



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

POLLYANA MONA SOARES DIAS

**LEVANTAMENTO DE SOLOS E CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO
DAS TERRAS NO PROJETO DE ASSENTAMENTO MOACIR LUCENA, APODI-
RN**

Mossoró-RN

2018

POLLYANA MONA SOARES DIAS

**LEVANTAMENTO DE SOLOS E CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO
DAS TERRAS NO PROJETO DE ASSENTAMENTO MOACIR LUCENA, APODI-
RN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da UFERSA, como parte das exigências do Programa para obtenção do título de Doutorado em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água no Ambiente Agrícola

Orientadora: Prof^a Dr^a Jeane Cruz Portela – UFERSA

Mossoró - RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D5411 Dias, Pollyana Mona Soares.
Levantamento de solos e classificação da capacidade de uso das terras no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN / Pollyana Mona Soares Dias. - 2018.
104 f. : il.

Orientadora: Jeane Cruz Portela.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em --
Selecione um Curso ou Programa--, 2018.

1. Caatinga. 2. Chapada do Apodi. 3. Manejo do solo. 4. Conservação do solo. 5. Aptidão agrícola.
I. Portela, Jeane Cruz, orient. II. Título.

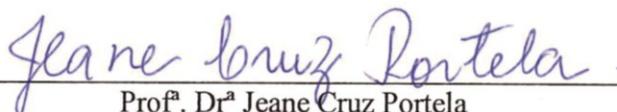
O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

POLLYANA MONA SOARES DIAS

**LEVANTAMENTO DE SOLOS E CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO
DAS TERRAS NO PROJETO DE ASSENTAMENTO MOACIR LUCENA, APODI-
RN.**

Defendido em: 26/11/2018

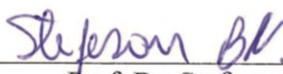
BANCA EXAMMINADORA



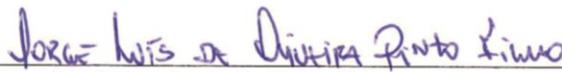
Prof.^a Dr.^a Jeane Cruz Portela
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Orientadora



Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista
Universidade Federal Rural do Semi-Árido



Prof. Dr. Stefeson Bezerra de Melo
Universidade Federal Rural do Semi-Árido



Prof. Dr. Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho
Universidade Federal Rural do Semi-Árido



Prof.^a Dr.^a Anne Katherine de Holanda Bezerra Rosado
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

À meus avós José Soares de Macêdo, Maria do Carmo Guerra Soares, Altivo Dias de Paiva (in memorian), Francisca Jacinta Veras de Paiva (in memorian) e a minha bisavó Rosa Guerra (in memorian) e, em especial a José Doriedson Soares Guerra (in memorian) pelo amor, carinho e apoio.

DEDICO

À minha mãe, Maria Dulcineide Soares Guerra
Dias por todo amor, apoio, incentivo e paciência
durante toda minha formação profissional e nas
dificuldades.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, acima de tudo, por ter me contemplado em cursar uma faculdade e me dar forças em todos os momentos difíceis e pela oportunidade de dar continuidade nos estudos e enriquecer-me profissionalmente e buscar ser a cada dia um ser humano melhor.

Aos meus familiares, pelo apoio constante, principalmente meus primos Gutto Ealyson de Medeiros Dias, Elaine Cristine Alves Soares Nobre, Danillo Glaydson Farias Guerra, Geórgia Karla de Medeiros Alves, as minhas tias Joana D'arc Dias de Medeiros, Margareth Déborah Dias, Laudicéa Veras, Márcia Dias, Maria Danielly Guerra Soares e aos meus tios, em especial José Doriedson Soares Guerra, que enquanto vivo era um grande incentivador dos meus projetos.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), ao Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água e todo corpo docentes pela oportunidade e ensinamentos recebidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela cooperação financeira, com a qual me disponibilizou a permanência no programa de Pós Graduação.

À professora Dra. Jeane Cruz Portela pela orientação, dedicação, paciência e oportunidade de aprendizagem. És digna de admiração.

Aos assentados do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN, pela atenção, ajuda e acolhimento durante o período da pesquisa, em especial ao senhor Irapuan Ângelo Gurgel Gomes e sua família pela atenção, envolvimento e confiança.

Aos colegas, com os quais passei por momentos maravilhosos e que deixarão lembranças boas, dentre ele, Márcio Bezerra, Manoel Simões, Vanies de Sá, Jorge Queiroz, em especial Joseane Dunga da Costa, Thaís Cristina de Souza Lopes, Phâmella Kalliny Pereira Farias, Joaquim Emanuel Fernandes Gondim, Jonatan Levi Ferreira de Medeiros, Antonio Carlos da

Silva, Tarcísio José de Oliveira Filho e Francisco Wellington Andrade Silva pelo companheirismo nas atividades diárias.

À Anne Katherine de Holanda Bezerra Rosado pelo companheirismo e carinho de sempre e, principalmente pela amizade. Deus me presenteou com sua irmandade.

As amigas e amigos de sempre, que distantes ou perto, se fazem presente em minha vida, em qualquer forma, em especial, Dallyene Catarina Dantas, Maria de Lourdes de Sena e Fernanda Ravenna Lopes de Oliveira que fazem parte de minha vida desde a infância e, Aldo Kayo Felinto Costa, que Deus me presenteou com sua amizade e admiração, com os quais já passei por muitos momentos, eles são popularmente falando “pau pra toda obra”. Agradeço pela amizade, pelas alegrias, brigas e farras, pela cumplicidade, enfim, pelo sentimento de irmandade que sinto por vocês.

As amizades que conquistei ou que me reaproximei nesses últimos anos e que demonstram ser duradoura, Kaiser Sousa, Romine Viana, Carlos Uchôa, Higo Lima, Wilma Emanuela, Uillma Laurentino, Viviane Fernandes, Fábria Linhares.

E por fim, as pessoas e familiares que passaram ou estão presentes em minha vida, mas que não foram citados nesses agradecimentos. O espaço é pouco e os nomes são muitos, sintam-se agradecidos.

RESUMO

O solo é um dos principais recursos naturais usados nas práticas agrícolas, no entanto, o processo aplicado na sua utilização, pode torná-lo esgotável, sendo necessário determinar o uso e manejo do solo adequado, que só pode ser conseguido por meio do conhecimento dos diversos atributos envolvidos, realizando mediante um levantamento do meio físico. Sendo assim, o presente estudo propôs fazer o levantamento dos solos no Projeto de Assentamento Moacir Lucena no município de Apodi, com sua caracterização morfológica, físico-química juntamente com a classificação da capacidade de uso da terra em comparação com o uso atual. O Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN encontra-se na Chapada do Apodi e foi subdividido em sete áreas representativas para o estudo: Perfil 1 (Área do IBAMA em Recuperação), Perfil 2 (Área da Lagoa), Perfil 3 (Área de Preservação Permanente ou Área do IBAMA), Perfil 4 (Área de Manejo Agroecológico), Perfil 5 (Área Coletiva de Plantio), Perfil 6 (Área Coletiva de Cajueiro) e Perfil 7 (Área Coletiva de Cajueiro 2). Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solos nas respectivas áreas, nos horizontes dos supracitados perfis e realizadas análises físicas (granulometria, argila dispersa em água, relação silte/argila, densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, grau de flocculação), análises químicas (pH, condutividade elétrica, carbono orgânico total, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , P, Al^{3+} , soma de bases, capacidade de troca de cátions, percentagem de saturação por bases, saturação por alumínio, percentagem de sódio total), teste de infiltração com infiltrômetro de anéis, resistência mecânica do solo à penetração e classificação da capacidade de uso da terra. Os resultados foram analisados submetendo-os a técnicas de estatística multivariada, por meio da matriz de correlação, análise de agrupamento e a análise fatorial com extração dos fatores em componentes principais. Os solos foram classificados da seguinte maneira: Perfil 1 (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico); Perfil 2 (CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico); Perfil 3 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico); Perfil 4 (ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico); Perfil 5 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico); Perfil 6 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico) e Perfil 7 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico). De modo geral, os solos são pouco intemperizados, com limitações físicas referentes a profundidade efetiva e resistência mecânica do solo à penetração. A velocidade de infiltração básica calculada variou de média para o Argissolo (Perfil 4), alta para Latossolo (Perfil 1), muito alta para os demais perfis (Camissolos (Perfil 2), Cambissolo (Perfil 5), Latossolo (Perfis 7, 3 e 6)). Ocorreu variação quanto a resistência mecânica do solo à penetração, entre 1332 a 6769 kPa, e sua classificação de baixa a muito alta, mostrando variabilidade para as diferentes profundidades, classes e usos do solo. O assentamento apresenta intensidade de uso considerada abaixo da capacidade, a área em recuperação pertence ao Grupo B, terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para reflorestamento e vida silvestre e, Classe VI, terras adaptadas no caso do assentamento, área de reflorestamento para preservação, com problemas simples de conservação e cultiváveis apenas em casos especiais de culturas permanentes protetoras do solo, a área da lagoa pertence ao Grupo C, são as terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água, principalmente no período chuvoso e, Classe VIII, impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, que podem servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água, a área de uso coletivo e áreas de cajueiros pertencem ao Grupo A, com terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre e

Classe II, terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos. No entanto, por área de preservação permanente, as áreas do IBAMA, da lagoa e preservação permanente em recuperação não podem ser exploradas economicamente.

Palavras-chaves: Caatinga, Chapada do Apodi; Manejo do solo; Conservação do solo; Aptidão agrícola.

ABSTRACT

Soil is one of the main natural resources used on agricultural practices; however, the process on its exploration may make it drainable, which requires determining the correct usage and management of this soil that can only be found by understanding of various attributes involved, through a physical survey. Thus, this study proposes to make a soil survey on Moacir Lucena Settlement Project in Apodi city, with its morphological and physicochemical characterization, along with the capacity classification of land use comparing to the current use. The Moacir Lucena Settlement Project is situated in Chapada do Apodi, RN, and it was subdivided in seven representative areas for this study: Profile 1 (IBAMA recovering area), Profile 2 (Pond area), Profile 3 (Permanent preservation area or IBAMA area), Profile 4 (Agroecological management area), Profile 5 (Collective planting area), Profile 6 (Cashew tree collective area) and Profile 7 (Cashew tree collective area 2). Deformed and non-deformed soil samples were collected on the horizon of those profiles and were made physical analysis (granulometry, clay dispersed in water, silt/clay ratio, soil density, particle density, total porosity, flocculation degree), chemical analysis (pH, electrical conductivity, total organic carbon, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+} , P, Al^{3+} , sum of bases, cation exchange capacity, bases saturation percentage, saturation by aluminum, total sodium percentage), infiltration test with ring infiltrometer, soil mechanical resistance to penetration and classification of land use capacity. The results were analyzed by submitting them to the multivariate statistical techniques, by means of correlation matrix, cluster analysis and factor analysis with the factor extraction in the main components. The soils were classified as follows: Profile 1 (RED-YELLOW LATOSOL Argisolic Eutrophic); Profile 2 (HAPLIC CAMBISOL Typical carbonate); Profile 3 (YELLOW LATOSOL Argisolic Eutrophic); Profile 4 (YELLOW ARGISOL Typical Eutrophic); Profile 5 (HAPLIC CAMBISOL Tb Typical Eutrophic); Profile 6 (YELLOW LATOSOL Argisolic Eutrophic) and Profile 7 (YELLOW LATOSOL Argisolic Eutrophic). In general, the soils are poorly weathered, with physical limits regarding the effective depth and soil mechanic resistance to penetration. The Basic Infiltration Rate calculated has varied as medium to the Argisol (Profile 4), high to Latosol (Profile 1), very high to the other profiles (Cambisol (Profile 2), Cambisol (Profile 5), Latosol (Profiles 7, 3 and 6)). A variation has occurred on the soil mechanical resistance to penetration, between 1332 and 6769 kPa, and its classification from low to very high, showing variability to different depths, soil classes and use. The settlement presents use intensity considered as under capacity, the area in recovering belongs to the Group B, improper lands for intense cultivation, but yet adapted to reforestation and wildlife, and Class VI, adapted lands in the settlement, reforestation area for preservation with simple problems of conservation and only cultivable in special cases of permanent protective cultures of soil, the Pond area in Group C, which are not suitable lands for annual cultivation, perennial, pasture and reforestation, however they are suitable for fauna and flora protection, recreation or water storage, mainly in rainy season, and Class VIII, are not suitable for culture, pasture or reforestation, that can be used only as shelter and fauna and flora protection, as a recreation environment or water storage purpose, the collective use area and cashew tree areas belonging to Group A, with can be used for annual cultures, perennial, pasture, and/or reforestation and wildlife, and Class II, cultivable lands, with simple problems of conservation and/or improvement maintenance. However, as Permanent Preservation Area, IBAMA areas, Pond area and Permanent Preservation in recovering cannot be economically explored.

