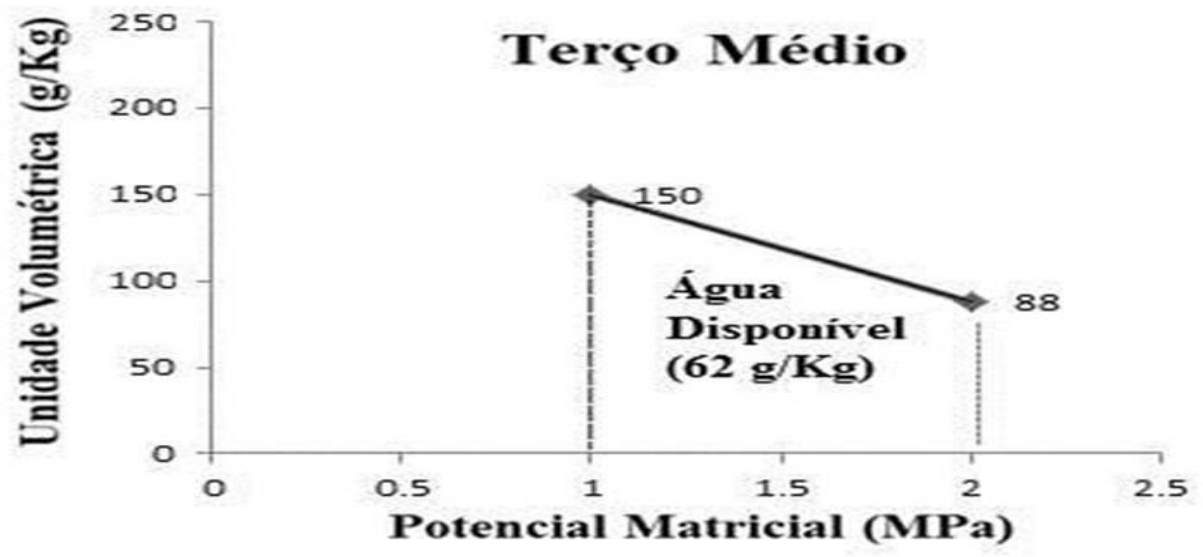


Gráfico 2. Dados de água disponível nas glebas/terço de Boqueirão – PB.



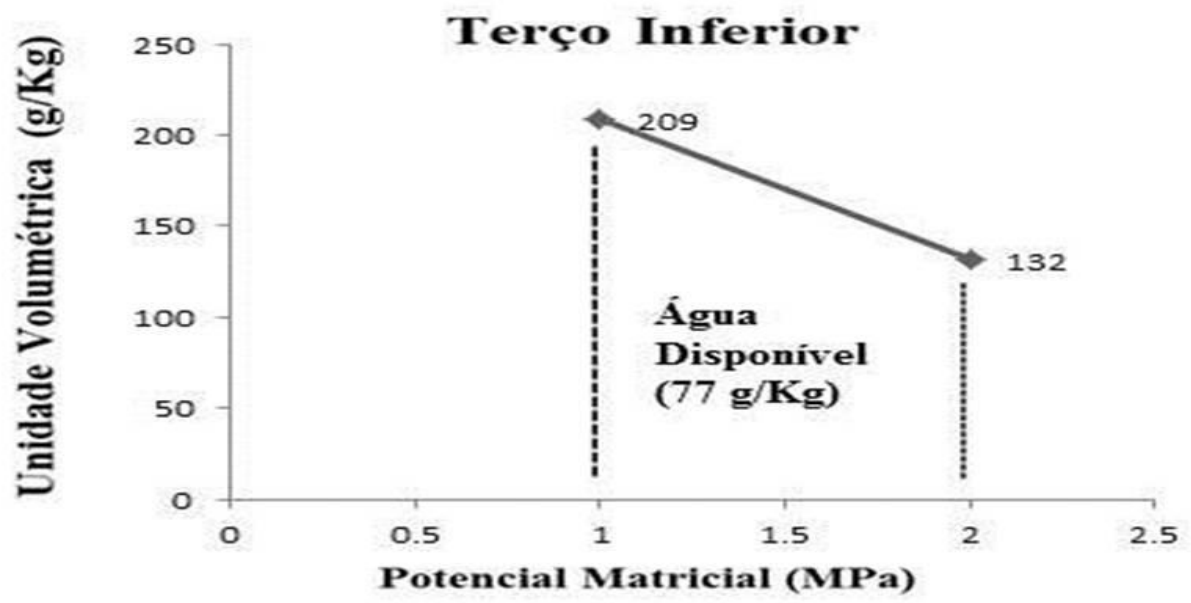
F

Gráfico 3. Dados de água disponível nas glebas/terços de Boqueirão – PB.



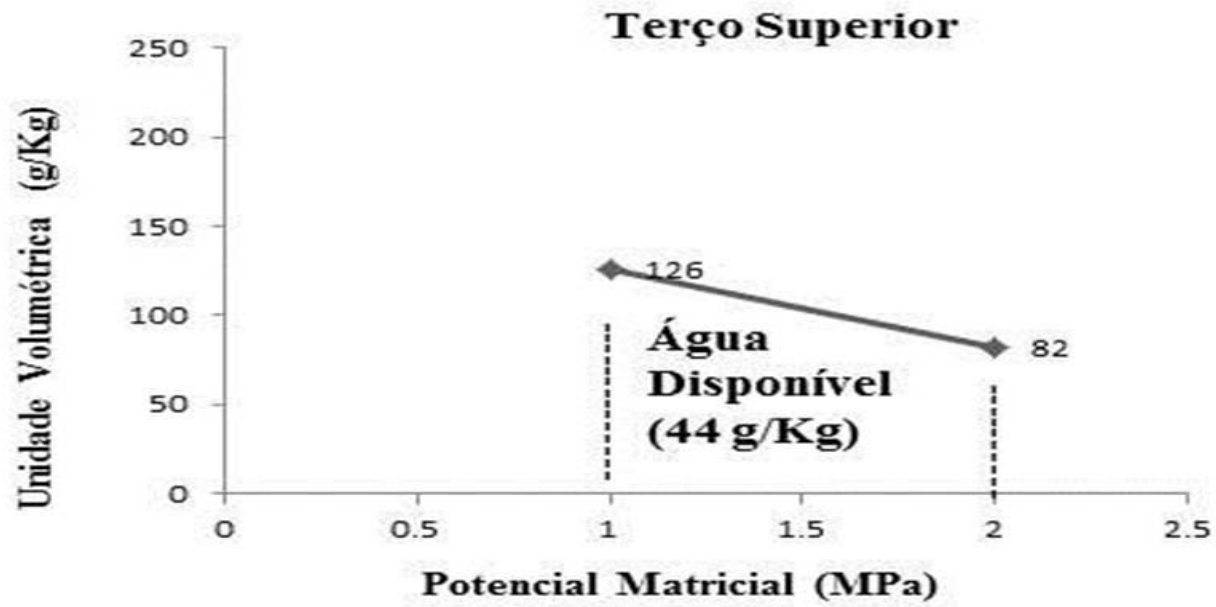
F

**Gráfico 4.** Dados de água disponível nas glebas/terços de Boqueirão – PB.

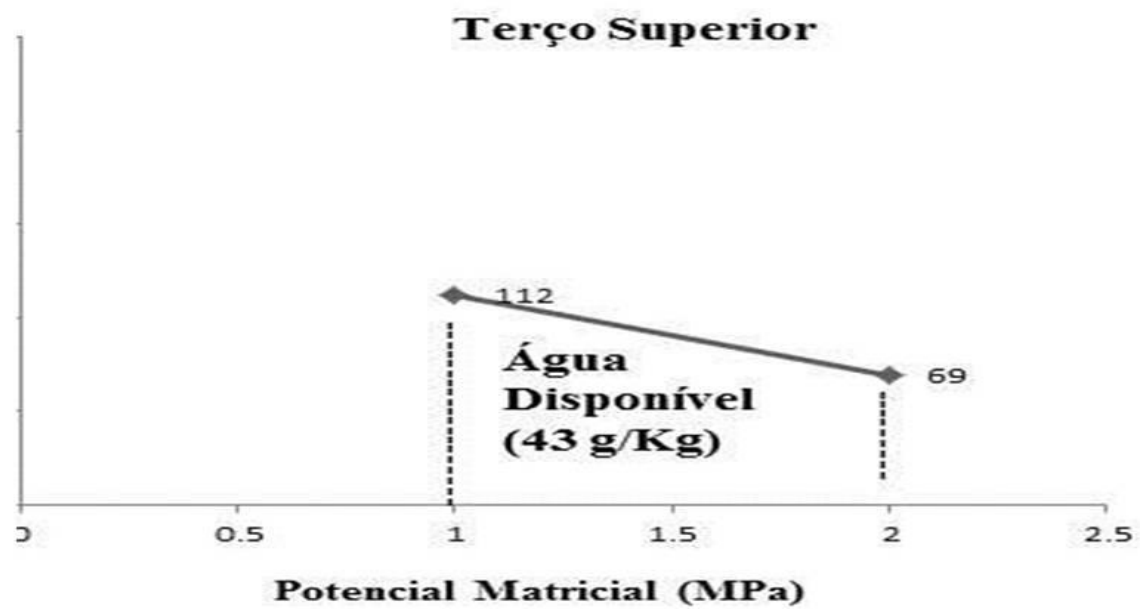


F

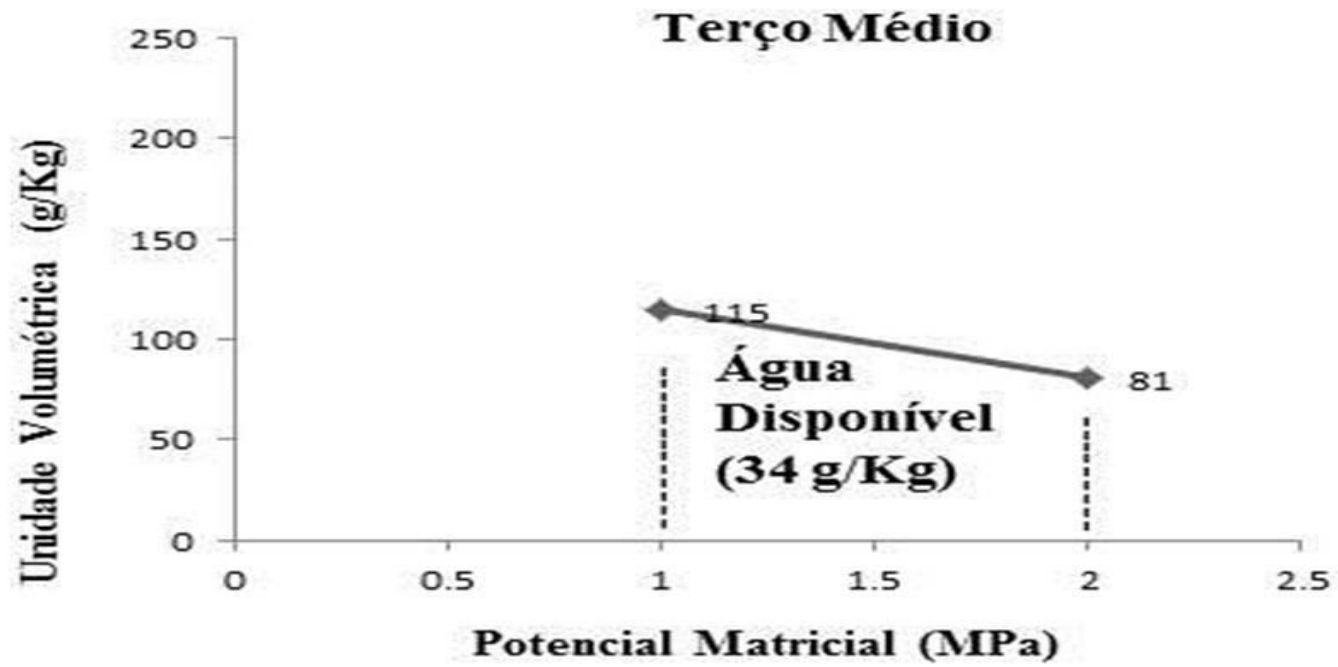
**Gráfico 5.** Dados de água disponível nas glebas/terços de Mamanguape – PB.