Keywords: Caatinga, Chapada do Apodi; Soil management; Soil conservation; Agricultural aptitude.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa da formação geológica da Chapada do Apodi, RN.....	6
Figura 2 -	Sub regiões do município de Apodi, RN.....	8
Figura 3 -	Mapa da região Nordeste do Brasil co destaque para o município de Apodi e o Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN.....	16
Figura 4 -	Mapa do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	17
Figura 5 -	Infiltrômetro de anéis sendo fixado (A) e durante o teste de infiltração de água (B)	25
Figura 6 -	Capacidade de uso da terra.....	29
Figura 7 -	A - Perfil 1 (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico), B e C – Aspectos da paisagem o mesmo período.....	31
Figura 8 -	A - Perfil 2 (CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico), B e C - Aspectos da paisagem.....	33
Figura 9 -	A – Perfil 3 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico), B e C - Aspectos da paisagem.....	34
Figura 10 -	A - Perfil 4 (ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico), B e C - Aspectos da paisagem.....	36
Figura 11 -	A - Perfil 5 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico), B e C - Aspectos da paisagem.....	37
Figura 12 -	A Perfil 6 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico), B e C - Aspectos da paisagem.....	38
Figura 13 -	A – Perfil 7 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico), B e C - Aspectos da paisagem.....	41
Figura 14 -	Mapa das classes de solo do PA Moacir Lucena, Apodi-RN.....	42
Figura 15 -	Dendrograma vertical da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.....	54
Figura 16 -	Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre fatores 1 e 2 (B)	56
Figura 17 -	Dendrograma vertical da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simple.....	64
Figura 18 -	Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A) e	

	distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre fatores 1 e 2 (B)	66
Figura 19 -	Dendrograma vertical da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.....	76
Figura 20 -	Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A e C) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre fatores 1 e 2 (B) e 1 e 3 (D)	78
Figura 21 -	Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Cambissolo Háplico – Cultivos de ciclo curto (sorgo) com preparo intensivo)	83
Figura 22 -	Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Argissolo Amarelo – Área de Manejo Agroecológico)	84
Figura 23 -	Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Cambossolo Háplico – Área da Lagoa) ...	85
Figura 24 -	Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Latosolo Vermelho-amarelo – Área em Recuperação)	85
Figura 25 -	Dendrogramas verticais da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples; A - Atributos e B - Perfis de solo.....	87
Figura 26 -	Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre fatores 1 e 2 (B)	88
Figura 27 -	Mapa de classificação da capacidade de uso da terra no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Infiltração acumulada em função do tempo para todas as áreas estudadas.....	68
Gráfico 2 -	Velocidade de infiltração da água no solo em função do tempo em todas as áreas estudadas.....	70
Gráfico 3 -	Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área de APP em recuperação (Perfil 1)	71
Gráfico 4 -	Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área da Lagoa (Perfil 2)	71
Gráfico 5 -	Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área de APP (Perfil 3)	72
Gráfico 6 -	Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área Agroecológica (Perfil 4) .	72
Gráfico 7 -	Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área Coletiva (Perfil 5)	73
Gráfico 8 -	Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área do Cajueiro (Perfil 6)	74
Gráfico 9 -	Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área do Cajueiro 2 (Perfil 7) ...	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação do solo a partir de sua VIB segundo Bernardo et al., (2006)	26
Tabela 2 -	Crerios utilizados para a avaliaçao do mapa de RMSR das areas do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, municio de Apodi, RN.....	27
Tabela 3 -	Descriçao morfologica e classificaçao do solo dos perfis 1 e 2 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	35
Tabela 4 -	Descriçao morfologica e classificaçao do solo dos perfis 3, 4 e 5 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN	40
Tabela 5 -	Descriçao morfologica e classificaçao do solo dos perfis 6 e 7 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	43
Tabela 6 -	Porcentagem de area que cada classe de solo ocupa no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN.....	44
Tabela 7 -	Granulometria, argila dispersa em agua (ADA), relaçao silte/argila, grau de floculaçao (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partcula (Dp), porosidade total (PT) e classificaçao textural nos perfis 1, 2 e 3 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	50
Tabela 8 -	Granulometria, argila dispersa em agua (ADA), relaçao silte/argila, grau de floculaçao (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partcula (Dp), porosidade total (PT) e classificaçao textural nos perfis 4 e 5 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	51
Tabela 9 -	Granulometria, argila dispersa em agua (ADA), relaçao silte/argila, grau de floculaçao (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partcula (Dp), porosidade total (PT) e classificaçao textural nos perfis 6 e 7 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	52
Tabela 10 -	Matriz de correlaçao entre as variaveis dos atributos fisicos do solo nas areas em estudo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN	53
Tabela 11 -	Cargas fatoriais dos atributos fisicos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variancias totais observadas e acumuladas.....	55
Tabela 12 -	Valores das analises quimicas dos solos avaliados dos perfis 1, 2 e 3 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	59

Tabela 13 -	Valores das análises químicas dos solos avaliados dos perfis 4 e 5 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	60
Tabela 14 -	Valores das análises químicas dos solos avaliados dos perfis 6 e 7 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.....	61
Tabela 15 -	Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos químicos do solo nas áreas em estudo, no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	62
Tabela 16 -	Cargas fatoriais dos atributos químicos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumuladas.....	65
Tabela 17 -	Valores estimados de infiltração acumulada em função de tempo (cm/min)	68
Tabela 18 -	Valores estimados de velocidade de infiltração de água no solo em função de tempo (cm/min)	69
Tabela 19 -	Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos do solo nas áreas em estudo, no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN	75
Tabela 20 -	Cargas fatoriais dos atributos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumuladas.....	77
Tabela 21 -	Umidade gravimétrica nas áreas de estudo no P.A Moacir Lucena, Apodi-RN.....	79
Tabela 22 -	Profundidade, RMSP média e classificação de cada horizonte de solo na diferentes classes nas áreas de estudo no P.A Moacir Lucena, Apodi-RN	80
Tabela 23 -	Parâmetros da estatística descritiva para profundidade máxima e resistência mecânica do solo à penetração do P.A Moacir Lucena, Apodi-RN.....	81
Tabela 24 -	Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas da Profundidade e RMSP do P.A Moacir Lucena, Apodi-RN.....	82
Tabela 25 -	Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos do solo nas áreas em estudo, no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	86
Tabela 26 -	Cargas fatoriais dos atributos físicos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumuladas.....	90
Tabela 27 -	Classificação da área do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN quanto a capacidade de uso da terra.....	91

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	HIPÓTESES	3
3.	OBJETIVOS	4
3.1.	Gerais	4
3.2.	Específicos	4
4.	REVISÃO DE LITERATURA	5
4.1.	Formação geológica e classes de solos da Chapada do Apodi, RN	5
4.2.	Caracterização da Chapada do Apodi, RN	6
4.3.	Características físicas e químicas do solo	10
4.4.	Capacidade de uso da terra	13
5.	MATERIAL E MÉTODOS	16
5.1.	Caracterização da região de estudo	16
5.1.1	Caracterização das áreas	17
5.2.	Metodologia	19
5.2.1.	Levantamento em campo e coleta de solos	19
5.2.2.	Análises físicas do solo	20
5.2.3.	Análises químicas do solo	22
5.2.4.	Teste de infiltração de água no Solo	24
5.2.5.	Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP)	26
5.2.6.	Classificação de capacidade de uso das terras	28
5.2.7.	Análise estatística e interpretação dos resultados	30
5.2.8.	Confecção de mapas	30
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.1.	Descrição morfológica e classificação dos perfis de solo	31
6.2.	Análises físicas do solo	45
6.3.	Análises químicas do solo	57
6.4.	Teste de infiltração de água no solo	67
6.5.	Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP)	79
6.6.	Classificação de capacidade de uso das terras	90
7.	CONCLUSÕES	95
8.	REFERÊNCIAS	97

1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais recursos naturais usados nas práticas agrícolas, no entanto, o processo aplicado na sua exploração pode torná-lo esgotável, para obtenção de melhores produções e reduzir o seu desgaste e empobrecimento, torna-se necessário determinar o uso e manejo do solo adequado, que só pode ser conseguido por meio do conhecimento dos diversos atributos envolvidos, realizando mediante um levantamento do meio físico. O procedimento envolve reconhecer e avaliar as características e condições das terras, em que podem ser estabelecidas classificações, como a capacidade de uso, que somada as condições socioeconômicas, constituem as bases sobre as quais se deve assentar o planejamento do uso agrícola de áreas de interesse (LEPSCH et al., 2015).

Segundo Brady & Weil (2013), o solo para realizar funções ecológicas como, principal meio para o crescimento das plantas, regulador do abastecimento de água, modificador da atmosfera, reciclador de matérias-primas e produtos residuais, fornecedor de habitat para organismos. Necessidade de quantificação e controle da qualidade, que reflete uma combinação das propriedades físicas, químicas e biológicas, sendo algumas inerentes a um determinado tipo de solo (textura e composição mineral) e outras que podem ser alteradas com as propriedades do solo (estrutura e teor de matéria orgânica), essas propriedades por sua vez, podem indicar o grau da qualidade do solo em relação ao seu potencial produtivo e de uso.

O semiárido nordestino apresenta potencialidades e/ou limitações, de acordo com as particularidades locais, onde principalmente, o padrão climático, o relevo e o material de origem, influenciam na variabilidade quanto, a vegetação e aos atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos, características importantes para o estabelecimento de uma agricultura tropical. Estudos mais detalhados mostram variabilidade de classes de solos na região e que possuem limitações quanto ao uso de mecanização, susceptibilidade a salinidade, problemas com drenagem e profundidade efetiva, tornam a exploração variável, necessitando, portanto, de estudos localizados (Amaro filho, 1991; Morais, 1998).

No município de Apodi há um predomínio de pequenas propriedades, também chamadas de minifúndios que não ultrapassam um módulo fiscal, equivalente a 55 hectares para o município. Essas pequenas propriedades em sua maioria, apresentam-se organizadas na forma de associações, assentamentos e comunidades rurais.

Segundo IBGE (2010) o município possui uma população de 34.763 habitantes, representada por 17.531 habitantes na zona urbana e na zona rural de 17.232 habitantes, possuindo um território de 1.602,47 km². O PIB per capita no município é de R\$ 11.691,55, onde apesar do potencial produtivo da região e aproximadamente 50% da população permanecendo na zona rural, a agropecuária participa apenas com 6,18% que equivale a 28 milhões (IBGE, 2015).

O Produto Interno Bruto por Setor da Economia em 2015. No município de Apodi, RN, apresentava os seguintes valores distribuídos por cada Setor: Agropecuária – 26.143,61, com total de 6,18%; Industrial – 92.309,02, com total de 21,82%; Serviços – 272.288,76, com total de 64,35%; Impostos – 32.364,20, com total de 7,65%, totalizando no final um PIB de 423.105,59, com um PIB per capita de 11.691,55 (IBGE, 2015).

Mesmo com o potencial produtivo apresentado, em função das características do meio físico, quanto ao padrão climático, as características dos solos rasos na sua maioria e férteis, porém com limitações físicas, os quais necessitam de cuidados para sua manutenção. No entanto, são utilizados com preparo intensivo do solo, monocultivo e ausência de práticas conservacionistas de suporte, causando assim, sua degradação. Para melhor utilização dos recursos naturais, faz-se necessário o conhecimento das classes e da distribuição dos solos na paisagem. Vale ressaltar que estudos nessa linha de pesquisa são escassos na região. Diante das informações obtidas, poderá inferir quanto ao seu melhor uso e sobre as práticas conservacionistas que serão adotadas quanto as particularidades locais.

Sendo assim, o presente estudo propôs fazer o Levantamento dos Solos no Projeto de Assentamento Moacir Lucena no município de Apodi, com sua caracterização morfológica, físico-química juntamente com a classificação da capacidade de uso da terra em comparação com o uso atual.

2. HIPÓTESES

As principais hipóteses do presente estudo são:

- O uso atual da terras considerando os diferentes tipos de solo e a existência de práticas conservacionistas contribuem para a degradação do solo e do ambiente.

- O uso atual da terras sem considerar as características dos diferentes tipos de solo e a não existência de práticas conservacionistas no manejo do solo principalmente adaptadas as características da localidade reduzem a capacidade de uso das terras

- Os atributos físicos, químicos e morfológicos do solo influenciam para capacidade produtividade das terras.

3. OBJETIVOS

3.1. Gerais

Realizar o levantamento dos solos, sua caracterização morfológica, físico-química e a classificação de terras no sistema de capacidade de uso confrontando com uso atual, no Projeto de Assentamento Moacir Lucena no município de Apodi, RN.

3.2. Específicos

- Levantamento do meio físico;
- Caracterização morfológica, físico-química dos solos;
- Levantamento pedológico dos solos;
- Classificação das terras no sistema de capacidade de uso;
- Planejamento de possíveis práticas conservacionistas de suporte adaptadas as particularidades local.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Formação geológica e classes de solos da Chapada do Apodi, RN

A Chapada do Apodi está localizada entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, originária do período Cretáceo com rochas do tipo calcário sedimentar, folhelhos e argilitos, formando solos menos espessos e mais argilosos, sendo representado pelo Grupo Apodi que compreende o calcário Jandaíra e o arenito Açú. A área apresenta influência da litologia carbonática da Formação Jandaíra (Angelim et al., 2006; Ferreira, 2013; IDEMA, 2008) sobreposta a Formação Açú. Devido a sua posição geográfica, a Chapada apresenta elevado déficit hídrico resultante de altas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos (Ernesto Sobrinho, 1979).

O solo é um recurso renovável, porém, sua renovação ocorre de forma extremamente lenta. Ele é produto do intemperismo das rochas locais ou transportadas por meio de processos naturais que ocorrem pela interação de fatores ambientais e intervenção humana (Curi & Kämpf, 2012). Segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (Santos et al., 2018) existem 13 classes de solos que são: Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Espodossolo, Gleissolo, Latossolo, Luvisolo, Neossolo, Nitossolo, Organossolo, Planossolo, Plinossolo e Vertissolo.