**Gráfico 6.** Dados de água disponível nas glebas/terços de Mamanguape – PB.



**Gráfico 7.** Dados de água disponível nas glebas/terços de Mamanguape – PB.



**Gráfico 8.** Dados de água disponível nas glebas/terços de Mamanguape – PB.

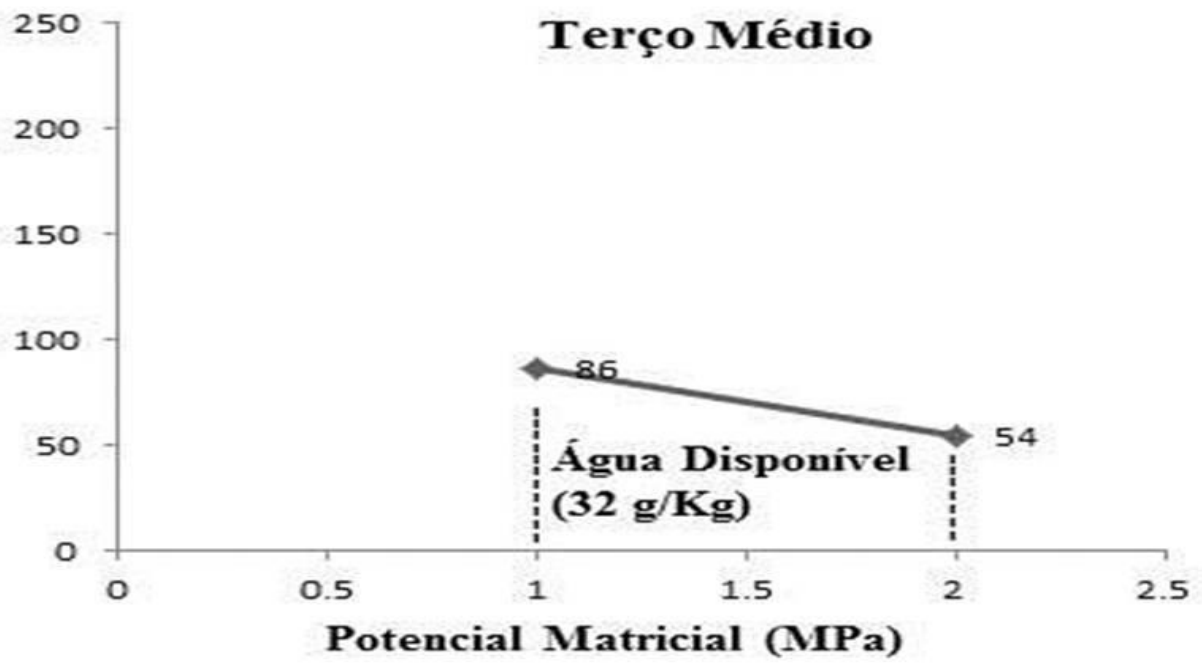
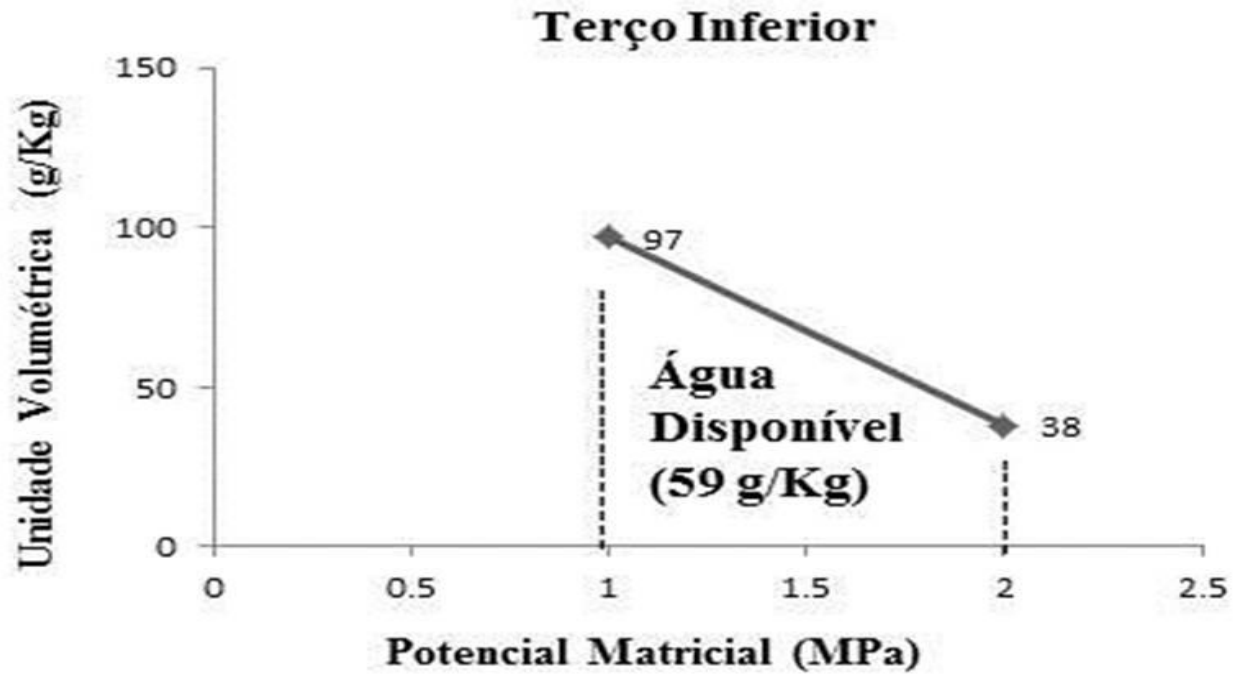


Gráfico 9. Dados de água disponível nas glebas/terços de Mamanguape – PB.



A quantidade de água disponível no solos variaram entre 77 a 62 g/Kg de água em 1 Kg de solo, entre as glebas dos solos de Boqueirão. Em Mamanguape a quantidade de água disponível no solos variaram entre 59 a 32 g/Kg de água em 1 Kg de solo.

Por se tratar de solos classificados fisicamente como franco argilosos, boqueirão tem sua capacidade de retenção maior, conseqüente uma maior disponibilidade de água no solo em todos os terços analisados. Situação diferente em Mamanguape que foi classificados fisicamente como solos arenosos, tendo sua capacidade de retenção menor, conseqüentemente uma menor disponibilidade de água em todos os terços analisados. Portanto, podem ser observados que os resultados da curva de retenção estão corroborados na composição granulométrica destes solos.

#### **5.8. Análise química por Fluorescência de Raio-X – FRX**

Os resultados da composição química das amostras compostas dos solos coletados de BQ e MM analisados por Fluorescência de Raio-X podem ser observados na tabela 2na sumariza as fases encontradas em cada posição.

**Tabela 3.** Resultados das Análises de FRX de BQ e MM – PB

Elementos	Prof.	Fluorescência de Raio-X								
		Cm	Argila 1	Argila 2	Argila 3	Argila 4	Argila 5	Argila 6	Argila 7	Argila 8
<b>SiO<sub>2</sub></b>	0 - 20	48,49	47,76	48,39	49,76	53,85	52,91	51,49	51,70	52,98
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	0 - 20	17,17	14,61	14,12	14,02	27,94	28,35	27,81	27,72	28,11
<b>k<sub>2</sub>O</b>	0 - 20	0,67	1,07	1,15	0,70	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0 - 20	28,40	30,47	29,92	30,35	14,58	15,26	17,41	16,81	15,37
<b>CaO</b>	0 - 20	0,62	0,42	0,45	0,31	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
<b>MgO</b>	0 - 20	2,20	2,50	2,65	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0 - 20	0,21	0,17	0,17	0,12	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06
<b>SO<sub>3</sub></b>	0 - 20	0,12	0,11	0,09	0,07	0,09	0,15	0,08	0,11	0,10
<b>CM*</b>	0 - 20	1,61	2,28	2,38	2,01	3,10	2,96	2,89	3,29	3,06
<b>Ki</b>	0 - 20	4,79	5,55	5,82	6,03	3,27	3,17	3,14	3,17	3,20
<b>Kr</b>	0 - 20	31,23	33,74	33,34	33,90	16,51	17,13	19,26	18,68	17,25
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0 - 20	0,60	0,47	0,47	0,46	1,91	1,85	1,59	1,64	1,82

Argilas: 1,2,3 e 4 = área de Boqueirão; Argilas: 5,6,7,8 e 9 = área de Mamanguape.

Com relação aos constituintes menores, basicamente formados por metais pesados, os teores encontrados em BQ foram os menores variando entre 2,38 a 1,61 %, situação diferentes em MM que tiveram teores maiores vaiando entre 3,29 a 2,89 %. Os Maiores te SiO<sub>2</sub> encontrados na atividade de agricultura do Município de Mamanguape. O oposto se observou para o Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> onde os maiores teores foram observados na atividade de agricultura do Município de Boqueirão, o que indica que as diversas atividades de manejo da agricultura modificam as propriedades químicas e mineralógicas dos solos.