O material de origem (rocha matriz) é o principal fator condicionante da formação dos solos é como se fosse o DNA do solo, nele estão as características intrínsecas que não são modificadas pela ação humana, como cor e textura. Além do material de origem, existem mais quatro fatores de formação do solo, o relevo, o tempo, os fatores climáticos e os organismos presentes). O relevo configura a superfície do terreno, ondulações e disposições dos solos na paisagem. O tempo, onde os solos são formados em determinado espaço de tempo e em constante alteração. Os fatores climáticos são a temperatura, precipitação pluviométrica e o vento, onde, a água no solo é o principal agente do intemperismo das rochas, transformação dos minerais, como também, essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os organismos compreendem a flora e a fauna presente nos solos (Ker et al., 2015).

Para caracterização dos solos em campo são feitos estudos do seu perfil, sendo registrado os aspectos morfológicos mais importantes, por meio dos quais podemos identificar

sua importância para uso agrícola, conservação e manejo adequado de forma a reduzir ao máximo os impactos ambientais.

De acordo com levantamento pedológico realizado, o solo com maior representatividade na Chapada do Apodi é da classe do Cambissolo (Jacomine, 1971). A Figura 1 representa o mapa de formação geológica da Chapada do Apodi, na área dos limites do estado do Ceará com o Rio Grande do Norte, onde está localizada o Projeto de Assentamento (PA) Moacir Lucena, Apodi, RN. O assentamento encontra-se localizado por completo nos calcários da Formação Jandaíra por sua vez, sobrepõe-se ao Arenito-Açu como também, próximo ao bordo da chapada, na transição para a Formação Açu no estado de Ceará, podendo influenciar no aparecimento de manchas pontuais de solo diferentes do Cambissolo.

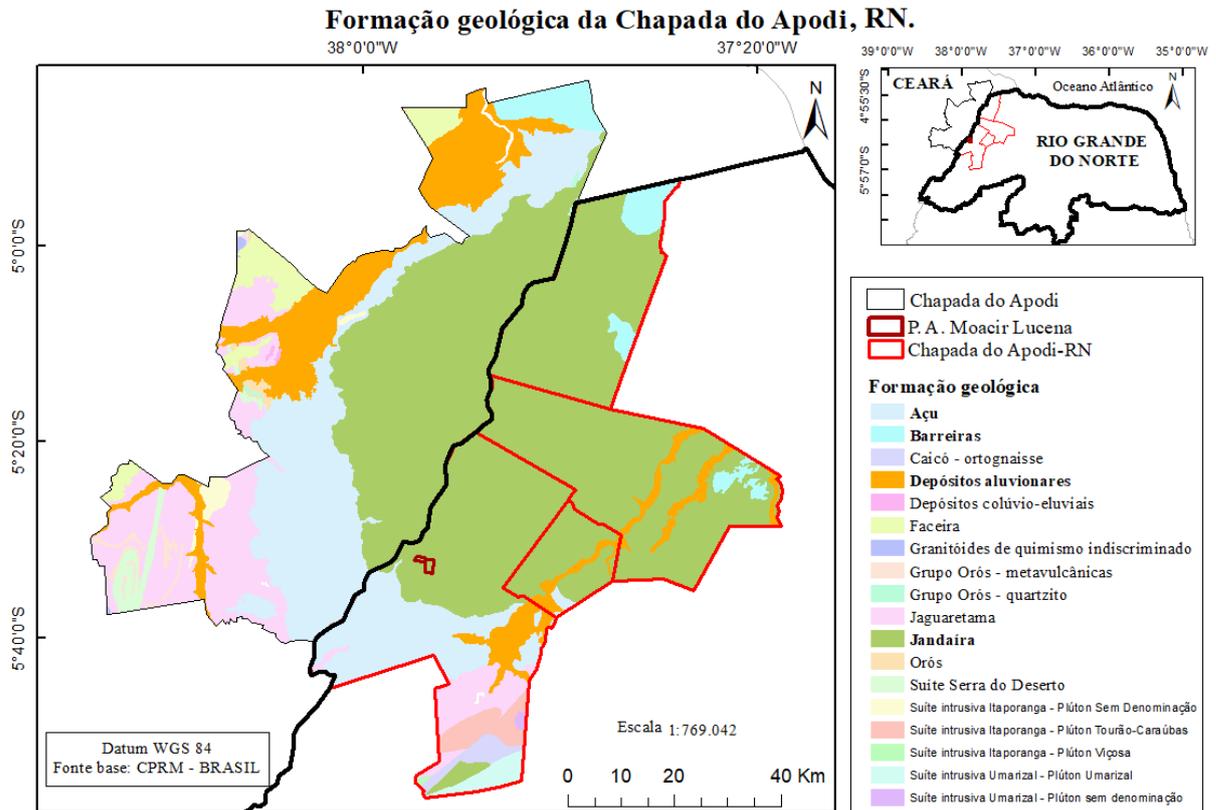


Figura 1. Mapa da formação geológica da Chapada do Apodi, RN.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

4.2. Caracterização da Chapada do Apodi e do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN

A Chapada do Apodi está inserida no bioma Caatinga, que é exclusivo do território brasileiro, correspondendo a 54% do da região nordeste, equivalendo 11% por território nacional, encontrando-se dentro do denominado Polígono das Secas e englobando os estados nordestinos de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, como também, parte ao norte do estado de Minas Gerais (Alves, 2009). Segundo Ministério do Meio Ambiente (2003), dentre os biomas do Brasil, a Caatinga, provavelmente, é o bioma brasileiro mais ameaçado e já transformado pela ação humana.

O relevo é plano com ligeiras elevações, formadas por sedimentação, sendo cortado pelos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu. A área do assentamento está inserida no semiárido nordestino, com baixa pluviosidade e que nos últimos anos está passando por um período prolongado de seca, tendo como alternativa de água, a exploração por meio de poços profundos, porém, a falta de incentivos e baixo poder aquisitivo dos assentados, torna-se uma alternativa difícil sendo utilizada apenas para uso e abastecimento da vila de casas dos assentados.

A formação vegetal característica de Apodi compreende a Caatinga Hiperxerófila caracterizada por vegetação de caráter mais seco, abundância de cactáceas e plantas de porte baixo. Destacam-se também outras espécies como a jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro. Ainda falando da vegetação local, a uma abundância em áreas de carnaubais caracterizada como uma vegetação natural cuja as espécies predominantes é a carnaúba (IDEMA, 2008).

Em levantamento fitossociológico feito na área do PA Moacir Lucena, no município de Apodi, foram identificados: *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret. (Jurema Preta), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (Pereiro), *Auxemma glazioviana* Taub.. (Pau Branco), *Croton sonderianus* Muell. Arg. (Marmeleiro), *Combretum leprosum* Mart (Mofumbo), *Caesalpineia bracteosa* Tul.. (Catingueira), *Anadenanthera colubrina* Var cebil (Angico), *Piptadenia stipulacea* Ducke (Jurema Branca), *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá), *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett (Imburana), *Astronium urundeuva* (Aroeira Preta) conforme de Freitas Pessoa et al. (2008).

A região da Chapada do Apodi possui uma extensão no sentido leste-oeste desde Ceará-Mirim, no Rio Grande do Norte, até ao oeste de Russas, no Ceará, sendo interrompida pelos vales dos rios Piranhas-Açu, Apodi-Mossoró e Jaguaribe. Constituída por uma porção calcária, está provida de uma rede subterrânea de drenagem, formada, certamente, numa era

em que a região apresentava um clima mais úmido. A precipitação pluvial apresenta uma boa infiltração, indo alimentar fontes perenes em lugares distantes (Andrade,1986).

A Chapada do Apodi é constituída por um mosaico de solos, composto de Cambissolos, Neossolos Flúvicos (solos Aluviais) e Vertissolos na planície fluvial, Neossolos Litólicos no limite entre o baixo e o médio Jaguaribe e nos rebordos e patamares a bacia Potiguar (Maia, 2005). Na parte plana ou suavemente ondulada da paisagem, há ocorrência de Argissolos Vermelho-Amarelo latossólicos, Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, e nos terços inferiores Argissolos, Plintossolos e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos (Ernesto Sobrinho, 1979).

O município de Apodi segundo a divisão regional do Rio Grande do Norte adotada pelo IBGE (2010) se encontra na Mesorregião do Oeste Potiguar e é inserido na Microrregião da Chapada do Apodi que é composta por Apodi, Caraúbas, Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado. Apodi também possui também uma divisão espacial interna do município, identificada segundo a tradição local. Está dividido em quatro áreas: Região da Chapada, Região das Pedras, Região do Vale e Região da Areia, com características geográficas diferenciadas por sua composição do solo e economia (Figura 2).



Figura 2. Sub regiões do município de Apodi, RN.

Fonte: Pacheco, 2006.

Para o presente estudo, a região do município de interesse será a da Chapada que encontra-se ao norte, sendo de grande importância econômica onde seus solos são férteis e um subsolo rico em água. Com uma área estimada de 8 mil km², sendo a única elevação de terreno existente no município, chegando a atingir 200 metros. Em forma de planalto, a chapada se estende também por vários municípios e parte do Estado do Ceará. Na Região da Chapada, concentram-se os latifúndios e os projetos de assentamentos rurais do município, onde são cultivados, caju, banana, mamão, melancia, melão, pimentão, tomate, além do milho, feijão e sorgo. Onde a perfuração de poços proporcionou a existência de vários projetos de irrigação para a produção de hortaliças e frutíferas. No entanto, da floresta original, existe na atualidade uma pequena reserva ambiental, localizada na Baixa Verde, pois na região possui sérios problemas ambientais em função da extração de madeiras para produção de carvão mineral (Pacheco, 2006).

O Projeto de Assentamento (PA) Moacir Lucena, RN surgiu da luta de agricultores da fazenda antigamente chamada de Boca da Mata. Seu nome foi dado em homenagem ao senhor Moacir Lucena que na época presidia o Sindicato Rural de Apodi e que esteve presente na luta juntamente com os trabalhadores, porém não teve oportunidade de presenciar a mudança da fazenda para área de assentamento. Por meio da portaria nº 38 de 27/05/1998, a assentamento foi reconhecido como de interesse social para fins de Reforma Agrária a 24 de maio de 1998. O PA Moacir Lucena localiza-se distante 24 km da sede do município, à esquerda da BR 405 no sentido Apodi-Mossoró, com acesso pela estrada à altura da comunidade de Soledade.

O assentamento é composto atualmente 20 (vinte) assentados e 8 (oito) agregados (as), totalizando 28 (vinte e oito) famílias com 116 pessoas. Tem uma área territorial de 549,9122 hectares de terra. A área do PA Moacir Lucena é dividida por 20 (vinte) lotes destinados as famílias e em todos os lotes existindo uma Área de Reserva Legal (RL) correspondente a 20% da área total de cada lote; área coletiva que é o espaço reservado para todos os assentados, área de preservação permanente (APP) de responsabilidade do IBAMA e vila de casas.

Ao longo do processo de organização do assentamento ocorreu a inclusão das mulheres no trabalho do campo e em atividades que geram renda para as famílias, como produção de polpa de frutas, mel, criação de galinha caipira, caprinocultura e extração racional de lenha. A produção de polpa já chegou a 4.500 kg /semana, porém, com dificuldades e burocracias com fiscalização e selos, atualmente está em 2.200 kg/semana, a

produção de mel, mesmo com o período prolongado de seca, em 2017, atingiu produção de 200 latas de mel, o feijão antes já chegou a uma média de 120 sacos/família, a castanha atingiu picos de produção em torno de 12.000 kg de castanha, mas após período de estiagem, em 2017 foi de 800 kg de castanha.

Percebendo a necessidade de envolvimento e fixação dos jovens no assentamento, construíram espaços coletivos de lazer, como a quadra esportiva, construção de escola para as crianças e buscaram conhecimento para melhorias de vida e recuperação dos solo, introduziram plantas nativas. Por meio da recuperação da vegetação e do solo, começaram a aparecer insetos e animais antes não visto, como formiga de roça, grilos, preas, tejos.

Atualmente, a região onde está localizado o assentamento, encontra-se em expansão agrícola, em que, grande parte da vegetação circunvizinha foi desmatada para cultivo em grande escala de melão (*Cucumis melo*), melancia (*Citrullus lanatus*) e algumas frutíferas, dentre elas, mamão (*Carica papaya*), banana (*Musa spp.*) e uva (*Vitis vinifera*). Essa expansão de grandes áreas de monocultivos, promoveu um início de desequilíbrio ambiental, onde foi constatado a presença de mosca doméstica (*Musca domestica*) em área de campo aberto, presença maior de macacos que estão promovendo uma redução na produção de mel, devido a pequenos furtos da produção, presença de raposas (*Vulpes vulpes*) com mais frequência, falta de cercas vivas nas áreas de limites com o assentamento, que por sua vez, prejudica a promoção de sistemas agroecológicos.

4.3. Características físicas e químicas do solo

O solo serve de reservatório de água para as plantas, onde o manejo e as práticas culturais promovem alteração da dinâmica e retenção de água. A água no solo é um dos fatores limitantes ao crescimento vegetal e, sua escassez, relacionada com a estrutura do solo, porosidade, textura, tipo e quantidade de argila e o teor de matéria orgânica, tem causado preocupação com o volume de água disponível no solo, como também, a falta de estudos que relacionem a infiltração da água com outros atributos do solo, principalmente na região semiárida. A interação entre esses fatores é bastante complexa e muito difícil de ser prevista.

Nesse contexto, o estudo da distribuição do diâmetro dos poros do solo é muito importante. Infiltração corresponde ao processo no qual a água penetra no solo, através de sua superfície. A infiltração de água no solo é influenciada por diversos fatores como características da precipitação pluvial (intensidade, volume e tamanho das gotas), condições

físicas do solo (textura, porosidade, densidade, profundidade, umidade, declividade, entre outros) como também a ação antrópica por meio dos usos e manejos do solo (Mancuso et al., 2014; Santos e Pereira, 2013).