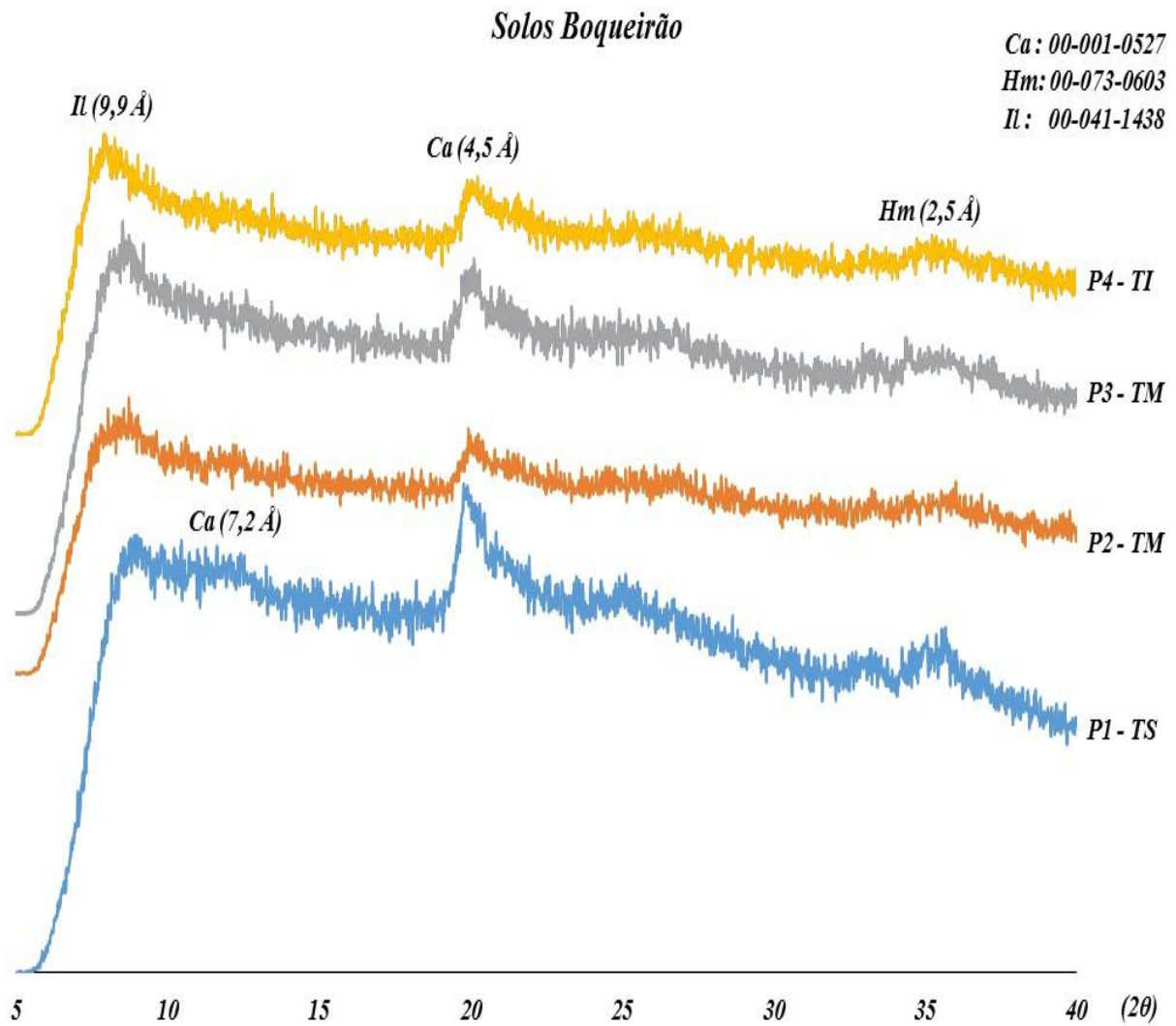
Tabela 4–Principais fases mineralógicas encontradas na fração argila.

<b>Posições</b>	<b>Prof.</b>	<b>Minerais</b>
Terço Superior BQ	0 – 20 <i>cm</i>	Caulinita, Ilíta, Hematita
Terço Médio BQ	0 – 20 <i>cm</i>	
Terço Médio BQ	0 – 20 <i>cm</i>	
Terço Inferior BQ	0 – 20 <i>cm</i>	
Terço Superior MM	0 – 20 <i>cm</i>	Caulinita e Goetita
Terço Superior MM	0 – 20 <i>cm</i>	
Terço Médio MM	0 – 20 <i>cm</i>	
Terço Médio MM	0 – 20 <i>cm</i>	
Terço Inferior MM	0 – 20 <i>cm</i>	

BQ: Boqueirão; MM: Mamanguape.

Observou-se que os solos de BQ são constituídos basicamente de Caulinita, Ilíta, Hematita, estes estão condizentes observados na fluorescência de Raios-x. Nos solos de MM são constituídos basicamente Caulinita e Goetita, tendo estes solos, de forma evidente, menor quantidade de argila na sua constituição, também corroborada pelas análises físicas deste solo na tabela 3.

### 5.9. Difração de Raio-X (DRX)

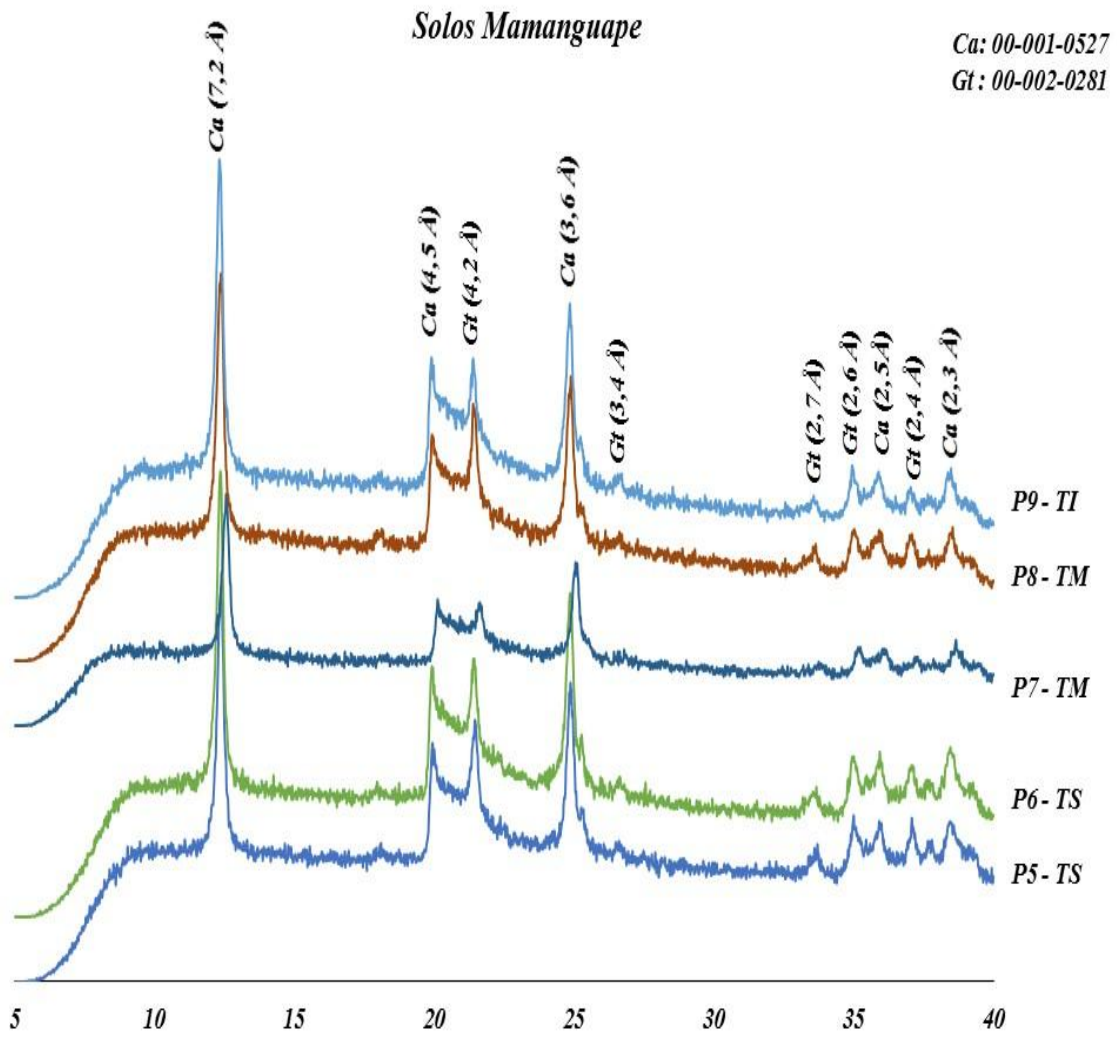


**Figura 8.** Difratoograma da fração argila nas glebas 1 a 4 em Boqueirão – PB.

Pelo difratograma apresentado na figura 4, observou-se que a fração argila das glebas de 1 a 4 em BQ são constituídos basicamente de Caulinita (Ca), Hematita (Hm) e Ilita (Il), tendo teores mais elevados para a Caulinita. Comprovando se tratar de um solo com maiores teores de argila, sendo autenticados pelo dados obtidos na análise de FRX. A caulinita pode ser considerada um dos argilominerais de mais ampla ocorrência em solos, sobretudo naqueles de domínio tropical (Resende et al.,2005).

Pode-se observar, que a Caulinita (Ca) no TS, teve uma maior intensidade em relação aos demais terçosna glebas de BQ, evidenciandouma quantidade maior de argilas no TS, estando relacionado também ao seu relevo plano, assim, auxiliando na predominância deste argilomineral nesta gleba.A Hematita (Hm), faz parte do óxido de ferro encontrado no solo de BQ, comprovado a partir de sua cor vermelha, característica deste tipo de óxido. Os óxidos de ferro pedogenéticos refletem as condições pedoambientais (temperatura, umidade, pH, Eh etc.) sob as quais são formados (SCHWERTMANN et al., 1989).

O solo de BQ apresentou argila Ilita (Il), de alta atividade no TI, que estando no período seco, ficam com fendilhamento nos agregados deste solo, e após um período mais de chuva, podem chegar a encharcar. Além deste aspecto, os solos são rasos tornando o seu manejo com culturas agrícolas bastante difíceis, daí ser mais bem aproveitado com a exploração pecuária (Brasil, 1972).



**Figura 9.** Difratoograma da fração argila nas glebas 5 a 9 em MM – PB.

Pelo difratograma apresentado na figura 5, observou-se que a fração argila das glebas de 5 a 9 em MM são constituídos basicamente de Caulinita (Ca) e Goethita (Gt), tendo teores mais elevados para a Caulinita. Comprovando se tratar de um solo com maiores teores de argila, sendo autenticados pelo dados obtidos na análise de FRX. Tendo a Caulinita (Ca), maior ocorrência no solo, principalmente, em solos tropicais.

A Goethita (Gt), faz parte do óxido de ferro encontrado no solo de MM, comprovado a partir de sua cor amarelada ou de tons claros., característica deste tipo de óxido. Os óxidos de ferro pedogenéticos refletem as condições pedoambientais (temperatura, umidade, pH, Eh etc.) sob as quais são formados (SCHWERTMANN et al., 1989).

## 6. CONCLUSÕES

Diante do conteúdo exposto neste trabalho, permitem concluir que:

Todos os parâmetros analisados apontam para uma situação já conhecida na literatura em termos de dados analíticos sobre estes dois ambientes, os solos estudados em BQ (Luvisolos e Neossolos) são menos desenvolvidos e preservam características ainda relacionadas à rocha, refletindo numa fertilidade do solo mais alta, sem necessidade de corretivos e adubações, contudo apresenta maior susceptibilidade a erosão pelo seu menor desenvolvimento físico;

Em contrapartida, Mamanguape revelou solos mais intemperizados tipo Latossolo e Argissolo, ácidos e de fertilidade natural baixa. Aqui os fatores de formação do solo favoreceram o desenvolvimento físico do solo em detrimento do desenvolvimento químico, havendo neste caso necessidade de corretivos e adubações de acordo com a cultura implantada;

As análises da curva características de retenção, revelou que os solos mais argilosos BQ retém mais água, por ter textura mais argilosa, sendo disponibilizada para as plantas, na forma de solução do solo, ajudando a diminuir o tempo irrigado, otimizando seu uso;

A utilização de técnicas espectroscópicas FRX e DRX, foram capazes de mostrar a praticidade em análises, fazendo com que se identifique e reduza o tempo para o diagnóstico de problemas relacionados a fertilidade destes solos, além de fornecer informações para que seja usado métodos de manejo adequados frente ao conhecimentos das propriedades químicas e mineralógicas destes solos.