Segundo Bernardo et al. (2008), a velocidade de infiltração de água (VI) no solo possui dependência direta da textura e da estrutura dos solos, onde mesmo tipo de solo podem variar a VI quando existe diferença na umidade do solo, temperatura do solo, porosidade do solo, existência de camada menos permeável ao longo do perfil, cobertura vegetal e outros fatores.

A compactação do solo é fator limitante ao desenvolvimento das plantas, ocasionando a resistência à penetração que está diretamente correlacionada com vários atributos e condições intrínsecas (textura) do solo, densidade, matéria orgânica e umidade no momento da determinação (Busscher et al., 1997; Pedrotti et al., 2001) que promovem a qualidade física do solo. A perda dessa qualidade, resulta em condições desfavoráveis à estruturação do solo, elevada densidade, maior resistência à penetração das raízes e promovendo condições que restringem o desenvolvimento e produção das culturas vegetais bem como a preservação dos recursos naturais (Lima et al., 2013).

A magnitude da resistência do solo à penetração é dependente da umidade, dos diferentes tipos de argilas e da matéria orgânica. Para Cunha et al. (2002), na prática o conhecimento desta relação entre resistência à penetração, densidade e conteúdo de água do solo é importante, permitindo prever as condições nas quais poderá ocorrer impedimento ao crescimento radicular das plantas e assim, promover um manejo correto do solo. Tem sido considerados como críticos valores de resistência de 2000 kPa para penetração das raízes.

Ao monitorar os atributos físicos do solo no início e após as atividades agrícolas em determinada área, utilizamos de ferramentas imprescindíveis ao planejamento das práticas a serem adotadas, uma vez que estes atributos, quando avaliados continuamente, permitem monitorar a eficiência do sistema de manejo do solo e usos agropecuários (Torres et al., 2015), sob ambiente radicular. Entretanto, estudos nas condições semiáridas do Nordeste do Brasil, que relacionam modelagem de resistência à penetração associada a textura, carbono orgânico total e densidade do solo em condições de campo são escassos.

Para quantificação da resistência do solo a penetração são utilizados ensaios de campo e dentre eles está o de resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), onde é utilizado um equipamento chamado de penetrômetro, onde a avaliação da resistência do solo à penetração ocorre pelo índice de cone (IC), definido por ser a resistência do solo à penetração

de uma ponta cônica, sendo expressa pela força por unidade de área da base do cone e, as partes que constituem a ponteira que penetra no solo obedece a padronização internacional descrita pela American Society of Agriculture and Biology Engineering (ASABE, 2006).

As características químicas do solo são influenciadas diretamente da decomposição mineralógica da rocha mãe, esses minerais são carregados eletricamente, formando ligações químicas entre se e com ambiente, de forma que o solo seja considerado um recurso natural distinto, com atributos e características que lhe permitem sustentar microrganismos e organismos, que compõem a flora e fauna do local (RAIJ, 2011; Brady & Weil, 2013).

Juntamente com os atributos físicos, os atributos químicos, são indicadores da qualidade do solo, sendo importante o estudo e monitoramento desses atributos que passam por modificações conforme o uso e manejo do mesmo. Dentre os atributos químicos estão, o pH, a condutividade elétrica (CE), teor de carbono total (COT), fósforo (P), potássio (K^+), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), acidez potencial ($H+Al$), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (v), saturação por alumínio (m), porcentagem de sódio total (PST).

O pH do solo fornece as informações iniciais das condições químicas do solo, é a medida que indica se a reação do solo é ácida ($pH < 7$), neutra ($pH = 7$) ou básica ($pH > 7$), sendo assim, solos com acidez elevada (pH baixo), geralmente, apresentam baixas somas de bases e possivelmente valores elevados de Al^{3+} , que podem ser tóxicos as plantas ou apresentar forte ligação química com outros elementos como o P e deixá-lo indisponível na solução do solo para sua absorção pelas plantas (Sousa et al., 2007; Melo, 2013). Segundo Neptune (1976), a maioria das plantas cultivadas desenvolvem-se bem em pH de 6,5.

Teixeira et al. (2017) define a CTC de um solo como sendo a soma total dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal e que estão prontamente disponíveis à absorção das plantas. Dentre os principais cátions trocáveis estão os cátions básicos Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e o cátion ácido Al^{3+} . A capacidade de troca de cátions é considerada por Raij (1967), um bom indicador da atividade dos colóides do solo.

A Chapada do Apodi encontra-se na formação Jandaíra, caracterizada por camadas de calcário calcítico de coloração cinza clara, branca ou amarela, intercalado com calcário dolomítico de coloração cinza e granulação maior que do calcário calcítico, sendo assim, a presença de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) está diretamente ligada ao material de origem que originaram os solos da região (Batista et al., 2002).

Regiões áridas e semi-áridas apresentam baixa precipitação pluviométrica e a elevada evaporação, ocasionando uma pré-disposição a ocorrer concentração de sais na superfície do solo, camada mais explorada pelo sistema radicular das culturas (Batista et al., 2002).

4.4. Capacidade de uso da terra

A partir das características químicas do solo e características físicas do solo, principalmente, descritas anteriormente, este recurso natural tem uma determinada capacidade de uso da terra, sendo compreendida por limitações físicas e de uso, uma vez que o assentamento apresenta área divididas em: área de preservação permanente, área de uso coletivo, área de lotes individuais e área da vila. Dentre as limitações físicas de maior importância, destaca-se a infiltração de água no solo e a resistência do solo à penetração.

O termo solo origina-se do Latim *solum*, que significa suporte, superfície, base, sendo sua concepção dependente do conhecimento a seu respeito e como ele é representado nas diferentes atividades humanas. Considerado um meio insubstituível para a agricultura, o solo é também um componente vital de processos e ciclos ecológicos e depósito para acomodar os resíduos, melhorador da qualidade da água e meio para a recuperação biológica. Além de ser considerado um suporte das infraestruturas urbanas e é um meio onde os arqueólogos e pedólogos leem a nossa história cultural (Miller, 1993).

Historicamente, após publicações do Departamento de Agricultura Norte-Americano, que ressaltava os danos diretos e indiretos causados pelo processo erosivo, conseqüentemente redução da capacidade produtiva do solo, nas primeiras décadas do século XX, agrônomos extensionistas e pesquisadores da ciência do solo do Brasil, enalteciam o espírito conservacionista norte-americano (Ranzani, 1969).

As terras do Nordeste do Brasil, em termos de utilização agrícola e considerando-se o clima ou, mais precisamente, as condições de precipitação pluvial, de modo geral, são divididas em duas faixas distintas: a parte úmida (o litoral, a mata, parte do agreste e os brejos de altitude) e a parte semiárida (parte do agreste e os sertões). Ao enquadrar as terras, segundo sua capacidade de uso, seria mais um dos passos para o uso racional da terra. (SUDENE, 1974).

Para Lepsch et al. (1991) o uso adequado das terras, de acordo com a sua capacidade de uso, é o primeiro passo em direção à agricultura correta, para tanto, deve-se empregar cada

parcela de terra de acordo com a sua capacidade de sustentação e de produtividade econômica, de forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício, preocupando-se ao mesmo tempo, em preservar esses recursos para gerações futuras.

A interpretação de um solo, em termos de um objetivo agrícola qualquer, é uma atividade de aplicação de conhecimentos adquiridos, onde quanto melhores e mais amplos são as informações disponíveis, mais adequada é sua interpretação (Ranzani, 1969).

Pereira e Tôsto (2010) em seu trabalho intitulado “Capacidade do uso das terras como base para a avaliação do desenvolvimento rural sustentável” objetivando determinar a quantidade de terras que está sendo utilizadas dentro da sua escala sustentável e quais áreas estão com uso acima ou abaixo de sua capacidade produtiva no município de Araras-SP, concluíram que cerca de 71,56% do uso das terras está com o uso adequado no município, o que significa que está dentro de sua escala sustentável, também, observaram algumas áreas com uso inadequado que devem ser readequadas. Eles afirmam que a avaliação da capacidade de uso das terras é uma poderosa ferramenta, utilizável não só no planejamento e uso das terras, mas também para a avaliação e definição de escala sustentável da produção agrícola.

A conservação do solo nada mais é do que uma interpretação das informações edafológicas reunidas segundo o critério de uso e manejo agrícola, sendo assim, para as atividades conservacionistas, a irrigação e a drenagem pode se envolver interpretações das informações edafológicas, segundo os critérios de complementação da água das chuvas ou da retirada do excesso de água presente no solo (Ranzani, 1969).

Segundo Oliveira et al. (2007) o problema da degradação ambiental tem sido uma preocupação dos diversos países do mundo, tendo o desmatamento como um dos seus principais fatores condicionante. Isso é provocado pela utilização inadequada dos solos ocasionando a erosão, conseqüentemente, a deterioração e esgotamento dos recursos naturais renováveis existentes, com danos diretos, na lavoura, reduzindo sua capacidade produtiva e danos indiretos, fora da lavoura, com aumento da concentração de sedimento, redução dos reservatórios de água e comprometimento da biodiversidade.

A introdução junto aos agricultores, de técnicas disponíveis adaptadas as particularidades locais de manejo e conservação do solo, constituem condições indispensáveis para minimizar o processo de degradação do solo e conseqüentemente do ambiente (Bertoni & Lombardi Neto, 1993).

A princípio deve-se fazer descrição da área em estudo, necessitando do conhecimento do solo, das condições de superfície, relevo, clima, geologia, vegetação, o histórico e o uso atual das terras (SUDENE, 1974).

Para Muramoto et al. (1993) o diagnóstico da adequação agrícola das terras rurais de uma região envolve a caracterização do meio físico, do uso atual e a classificação da capacidade de uso das terras, tendo esses dados é possível identificar a compatibilidade entre a capacidade de uso e o uso da terra, podendo também identificar as áreas utilizadas com prejuízo potencial ao ambiente, acima da capacidade de uso, e as subutilizadas, abaixo da capacidade de uso.

Costa (2009) ao fazer o levantamento da capacidade de uso da terra na Fazenda Afluente do Quipauá, em Ouro Branco, RN objetivou avaliar a capacidade de uso de uma propriedade em área de caatinga no semiárido potiguar e concluiu que a mesma, possui uma variação em declividade, tendo locais que necessitam de preservação permanente, no caso os mais declivosos, áreas cujo a retirada da vegetação nativa causou um aumento na erosão e aparecimento de voçorocas, e outras áreas que estão sendo bem utilizadas com espécies arbóreas, frutíferas e culturas anuais.

Menezes (2007) ao fazer um levantamento de solos em sub bacias hidrográficas como apoio para avaliação do uso da terra e da potencialidade de recarga dos aquíferos, de acordo com o tipo de solo e seu uso atual, a região da sub bacia Ribeirão Boa Vista apresentou áreas favoráveis a recarga devido à maior permeabilidade, profundidade e posição desses solos na paisagem e em outras apresentou baixo potencial de recarga, devido à pequena profundidade e a baixa permeabilidade, devendo ser constantemente monitoradas e controlando o avanço das pastagens na região, para evitar futuros problemas do processo erosivo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O material e métodos desta pesquisa é composto por uma delimitação da área de estudo e, por procedimentos metodológicos para atingir os objetivos propostos.

5.1. Caracterização da região de estudo

O município de Apodi (Figura 3) está inserido no estado do Rio Grande do Norte na região Nordeste do país, distante 343 km da capital do estado, Natal e 76 km de Mossoró. Limita-se com os municípios de Governador Dix-Sept Rosado, Felipe Guerra, Umarizal, Itaú, Severiano Melo e Caraúbas, todos pertencentes ao Rio Grande do Norte e, no seu lado oeste, com o Estado do Ceará. Situa-se entre as coordenadas: 5° 18' 35" e 5° 58' 10" de latitude sul e 37° 38' 50" e 38° 04' 48" de longitude oeste, com área equivalente a 2,92% da superfície estadual e a altitude da sede de 67 m (Santana Júnior, 2010).

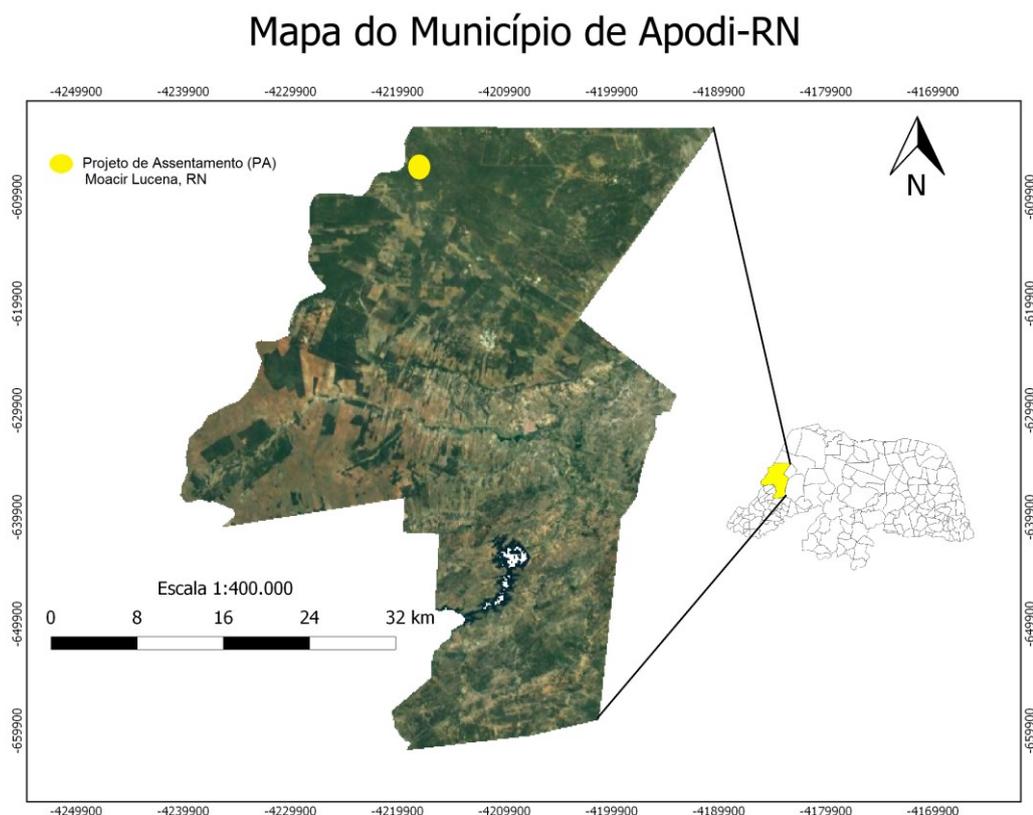


Figura 3. Mapa da região Nordeste do Brasil com destaque para o município de Apodi e o Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

O clima local, segundo Alvares (2014) do tipo BSh, ou seja, muito quente, com estação chuvosa de verão, com temperatura média anual de 26,5°C e precipitação pluvial é em torno de 650mm.

5.1.1. Caracterização das áreas

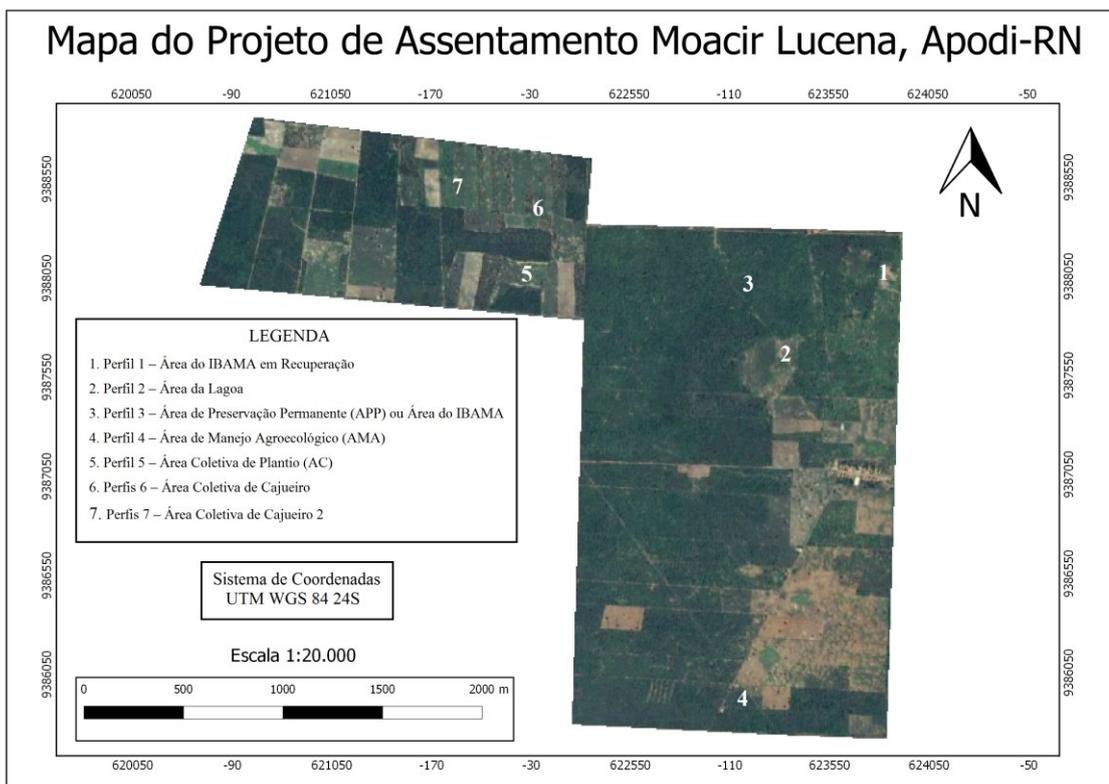


Figura 4. Mapa do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

Para o estudo em questão (Figura 4), o Projeto de Assentamento foi subdividido em 7 (sete) áreas usando como critério para a divisão, o uso e ocupação do solo pelas famílias assentadas ao longo dos anos e área destinada a preservação permanente, como também características da vegetação e da paisagem. Anteriormente, era uma latifúndio de produção principalmente do algodão e de forma extensiva com preparo convencional.

Perfil 1 – Área do IBAMA em Recuperação

Área do IBAMA em Recuperação (AIR) está inserida dentro e nos limites da APP com aproximadamente 2,5 hectares, onde os assentados plantavam algodão, mas que a 16 anos está em repouso para recuperação da mata nativa e do solo.

Perfil 2 – Área da Lagoa

A Área da Lagoa (AL) está localizada dentro e nos limites da APP possuindo em torno de 4 a 5 hectares onde, devido a uma diferença de declividade, quando ocorrem bons períodos chuvosos, a área fica totalmente alagada ao ponto de tornar-se uma lagoa temporária.

Perfil 3 – Área de Preservação Permanente (APP) ou Área do IBAMA

A Área de Preservação Permanente (APP), popularmente chamada pelos assentados de Área do IBAMA, em uma área de 60 hectares, possui uma vegetação densa onde predominam plantas nativas do bioma Caatinga (Mameleiro, Pereiro, Pau Branco, Aroeira), na qual após assentados, não ocorreu extração de madeira e seu uso está restrito ao povoamento com colmeias para produção de mel uma das fontes de renda das famílias e entrada periódica de animais, devido à necessidade de alimento em função do período prolongado de estiagem.

Perfil 4 – Área de Manejo Agroecológico (AMA)

Esta área é situada no Lote 2 pertencente à família do senhor Irapuan Ângelo Gurgel Gomes. Podendo descrever seu uso como sendo em sistema agrosilvipastoril, onde 1 hectare a produção é feita por consorcio de culturas temporárias com a vegetação nativa, 2 hectares desmatados que anteriormente teve um plantio de algodão orgânico, mas que atualmente está em pousio para reflorestamento e no restante do lote existem plantas da vegetação nativa e o agricultor faz extração de madeira de forma sustentável, retirando apenas o necessário para o uso ou para venda como fonte de renda familiar.

Perfil 5 – Área Coletiva de Plantio (AC)

Com aproximados 35 hectares, a área destinada a semeadura de culturas temporárias de sequeiro de forma coletiva. De setembro à outubro são colocados animais para pastejo e no período chuvoso, semeiam sorgo para consumo do animais do próprio assentamento. Dentro da área coletiva é também mantido 8 hectares de mata nativa que separam a área de plantio de culturas de ciclo curto com a área dos cajueiros.

Perfis 6 e 7 – Área Coletiva de Cajueiro

Também inserida na área coletiva, anteriormente utilizada para plantio de algodão, feijão e outras culturas de sequeiro, em 2007, no espaço de 20 hectares, foram implantados cajueiros onde no início do inverno, nas entrelinhas, ocorre preparo do solo para plantio de feijão, e todo ano poda de manutenção nos cajueiros e revolvimento do solo nas entrelinhas com máquina agrícola para incorporação de matéria orgânica.

5.2. Metodologia

Foi realizado levantamento cartográfico e bibliográfico junto à biblioteca da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em sites confiáveis de consulta sobre o tema e sobre a problemática em questão e por meio de informações cedidas por órgãos atuantes na região, como Instituto de Defesa do Meio Ambiente (IDEMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRABA SOLOS), Organizações não governamentais (ONGs) e Prefeitura Municipal de Apodi, entre outros.

5.2.1. Levantamento em campo e coleta de solos

Para descrição morfológica dos perfis dos solos foi utilizado como base o Mapa Exploratório – Reconhecimento de Solos Estado do Rio Grande do Norte (BRASIL, 1971) e com base nesse mapa, foram feitas visitas a campo e abertura de sete perfis de solo representativos da área em estudo para sua classificação morfológica, físico-química, como também, confrontar as informações dos levantamentos anteriores e a sua atualização, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos, 2018). A caracterização do meio físico

foi realizada conforme diagnóstico elaborado, com base nas características e propriedades dos solos, independentes ou não de serem fatores limitantes como: profundidade efetiva, textura e permeabilidade das camadas superficial e subsuperficial, declividade do terreno, vegetação atual e seu histórico, erosão e uso atual das terras (Vieira et al., 1996).

A coleta de solos foi realizada nos perfis representativos: P1 (Área do IBAMA em recuperação), P2 (Área da Lagoa), P3 (Área de Preservação Permanente – APP ou Área do IBAMA), P4 (Área de Manejo Agroecológico), P5 (Área Coletiva de Plantio), P6 (Área de Cajueiro) e P7 (Área de Cajueiro 2). Foi feita a classificação morfológica dos solos nos horizontes (Santos, 2018) e para avaliação das áreas em uso, foram coletadas amostras de solos em cada horizontes dos sete perfis abertos e, posteriormente sua caracterização física e química. Sendo realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP/DCCA/UFERSA) segundo Teixeira et al. (2017).

5.2.2. Análises físicas do solo

As amostras foram coletadas nos horizontes dos solos e nos respectivos perfis supracitados. Com auxílio de anéis volumétricos de dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro, coletou-se 4 amostras indeformadas em para cada horizonte dos perfis e realizadas as seguintes análises:

- Densidade do solo pelo método do cilindro volumétrico, onde:

$$D_s = \frac{m_a}{V}$$

Em que:

D_s – densidade do solo, em kg dm^{-3} (equivalente a g cm^{-3});

m_a – massa da amostra de solo seco a 105°C até massa constante, em g;

V – volume do cilindro, em cm^3 .

- Porosidade total do solo método indireto onde:

$$PT = \left(1 - \frac{D_s}{D_p} \right) \times 100$$

Em que:

PT – porosidade total, em $m^3 m^{-3}$;

Dp – densidade de partículas sólidas do solo, em $kg dm^{-3}$;

Ds – densidade do solo, em $kg dm^{-3}$.

As amostras deformadas foram retiradas com auxílio de uma pá e colocadas em sacos plásticos (500 g), levadas ao laboratório onde foram preparadas, secadas e peneiradas até obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) e realizada as analisadas:

- Densidade de partículas pelo método do balão volumétrico, onde:

$$Dp = \frac{m_a}{(V_T - V_u)}$$

Em que:

Dp – densidade de partículas, em $kg dm^{-3}$ (equivalente a $g cm^{-3}$);

m_a – massa da amostra seca a 105 °C, em g;

V_T – volume total aferido do balão, em mL;

V_u – volume utilizado para completar o balão com a amostra, em mL.

- Granulometria:

- Dispersão com uso de solução de hexametáfosfato de sódio $0,038 mol L^{-1}$ + hidróxido de sódio $0,1 mol L^{-1}$ em 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) para separação da areia e quantificação da areia grossa e fina, em $g kg^{-3}$;

- Método da pipeta para determinação de silte e argila, em $g kg^{-3}$.

- Relação silte/argila:

$$R_{S/A} = \frac{T_S}{T_A}$$

Em que:

$R_{S/A}$ – relação silte/argila;

T_S – concentração de silte, em $g\ kg^{-1}$;

T_A – concentração de argila, em $g\ kg^{-1}$.

- Argila dispersa em água:

- Dispersão com uso de água deionizada para separar da areia e quantificação da areia grossa e fina, em $g\ kg^{-3}$;

- Método da pipeta para determinação de silte e argila, em $g\ kg^{-3}$.

- Grau de flocculação:

$$GF = \frac{(a-b)}{b} \times 100$$

Em que:

GF – grau de flocculação, em $dag\ kg^{-1}$ (%).

a – concentração de argila total, em $g\ kg^{-1}$;

b – concentração de argila dispersa em água, em $g\ kg^{-1}$.

5.2.3. Análises químicas do solo

As amostras deformadas (TFSA) também foram utilizadas para as análises químicas, sendo realizadas:

- pH em água e em KCl;

- Carbono orgânico total (COT) por meio da oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor

desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento, sendo o excesso de dicromato após a oxidação, titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr);

- Extração com KCl 1 mol L⁻¹ para obtenção do teor de cálcio, magnésio e alumínio;
- Extração com solução de Mehlich 1 para obtenção do teor de fósforo, potássio, sódio, acidez potencial (hidrogênio + alumínio);

- S (soma de cátions trocáveis):

$$S = Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + Na^{+}$$

- Valor t (Capacidade de Troca de Cátions):

$$t = S \times (H^{+} + Al^{+3})$$

Em que:

t – capacidade de troca de cátions total, em cmolc kg⁻¹;

S – soma de bases trocáveis, em cmolc kg⁻¹;

(H⁺ + Al³⁺) – acidez potencial do solo, em cmolc kg⁻¹.

- Valor V (Percentagem de Saturação de Bases):

$$V = \frac{100 \times S}{t}$$

Em que:

V – percentagem de saturação por bases;

S – soma de bases trocáveis, em cmolc kg⁻¹;

t – capacidade de troca de cátions total, em cmolc kg⁻¹.

- Valor m (Saturação por alumínio):

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

Em que:

m – percentagem de saturação por alumínio;

S – soma de bases trocáveis, em cmolc kg⁻¹;

Al³⁺ – concentração de alumínio trocável no solo, em cmolc kg⁻¹.