## 7.REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, C. H. et al. Métodos analíticos utilizados em química do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.) Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG: SBCS, 2009. v.2. cap. 21. p. 529-694.

ALBERS, A.P.F.; MELCHIADES, F.G.; MACHADO, R.; BALDO, J.B. & BOSCHI, A.O. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X. **Cerâmica**, 48:34-37, 2002.

ALBERS, A.P.F.; MELCHIADES, F.G.; MACHADO, R.; BALDO, J.B. & BOSCHI, A.O. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X. **Cerâmica**, 48:34-37, 2002.

BRASILEIRO, S. R. **Um olhar geográfico sobre algumas práticas de desenvolvimento no Semi-Árido Nordestino**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 25, n. 3, set-dez 2008.

BRIGHENTI, I.; ALMEIDA, J.A. DE; & HOFER, A. Mineralogia e Gênese de Argissolos das Serras do Tabuleiro/Itajaí, Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vol.36, n.4, pp.1057-1072, 2012. ISSN 0100-0683.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fert. Soils*, 19:269-279, 1995.

CAMARGO, L. A. et al. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de um Latossolo sob diferentes formas do relevo. II- Correlação espacial entre mineralogia e agregados. *R. Bras. Ci. Solo*, v.32, p.2279-2288, 2009.

CARNEIRO, A. E. V.; NASCIMENTO FILHO, V. F. Análise quantitativa de amostras geológicas utilizando a técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia. *Scientia Agrícola*, v. 53, n. 1, Piracicaba, jan./abr. 1996.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos Físicos, Químicos e Biológicos de Solo de Cerrado Sob Diferentes Sistemas de Uso e Manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 147-157, 2009.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z. M. de & PEREIRA, G. T.; Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1329-1339, 2007.

CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. De C. Solos Agrícolas. 1 ed. Campina Grande: EDUFCEG, 2006. 178p.

COSTA, J.B. Caracterização e constituição do solo. 2. ed. Lisboa, Fundação CalousteGulbenkian, 1979. 527p.

COSTA, M. J.; ROSA JÚNIOR, E. J.; ROSA, Y. B. C. J.; DE SOUZA, L. C. F.; ROSA, C. B. J. Atributos químicos e físicos de um latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. *ActaScientiarum. Agronomy*, v. 29, n. 5, p. 701-708, 2007.

DAM, R. F.; MEHDI, B. B.; BURGESS, M. S. E.; MADRAMOOTOO, C. A.; MEHUYS, G. R.; CALLUM, I. R. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. *SoilandTillageResearch*, v. 84, n. 1, p. 41-53, 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 2. Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA SOLOS, Manual de métodos de análise de solo 2.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, centro Nacional de Pesquisa de solos, 1997.

ESTEVE, V.; OCHANDO, L.E.; REVENTÓS, M.M.; PERIS, G. & AMIGÓ, J.M. Quantitative phase analysis of mixtures of three components using rietveld and RiusStandardless Methods. *Comparative results. Cryst. Res. Technol.*, 35:1183-1192, 2000.

FABRIS, J. D. et al. Métodos físicos de análises em mineralogia do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.) *Química e mineralogia do solo*. Viçosa, MG: SBCS, 2009. v.1. cap. 10. p. 611- 695.

FEIDEN, A. **Conceitos e Princípios para o Manejo Ecológico do Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2001. (Embrapa Agrobiologia, Documento 140)

FERRARESI, T. M.; SILVA, W. T. L.; MARTIN NETO, L.; SILVEIRA, P. M.; MADARI, B. E. Espectroscopia de Infravermelho na Determinação da Textura do Solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:1769-1777, 2012.

FERREIRA, M. M. FERNANDES, B. CURI, N. Mineralogia da Fração Argila e Estrutura de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:507-514, 1999.

FERREIRA, P. H. M. Erosão. In: **Princípios de manejo e de conservação do solo**. São Paulo: Nobel, 1979. p. 57-70.

FURIAN, S.; BARBIERO, L.; BOULET, R.; CURMI, P.; GRIMALDI, M.; GRIMALDI, C. Distribution and dynamics of gibbsite and kaolinite in an oxisol of Serra do Mar, southeastern Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 106, n. 1-2, p. 83-100, 2002.

GIAROLA, N. F. B.; LIMA, H. V.; ROMERO, R. E.; BRINATTI, A. M.; SILVA, A. P. Mineralogia e Cristalografia da Fração Argila de Horizontes Coesos de Solos nos Tabuleiros Costeiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:33-40, 2009.

GOMES, J. B. V.; CURI, N.; MOTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28 p.137-153, 2004.

GONÇALVES, D. Caracterização mineralógica por difração de raios X e o método de Rietveld da fração argila de um Latossolo Vermelho distrófico em três manejos diferentes. 2008, 176 f. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa (PR), 2008.