- PST (Percentagem de Sódio Total):

$$PST = \frac{100 \times Na^+}{t}$$

Em que:

PST – percentagem de sódio total, em %;

Na⁺ – concentração de sódio trocável no solo, em cmolc kg⁻¹;

t – capacidade de troca de cátions total, em cmolc kg⁻¹.

- Equivalente carbonato de cálcio, quando necessário:

$$CaCO \text{ (g kg}^{-1}\text{)} = \frac{[0,25 \times (50 \times HCl_{pad}) - V \times NaOH_{pad}] \times 200}{m}$$

Em que:

Valor 50 – volume adicionado da solução padronizada de HCl 0,5 mol L⁻¹, em mL;

HCl_{pad} – concentração da solução padronizada de HCl, em molL⁻¹;

V – volume gasto da solução padronizada de NaOH, em mL;

m – massa da amostra de solo, em g.

5.2.4. Teste de infiltração de água no Solo

Para avaliação da infiltração de água no solo utilizou-se o método do Infiltrômetro de Anel (Figura 5), onde foram instalados dois cilindros concêntricos, com altura de 40 cm e diâmetro de 30 para o anel interno e 50 cm para o anel externo, posicionados a 10 cm de profundidade. Durante a realização do teste, o cilindro interno foi mantido a uma carga de

água constante de aproximadamente 15 cm em relação à superfície do solo, a qual foi mantida por controle manual por um registro de ação rápida, sendo ajustada com abastecimento manual dos cilindros e verificando a leitura da altura da água em centímetros nos tempos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 min, ou até o ponto de equilíbrio conforme Bernardo et al. (2006).

Junto com os ensaios de campo dos testes de infiltração de água no solo foram coletadas amostras deformadas nas camadas de 0,00 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m para realização da análise da umidade gravimétrica (UG %), sendo determinada pesando-se as amostras de solo, antes e após secagem em estufa a 105°C, por 48 horas, conforme descrito por Forsythe (1975).

A



B



Figura 5. Infiltrômetro da anéis sendo fixado (A) e durante o teste de infiltração de água (B).

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

Considerou-se infiltração constante quando o valor da leitura se repetiu por pelo menos por três vezes tendo assim, sua estabilidade. Anotando-se os dados em uma planilha, foram obtidas depois as curvas de infiltração acumulada (I) pela expressão:

$$I = aT^n$$

Em que:

I - infiltração acumulada, em cm;

a - constante dependente do solo;

T - tempo de infiltração, em minutos;

n - constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

A velocidade de infiltração básica (VIB) é dada pela variação entre duas leituras consecutivas, de acordo com o intervalo de tempo entre as mesmas, obtida pela expressão:

$$VIB = 60anT^{(n-1)}$$

Em que:

VIB – velocidade de infiltração básica, em cm/h;

a - constante dependente do solo;

T - tempo de infiltração, em minutos;

n - constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

A classificação do solo à partir da velocidade de infiltração básica (VIB) foi realizada segundo Bernardo et al. (2006), representada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do solo a partir da velocidade de infiltração básica (VIB).

Tipo de Solo	VIB (cm/h)
Solo de VIB muito alta	> 3,0
Solo de VIB alta	1,5 - 3,0
Solo de VIB média	0,5 - 1,5
Solo de VIB baixa	< 0,5

Os resultados foram interpretados submetendo-os a técnicas de estatística multivariada, utilizando a análise de componentes principais (ACP) por meio do software STATISTIC 7. Foi criada a matriz de correlação para padronização dos dados, evitando-se problemas como a influência da magnitude das variáveis.

5.2.5. Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP)

A resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) foi determinada com penetrômetro SoloStar PLG 5500 da Falker e deslocado manualmente. O aparelho, dotado de sistema automático de medição e alimentado com bateria de 12 V, tinha como características:

7,94 mm de diâmetro do cone; 15,1 MPa de índice de cone máximo, 0,02 MPa de resolução, 75 kgf de força máxima suportada na haste de, 3,0 m s⁻¹ de velocidade nominal de inserção, 1 cm de resolução da medida de profundidade, 40 cm de profundidade máxima, memória para 910 leituras, protocolo de comunicação com GPS NMEA 0183, com 25 leituras em cada área, tendo como referência 0,5 hectares em cada ambiente supracitados, os dados foram armazenados de centímetro em centímetro até profundidade estabelecida de 40 cm. O conjunto dos equipamentos recebeu ainda o receptor GPS da marca Garmin, modelo Oregon 450.

Foram coletadas amostras deformadas para avaliação da umidade gravimétrica nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. As variáveis investigadas serão a RMSP e produtividade máxima atingida na pelo equipamento. Se constatado a dependência espacial serão elaborados semivariogramas com base nas pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca, no intuito de formar os mapas temáticos onde os semivariâncias ($\gamma(h)$) foram estimados pela equação (Couto et al., 2000):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N_i(h)} \sum_{j=1}^{N_i(h)} [z(s_i) - z(s_i+h)]^2$$

Onde:

$N(h)$ é o número de pares de pontos $z(s_i)$ e $z(s_i+h)$ separados por uma distância h , informando quão diferentes se tornam os valores em função de h .

Para interpretar os dados de RMSP foi utilizada escala segundo Ribeiro (2010) demonstrada na Tabela 2, onde a mesma foi desenvolvida para a cultura da cana-de-açúcar e usada como critério para avaliações.

Tabela 2. Critérios utilizados para a avaliação do mapa de Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP) das áreas do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, município de Apodi, RN.

RMSP (kPa)	Grau de Compactação	Impedimento Radical
0 – 2000	Baixo	Sem impedimento
2000 – 4000	Moderado	Redução de desenvolvimento
4000 – 6000	Alto	Impedimento
6000 – 8000	Muito Alto	Pequeno desenvolvimento

Para a geoestatística utilizou-se o método de krigagem pelo software Vesper 1.6 (Minasny et al., 2006) onde as variáveis investigadas foram a RMSP e profundidade, foram elaborados semivariogramas no intuito de formar os mapas temáticos. Foram testados os seguintes modelos de semivariograma: Esférico, Exponencial e Gaussiano, em que o ajustamento dos melhores modelos foram selecionados com base no menor valor da raiz quadrada do erro médio (RQEM) e de AIC (Critério de Informação de Akaike (Akaike, 1973)). O grau de dependência espacial dos semivariogramas foi avaliado conforme intervalos propostos por Cambardella et al. (1994), dado pela equação:

$$GD(\%) = \left(\frac{C_0}{(C_0 + C_1)} \right) \times 100$$

Onde:

C_0 - efeito pepita;

C_1 - variância estrutural (patamar).

Sendo os valores interpretados da seguinte forma:

$GD < 25\%$ - forte dependência espacial

$25\% < GD < 75\%$ - moderada dependência espacial

$GD > 75\%$ - fraca dependência espacial.

5.2.6. Classificação de capacidade de uso das terras

O sistema de classificação da Capacidade de Uso da Terra leva em conta, do nível mais elevado (mais generalizado) para o mais baixo (mais detalhado) segundo Lepsch et al. (2015) adaptado. A Figura 6 a seguir ilustra a forma como serão avaliadas as observações efetuadas.

A metodologia de Lepsch está estruturada por grupos, classes, subclasses e unidades. Os grupos constituem categorias de nível mais elevado, estabelecidos com base na maior ou menor intensidade de uso das terras, designados pelas letras A, B e C, seguindo ordem decrescente, onde:

- Grupo A são as terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre;

- Grupo B são as terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre;
- Grupo C são as terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água.



Figura 6. Capacidade de uso da terra.

Fonte: Adaptado de Lepsch, (1991): <http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/tecnicas-avaliacao-terras/imgs>

As classes de capacidade de uso são divididas em oito e designadas por algarismos romanos, em que a intensidade de uso é decrescente no sentido I ao VIII. São elas:

- Classe I são terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
- Classe II são terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;
- Classe III são terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;
- Classe IV são terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;
- Classe V são terras adaptadas – em geral para pastagens, e, em alguns casos, para reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação – cultiváveis apenas em casos muito especiais;

- Classe VI são terras adaptadas – em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação – cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;
- Classe VII são terras adaptadas – em geral somente para pastagens ou reflorestamento – com problemas complexos de conservação;
- Classe VIII são terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, que podem servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água.

5.2.7. Análise estatística e interpretação dos resultados

Os resultados foram interpretados por meio de análise multivariada, onde foram empregadas técnicas estatísticas para verificar semelhanças entre as áreas estudadas, contendo os ambientes, na tentativa de agrupá-los usando-se os atributos físicos e químicos dos solos. Foram empregadas técnicas de análise multivariada como ferramenta principal, especificamente a análise de componentes principais (Statistica, 2004), para distinção das áreas pesquisadas em função das potencialidades ou restrições do ambiente.

5.2.8. Confeção de mapas

A confeção dos mapas temáticos das áreas foi realizada com auxílio do software Quantun Gis 2.14.8. O mapa dos solos da área estudada foi delimitado por meio de imagens de satélites de diferentes anos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Descrição morfológica e classificação dos perfis de solo

Na delimitação das manchas de solos após abertura e estudo dos sete perfis no PA Moacir Lucena, foram identificados três classes de solos até o quarto nível categórico e está representada na Figura 7.

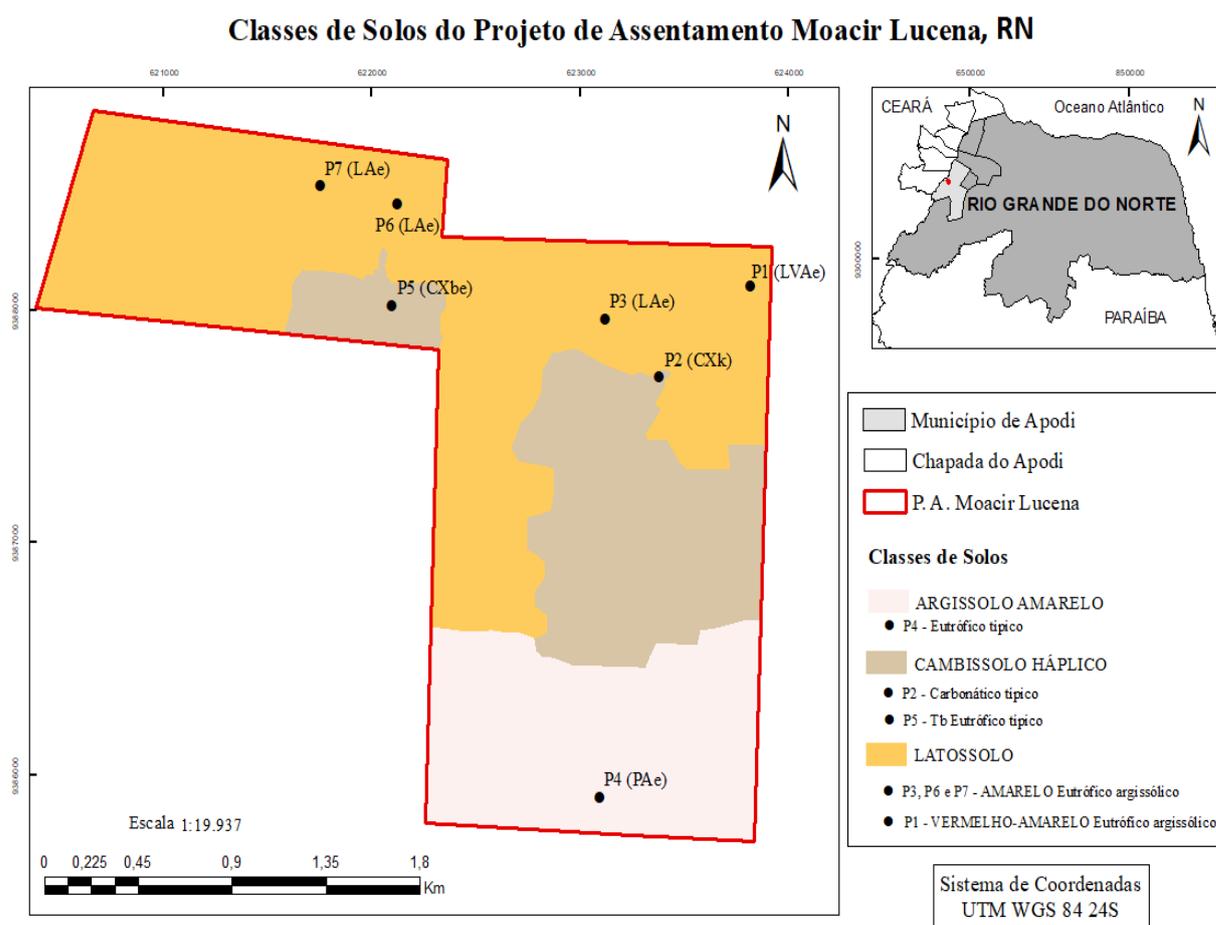


Figura 7. Mapa das classes de solo do PA Moacir Lucena, Apodi, RN.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

O perfil 1 (P1) classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico, perfil 2 (P2) como CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico e perfil 3 (P3) como LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico encontram-se inseridos na área de reserva.

O perfil 4 (P4) foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico, inserido na área agroecológica cujo o aparecimento dessa mancha de solo provavelmente está ligada a litologia do local, uma vez que o assentamento está localizado próximo ao final da chapada, sendo influenciado pelo arenito açu existente sob a Formação Jandaíra (Figura 1).

O perfil 5 (P5) foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, o perfil 6 (P6) LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico e o perfil 7 (P7) LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico. Os três perfis estão inseridos na área de uso coletivo.

Contra-pondo-se ao levantamento pedológico realizado por Jacomine (1971) onde a classe de solo com maior representatividade na Chapada do Apodi é de Cambissolo, o estudo realizado demonstrou a existência mais duas classes de solos, Argissolo e Latossolo. Destacando assim, a importância de levantamento pedológico mais detalhado, que leve em considerações particularidades locais quanto a vegetação, a fauna e o uso atual, por meio do conhecimento dos atributos dos solos, adequar uso e manejo do solo para manter a sua capacidade produtiva.

As classes de solos foram classificadas como Eutróficos, sendo explicado, devido a sua posição geográfica e condições climáticas, com elevado déficit hídrico, altas taxas de evapotranspiração conforme Ernesto Sobrinho (1979).

A área do assentamento apresentou três classes de solos distintas, Latossolo, Cambissolo e Argissolo. Onde, será destacada a seguir, a classificação dos solos das áreas representativas de cada perfil.

O perfil 1 (Área do IBAMA em Recuperação), caracterizado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico, caatinga hiperxerófila apresenta relevo plano, com sequência de horizontes A-AB-BA-Bw-BC com profundidade superior a 155 cm, sendo considerado um solo profundo (Tabela 3; Figura 8).

A Figura 8A demonstra o perfil de solo aberto, onde as transições são clara e plana no horizonte A, difusa e plana em AB, gradual e plana em BA voltando à difusa e plana no horizonte diagnóstico Bw e BC. Há uma variação de cor ao longo do perfil, de 7,5YR nos horizontes A e AB para 5YR nos horizontes BA, Bw e BC.

As Figuras 8B e C apresentam as características do ambiente, onde encontra-se de um lado a vegetação nativa e do outro mancha de solo exposto, apresentando dificuldades na recuperação da vegetação nativa. A área não tem uso agrícola, uma vez que se encontra disposta dentro da área de preservação permanente (APP).

A



B



C



Figura 8. A – Perfil 1 (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico), B e C – Aspectos da paisagem em mesmo período.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

O perfil 2 (Área da Lagoa), identificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico, caatinga hiperxerófila encontra-se na parte mais baixa do relevo (aproximadamente 3 a 4 m), área de deposição de sedimento apresenta sequência de horizontes A-BA-Bi-BC-C com profundidade superior a 85 cm, sendo considerado um solo pouco profundo podendo ocasionar problemas no crescimento radicular de algumas plantas (Tabela 3; Figura 9).

A Figura 9A demonstra o perfil de solo aberto, onde as transições são clara e plana no horizonte A, gradual e plana em BA, difusa e plana no horizonte diagnóstico Bi e abrupta e ondulada em BC. Há predominância de cor ao longo do perfil, de 10YR nos horizontes A, BA, Bi e variando para 2,5YR em BC, provavelmente influenciada pelos teores de carbonato no horizonte BC.

As Figuras 9B e C apresentam as características do ambiente, onde encontra-se a vegetação nativa com manchas de solo exposto. A área não tem uso agrícola, uma vez que se

encontra disposta dentro da área de preservação permanente (APP) e possui característica peculiar no período chuvoso com precipitação pluviométrica alta, de permanecer alagadas por um período de tempo prolongado.

A



B



C



Figura 9. A - Perfil 2 (CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico), B e C - Aspectos da paisagem.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

Tabela 3. Descrição morfológica e classificação do solo dos perfis 1 e 2 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horizonte	Prof. Cm	Transição	Cor Munsell		Estrutura			Consistência			Raízes		Nódulos e CM	Coordenadas Geográficas	
			Seco	Úmida	GD	Classe	Tipo	Úmida	Seco	Molhado Plastic. Pegaj.	Quant.	Diâm.			
PERFIL 1 - ML (Área em Recuperação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico)															
A	0 – 4	Cp	7,5YR 4/4	7,5YR 3/3	3	Mp a P	Bls	F	LD	Pl	Pe	Pc	Fi	Pc e E	
AB	4 – 17	Dp	7,5YR 4/6	7,5YR 3/4	1	Mp a P	Bls	F	LD	Pl	Pe	Pc	Fi	Pc e E	
BA	17 – 48	Gp	5YR 5/8	5YR 4/6	1	Mp a P	Bls	F	D	Pl	Pe	Pc a R	fi a Me	Pc e E	S 05°32'05,2" W 37°52'55,7"
Bw	48 – 120	Dp	5YR 4/6	5YR 3/4	3	Mp a P	Bls	F	LD	Pl	Pe	R	Mfi	Pc e E	
BC	120 - 155+		5YR 4/6	5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	F	LD a D	Pl	Pe	R	Me	Pc e E	
PERFIL 2 - ML (Área da Lagoa - CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico)															
A	0 – 3	Cp	10YR 5/6	10YR 4/4	3	Mp	Bls	F	LD	Pl	Pe	R	Mfi	Fr, E, pq a gr	
BA	3 -15	Gp	10YR 5/8	10YR 4/4	1	Mp a P	Bls	MF	LD	Pl	Pe	R	Mfi	Dom, E, pq a gr	S 05°32'17,9"
Bi	15 – 54	Dp	10YR 4/6	10YR 4/6	1	Mp a P	Bls	MF	LD	Pl	Pe	R	Mfi	Fr, E, pq a gr	W 37°53'09,9"
BC	54 – 75	Ao	10YR 5/6	10YR 4/6	3	Mp a P	Bls	MF	LD	Mp	Mpe	R	Mfi	Fr, E, pq a gr	
C*	75 - 85+		2,5Y 5/6	2,5Y 5/6	3	Mp a P	Bls	F	LD	Mp	Mpe	R	Mfi	Fr, E, pq a gr	

*Horizonte que foi quantificado o equivalente carbonato de cálcio (CaCO_3) = 248,16 g kg⁻¹.

Nota: GD - GRAU DE DESENVOLVIMENTO. Plastic: PLASTICIDADE. Pegaj: PEGAJOSIDADE. CM: CONCREÇÕES MINERAIS. Transição: a - abrupta; c - clara; g - gradual; d - difusa; p - plana; o - ondulada. Estrutura: 1 – maciço; 2 – fraco; 3 – moderada; 4 – forte; Mp - muito pequena; P - pequena; Me - média; Bls - blocos subangulares. Consistência: F - friável; MF - muito friável; Fi - firme, D- duro; LD- ligeiramente duro; MD - muito duro; Lg - ligeiramente plástico; Pe - ligeiramente pegajoso; MPe - muito pegajoso. Raízes: Pc - poucas; R - raras; Mfi - muito finas; fi - finas. Nódulos e CM: MPc - muito pouco; Pc - pouco; E - esférico; Fr - frequente; Dom - dominante; pq - pequeno; gr - grande. A: ausente.

O perfil 3 (Área de Preservação Permanente – APP ou Área do IBAMA), caracterizado como LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico, caatinga hiperxerófila adensada, relevo plano a levemente ondulado, área de preservação permanente (APP), utilizada para criação de abelhas italianas apresenta sequência de horizontes A-BA-Bw-BC com profundidade superior a 140 cm, sendo considerado um solo profundo (Tabela 4; Figura 10).

A Figura 10A demonstra o perfil de solo aberto, onde as transições são gradual e plana no horizonte A, difusa e plana nos demais horizontes (BA, Bw e BC). Há uma variação de cor iniciando no horizonte de transição, de 10YR no horizonte A para 7,5YR nos horizontes BA, Bw e BC.

As Figuras 10B e C apresentam a caracterização do ambiente, com vegetação nativa densa de difícil acesso. Área de preservação permanente que devido aos prolongados períodos de secas vem sendo explorada como local de criação de abelhas.

A



B



C



Figura 10. A – Perfil 3 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico), B e C - Aspectos da paisagem.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

O perfil 4 (Área de Manejo Agroecológico), caracterizado como ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico, caatinga hiperxerófila associada a culturas de ciclos curto, relevo plano a levemente ondulado, área de manejo agroecológico com recuperação da vegetal nativa, extração de madeira apresenta sequência de horizontes A-BA-Bt-BC-C, com profundidade superior a 130 cm, sendo considerado um solo profundo (Tabela 4; Figura 11).

A Figura 11A demonstra o perfil de solo aberto, onde as transições são clara e plana no horizonte A, difusa e plana em BA, gradual e plana no horizonte diagnóstico Bt e abrupta e ondulada em BC e C. Apresenta coloração amarela ao longo do perfil, de valor 7,5YR.

As Figuras 11B e C apresentam a caracterização do ambiente, com disposição de vegetação nativa e culturas de ciclo curto. Área de manejo agroecológico, onde o agricultor em uma parte, preserva a vegetação e cria abelhas e, na outra parte da área mantem a vegetação nativa de forma que mantenha espaços para que no período chuvoso ele plante culturas de ciclo curtos, como também o pastorei de animais e extração racional da madeira.

A



B



C



Figura 11. A - Perfil 4 (ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico), B e C - Aspectos da paisagem.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

O perfil 5 (Área Coletiva), caracterizado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, mancha de solo na área de uso coletivo, maior parte desmatada, plantio de culturas de ciclo curto, principalmente sorgo, para alimentação dos animais do próprio, relevo plano, uso de máquinas agrícolas para preparo da terra no período chuvoso apresenta sequência de horizontes Ap-BA-Bi-BC-C, com profundidade superior a 145 cm, sendo considerado um solo profundo (Tabela 4; Figura 12).

A Figura 12A demonstra o perfil de solo aberto, onde as transições são abrupta e ondulada no horizonte A, difusa e plana em BA, gradual e plana no horizonte diagnóstico Bi e abrupta e ondulada em BC e C. Apresenta coloração amarela ao longo do perfil, de valor 7,5YR.

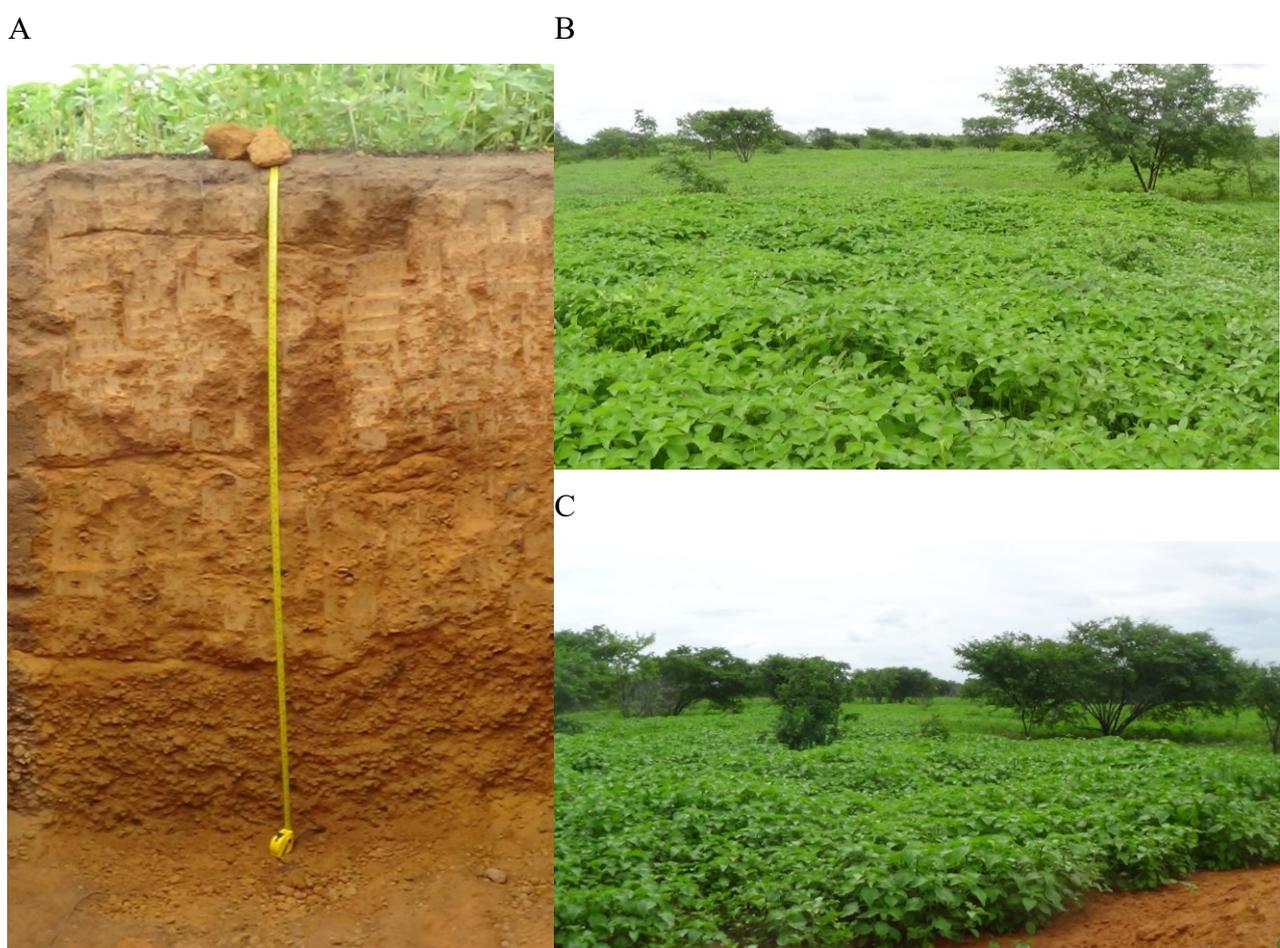


Figura 12. A - Perfil 5 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico), B e C - Aspectos da paisagem.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

As Figuras 12B e C, após período prolongado de estiagem e por apresentar boa parte do solo exposto, nota-se o predomínio de vegetação espontânea de rápido desenvolvimento, em um período atípico de chuvas. Área que na maior parte do ano apresenta solo exposto e no período chuvoso passa por preparo do solo com máquinas agrícolas, porém, parte dessa área, ainda encontra-se vegetação nativa preservada e recuperada para pastejo de animais no período secos e futura extração racional de madeira.