GONÇALVES, D.; LEITE, C.W.; BRINATTI, M.A.; SAAB, C.S.; IAROSZ, C.K.; MASCARENHAS, P.Y.; CARNEIRO, B.I.P.; ROSA, A.J. Mineralogia de um latossolo vermelho distrófico submetido a diferentes manejos por 24 anos (1). *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2647-2652, 2008.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, “Produção Agrícola Municipal”, 2013. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em, 22 de Jul. de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2º ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p.

JENKINS, R. *et alii* - Quantitative X-ray Spectrometry. Marcel Dekker, Nova Iorque, 1981, 588 pag.

JENKINS, R. X-ray fluorescence spectrometry. 2 ed. New York: JOHN WILEY & SONS, INC. 1999. 207 p.

KLEIN, V. A. Física do Solo. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212p.

LACERDA, M. P. C.; ANDRADE, H.; QUÉMÉNEUR, J. J. G. Transformações mineralógicas ao longo de perfis de alteração pedogenética na região de lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:799-809, 2001.

LACERDA, N. B.; ZERO, V. M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. *Engenharia Agrícola*. v.25, p.686-695, 2005.

LIMA, J. G. da C.; SCHULZE, S. M. B. B.; RIBEIRO, M. R., BARRETO, S. de B., Mineralogia de um Argissolo Vermelho-Amarelo da zona úmida costeira do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.2, p. 881-892, 2008.

LINDSAY, W. *Chemical equilibria in soils*. New York: John Wiley & Sons. 1979. 449 p.

LIRA, E. C. Técnicas espectroscópicas de caracterização química e mineralógica de solos de uma microbacia hidrográfica sob diferentes sistemas de uso. Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, 2013. 93p. (Dissertação de Mestrado)

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. 1 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174p.

MARTINS, M. V.; PASSOS, E.; CARVALHO, M.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Correlação linear e espacial entre a produtividade do feijoeiro e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 31, n. 1, 147-154, 2009.

MELO, V. F. et al. Mineralogia e formas de potássio e magnésio em diferentes classes de pesos e tamanhos da fração areia de solos do triângulo mineiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 219-231, 2004.

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos. & PEREIRA NETO, J. V. **Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional**. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 26.; Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 9.; Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 7.; Reunião Brasileira de Biologia do Solo, 4.; 2002. Rio de Janeiro. FERTBIO 2002: Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado. Rio de Janeiro: [ s.n.], 2002.

MORI, P.; REEVES, S.; CORREIA, C.T. & HAUKKA, M. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, Sao Paulo University. **R. Bras. Geoci.** 29:441-446, 1999.

MORI, P.; REEVES, S.; CORREIA, C.T. & HAUKKA, M. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, Sao Paulo University. **Revista Brasileira Geociência** 29:441-446, 1999.

MOTA, J. C. A.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; AMARO FILHO, J. et al. Atributos mineralógicos de três solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi – RN. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 31, p. 445-454, 2007.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n.11, p. 1409-1418, 2001.

PEIXOTO, M. de F. da S. P. Atributos físicos, químicos e biológicos como indicadores da qualidade do solo (Apostila). Bahia, 2008. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.

PRESS, F. et al. Para entender a Terra. Tradução de Rualdo Menegat. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2008.

RESENDE, M.; CURI, N.; LANI, J. L. Tropical soils: implications on sustainable development. In: SCIENCE for sustainable development in Latin America and the Caribbean. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1999.

SANTOS, A. C. dos.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Variabilidade espacial da fertilidade do solo sob vegetação nativa e uso agropecuário: estudo de caso na microbacia Vaca Brava – PB. **Revista Brasileira de Cartografia** N° 62/02, 2010. (ISSN 0560-4613).

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5. ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SCHIAVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M.; DIAS NETO, A. H.; FONTANA, A. Caracterização e Classificação de Solos Desenvolvidos de Arenitos da Formação Aquidauana – MS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:881-889, 2010.

SERRAT, B. M.; LIMA, M. R.; GARCIAS, C. E.; FANTIN, E. R.; CARNIERI, I. M. R. S. A.; PINTO, L. S. Conhecendo o solo. Curitiba: UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2002. 27p.

THIMÓTEO, C. M. S.; BENINNI, E. R. Y.; MURATA, I. N.; TAVARES FILHO, J. Alterações da porosidade e da densidade de um latossolo vermelho distrófico em dois sistemas de manejo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 23, p. 1299-1303, 2001.

VAZ JR, S. **Análise Química Instrumental e sua Aplicação em Controle de Qualidade de Biocombustíveis**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, Dez 2010. 16 p. (Embrapa

Agroenergia. Circular Técnica, 03). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/872917/1/CIT03.pdf>>. Acesso em: 20 de Agos. 2016.

WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M. DA.; CHERUBIN, M. R.; E RIGON, J. P. G. Caracterização dos Níveis de Elementos Químicos em Solo, Submetido a Diferentes Sistemas de Uso e Manejo, Utilizando Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF). **Química Nova**, v. 33, No. 7, p. 1449-1452, 2010.

WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M. DA.; CHERUBIN, M. R.; E RIGON, J. P. G. Caracterização dos Níveis de Elementos Químicos em Solo, Submetido a Diferentes Sistemas de Uso e Manejo, Utilizando Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF). **Química Nova**, Vol. 33, No. 7, 1449-1452, 2010.

WEIDLER, P.G.; LUSTER, J.; SCHNEIDER, J.; STICHER, H. & GEHRING, A.U. The Rietveld Method applied to the quantitative mineralogical and chemical analysis of a Ferralitic soil. **European Journal of Soil Science**, 49:95-105, 1998.

ZANARDO, A.; MARQUES JÚNIOR, J. Conceitos Básicos em Mineralogia. In. MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.) *Química e Mineralogia do Solo: Parte I - Conceitos Básicos*. Viçosa, MG: SBCS, 2009. cap 2. p. 73-150.