Tabela 4. Descrição morfológica e classificação do solo dos perfis 3, 4 e 5 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horiz.	Prof. cm	Transição	Cor Munsell		Estrutura			Consistência			Raízes		Nódulos e CM	Coordenadas Geográficas	
			Seco	Úmida	GD	Classe	Tipo	Úmida	Seco	Molhado Plastic. Pegaj.	Quant.	Diâm.			
PEFIL 3 - ML (Área de Reserva do IBAMA - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)															
A	0 - 7	Gp	10YR 4/6	10YR 3/4	1 a 3	P a Me	Bls	F	LD	Pl	Pe	Pc	Me	MPc, E e pq	
BA	7 - 25	Dp	7,5YR 4/6	7,5YR 3/4	3	P a Me	Bls	F	LD ^a D	Pl	Pe	Comuns	Me	MPc, E e pq	S 05°32'09,8" W 37°53'18,1"
Bw	25 - 97		7,5YR 4/6	7,5YR 4/4	3	P a Me	Bls	F	D	Pl	Pe	Pc	Me	MPc, E e pq	
BC	97 - 140+	Dp	7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	3	P a Me	Bls	MF	LD ^a D	Lg	LP	R	Me	MPc, E e pq	
PERFIL 4 - ML (Área Agroecológica - ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico)															
A	0 - 3	Cp	7,5YR 3/4	7,5YR 2,5/3	3	Mp a P	Bls	MF	LD	Lg	LP	Comuns	Fi	A	
BA	3 - 16	Dp	7,5YR 4/6	7,5YR 3/4	3	Mp a P	Bls	F	LD	Pl	Pe	R	Fi	A	S 05°33'16,8" W 37°53'19,1"
Bt	16 - 95	Gp	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	F	D	Pl	LP	Pc a R	fi e Me	A	
BC	95 - 118		7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	MF	A	Pl	LP	R	Fi	A	
C	118 - 130+	Ao	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	F	A	Pl	Pe	A	A	A	
PERFIL 5 - ML (Área Coletiva - CAMBISSOLO HÁPLICHO Tb Eutrófico típico)															
Ap	0 - 6	Ao	7,5YR 3/4	7,5YR 3/2	3	Mp a P	Bls	F	D ^a MD	Lg	LP	Pc	Fi	A	
BA	6 -- 18	Dp	7,5YR 4/6	7,5YR 4/4	3	P	Bls	F	MD	Lg	LP	R	Mfi	A	
Bi	18 -- 60	Gp	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	1	P a Me	Bls	F a Fi	D ^a MD	Lg	LP	R	Mfi	A	S 05°32'07,9" W 37°53'51,6"
BC	60 -- 105		7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	F	LD	Lg	LP	R	Mfi	A	
C	105 -- 145+	Ao	7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Dom, E, gr e duro	

Nota: GD - GRAU DE DESENVOLVIMENTO. Plastic: PLASTICIDADE. Pegaj: PEGAJOSIDADE. CM: CONCREÇÕES MINERAIS. Transição: a - abrupta; c - clara; g - gradual; d - difusa; p - plana; o - ondulada. Estrutura: 1 - maciço; 2 - fraco; 3 - moderada; 4 - forte; Mp - muito pequena; P - pequena; Me - média; Bls - blocos subangulares. Consistência: F - friável; MF - muito friável; Fi - firme, D- duro; LD- ligeiramente duro; MD - muito duro; Lg - ligeiramente plástico; Pe - ligeiramente pegajoso; MPc - muito pegajoso. Raízes: Pc - poucas; R - raras; Mfi - muito finas; fi - finas. Nódulos e CM: MPc - muito pouco; Pc - pouco; E - esférico; Fr - frequente; Dom - dominante; pq - pequeno; gr - grande. A: ausente.

O Perfil 6 (Área de Cajueiro), identificado por LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico, área desmatada, plantio de cajueiro e pastejo de animais, relevo plano, devido ao período prolongado de secas, parte dos cajueiro morreram, necessitando de replantio, apresenta sequência de horizontes A-AB-BA-Bw-BC com profundidade superior a 140 cm, sendo considerado um solo profundo (Tabela 5; Figura 13).

A Figura 13A demonstra o perfil de solo aberto, onde as transições são clara e ondulada no horizonte A e AB, difusa e plana nos demais horizontes subsequentes (BA, Bw e BC). Há uma variação de cor iniciando no horizonte de transição, de 10YR no horizonte A para 7,5YR nos horizontes AB, BA, Bw e BC.

As Figuras 13B e C apresentam as falhas nas linhas de cajueiro devido ao período prolongado de estiagem ocorrendo predomínio de vegetação espontânea de rápido desenvolvimento, em um período atípico de chuvas está localizado próxima a uma área de vegetação nativa preservada que divide a área coletiva de culturas anuais, das áreas destinadas ao cultivo do cajueiro.

A



B



C



Figura 13. A - Perfil 6 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico), B e C - Aspectos da paisagem.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

O perfil 7 (Área do Cajueiro 2) identificado como LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico, área desmatada, plantio de cajueiro e pastejo de animais, relevo plano, devido ao período prolongado de secas, parte dos cajueiro morreram, necessitando de replantio apresenta sequência de horizontes Ap-BA-Bw-BC com profundidade superior a 126 cm, sendo considerado um solo profundo (Tabela 5; Figura 14).

A Figura 14A demonstra o perfil de solo aberto, onde as transições são clara e ondulada no horizonte A, gradual e plana em BA, difusa e plana no horizonte diagnóstico Bw e BC. Apresenta coloração amarela ao longo do perfil, de valor 7,5YR.

As Figuras 14B e C apresentam as falhas nas linhas de cajueiro devido ao período prolongado de estiagem e o predomínio da vegetação espontânea de rápido desenvolvimento, em um período atípico de chuvas.

A



B



C



Figura 14. A – Perfil 7 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico), B e C - Aspectos da paisagem.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

Tabela 5. Descrição morfológica e classificação do solo dos perfis 6 e 7 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.

Horiz.	Prof. cm	Transição	Cor Munsell		Estrutura			Consistência			Raízes		Nódulos e CM	Coordenadas Geográficas	
			Seco	Úmida	GD	Classe	Tipo	Úmida	Seco	Molhado Plastic. Pegaj.	Quant.	Diâm.			
PERFIL 6 - ML (Área de Cajueiro com sumidouro - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)															
A	0 – 5	Co	10YR 4/3	7,5YR 3/3	3	Mp	Bls	MF	LD	Lg	LP	R	Mfi	A	S 05°31'53,7" W 37°53'50,8"
AB	5 – 20	Co	7,5YR 5/4	7,5YR 4/4	1	Mp a P	Bls	MF	LD	Lg	LP	A	A	A	
BA	20 – 40	Dp	7,5YR 5/6	5YR 4/6	1	Mp a P	Bls	F	LD	Lg	LP	A	A	A	
Bw	40 – 120	Dp	7,5YR 5/8	5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	F	LD	Lg	LP	R	Fi	A	
BC	120 – 140+		7,5YR 5/8	5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	MF	LD	Lg	LP	A	A	A	
PERFIL 7 - ML (Área do cajueiro 2 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)															
Ap	0 - 5	Co	7,5YR 4/3	7,5YR 3/2	3	Mp	Bls	MF	LD	Lg	LP	R	Mfi	A	S 05°31'51,2" W 37°54'02,9"
BA	5 -- 23	Gp	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	1	Mp a P	Bls	MF	LD	Lg	LP	A	A	A	
Bw	23 -- 75	Dp	7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	1	Mp a P	Bls	F	LD	Lg	LP	A	A	A	
BC	75 -- 126+		7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	3	Mp a P	Bls	F	LD	Lg	LP	R	Fi	A	

Nota: GD - GRAU DE DESENVOLVIMENTO. Plastic: PLASTICIDADE. Pegaj: PEGAJOSIDADE. CM: CONCREÇÕES MINERAIS. Transição: a - abrupta; c - clara; g - gradual; d - difusa; p - plana; o - ondulada. Estrutura: 1 – maciço; 2 – fraco; 3 – moderada; 4 – forte; Mp - muito pequena; P - pequena; Me - média; Bls - blocos subangulares. Consistência: F - friável; MF - muito friável; Fi - firme, D- duro; LD- ligeiramente duro; MD - muito duro; Lg - ligeiramente plástico; Pe - ligeiramente pegajoso; MPe - muito pegajoso. Raízes: Pc - poucas; R - raras; Mfi - muito finas; fi - finas. Nódulos e CM: MPc - muito pouco; Pc - pouco; E - esférico; Fr - frequente; Dom - dominante; pq - pequeno; gr - grande. A: ausente.

Há predominância de matizes amarelados nos solos estudados, característica também encontrada por Oliveira (2012) ao caracterizar solos da Chapada do Apodi situadas do estado do Ceará.

A estrutura variou de muito pequena a média do tipo bloco subangulares para área de estudo. As raízes são consideradas poucas a raras com diâmetro muito fino a fino.

A escolha da área que se encontram os perfis 6 e 7 para o plantio do cajueiro foi realizado de forma empírica, isto é, os assentados, ao notarem que aquela área apresentava-se mais arenosa e provavelmente mais profunda, deram a entender que seria a melhor área para o desenvolvimento do sistema radicular profundo, como seria o caso do cajueiro. Demonstrando, assim, a importância da conexão do conhecimento popular ao conhecimento científico, com a participação de todos para melhor difusão do saber.

De maneira geral, as 7 classes de solos estudados apresentaram variações morfológicas, físicas e químicas entre si. As manchas de Latossolos provavelmente deve-se a sua localização do topo da chapada, onde geralmente são encontrados solos mais intemperizados, profundos e com maiores teores da fração areia. Neles identificamos boa cobertura vegetal, principalmente de plantas que possuem raízes profundas. A Tabela 6 apresenta o tamanho equivalente a cada classe de solo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN. Nota-se a predominância de solo da classe dos Latossolos com uma área equivalente a 52,13% da total do assentamento, seguido pelo Cambissolo com 24,40 % e Argissolo com 23,47%, conforme Figura 14.

Tabela 6. Percentagem de área que cada classe de solo ocupa no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN.

Classe de solo	Área (ha)	Percentagem de área (%)
ARGISSOLO AMARELO	129,09	23,47
CAMBISSOLO HÁPLICO	134,16	24,40
LATOSSOLO	286,66	52,13
TOTAL	549,91	100

Os solos identificados na Chapada do Apodi são complexo em função da sua pedogênese podendo encontrar Latossolos com caráter eutrófico ($SB \geq 50$ %), devido ao regime de precipitação pluvial baixo, dificultando a lixiviação das bases trocáveis (Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio), como também, podendo apresentar variabilidade textural (Ernesto Sobrinho, 1979). Estudos posteriores demonstram que apesar da relativa

homogeneidade de fatores, a região constata a presença de variedade de solos com características contrastantes (Oliveira, 2012; Mota et al, 2007; Alencar, 2002).

6.2. Análises físicas do solo

De forma geral, os perfis em estudo apresentaram variação na classificação textural, onde em superfície, o P4 (Argissolo) classificado como franco arenosa e nos demais perfis, P1 (Latosolo), P2 (Cambissolo), P3 (Latosolo), P5 (Cambissolo), P6 (Latosolo) e P7 (Latosolo), franco argilo arenosa. E em subsuperfície variando de argilo arenoso a muito argiloso, tendo destaque, o horizonte diagnóstico Bt do P4 (Argissolo) com textura muito argilosa. Sendo a textura, considerada uma das características estáveis, por ser inerente ao material de origem e modificada lentamente com o tempo pela ação do intemperismo, a qual representa a distribuição quantitativa das partículas sólidas minerais (areia, silte e argila) demonstrando importância para identificação e classificação dos solos e influencia diretamente na retenção de água e disponibilidade para as plantas (Ferreira, 2010; Nunes, 2014).

Quando determina-se a textura do solo possibilita-se obter estimativa indireta para fatores como a dinâmica da água no solo, resistência do solo à penetração, capacidade de troca de cátions, entre outros. Solo de textura franca são considerados de boa drenagem, capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade, por serem densos, solos argilosos apresentam dificuldade de manejá-los, em função das forças de coesão e adesão, uma vez que os teores de argila são superiores a 35 %, o que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e uso de mecanização, promovendo uma suscetibilidade à compactação (Centeno et al., 2017; Klein, 2014).

Verifica-se nas Tabelas 7 e 9 que os perfis de Latossolo (P1, P3, P6 e P7) apresentaram maior concentração da fração areia, com redução ao longo do perfil, os valores variaram de 812 a 660 g kg⁻¹ em superfície, ocorrendo um decréscimo expressivo a partir dos horizontes de transição, com predominância da fração areia grossa em subsuperfície. Mota et al. (2008) verificou altos valores da fração areia ao longo do perfil em área de cultivo de melão da Chapada do Apodi. Seguidos pelos perfis de Cambissolo (P2 e P5) com valores altos da fração areia em superfície, verificando-se um decréscimo acentuado nos horizontes de transição.

As classes dos Latossolos apresentaram baixos teores da fração silte, comparada as demais classes (Tabela 7 a 9) característico dessa classe, com leve acréscimo no horizonte

BC, porém há destaque no horizonte BC para os perfis 1 e 6 que demonstraram um acréscimo considerável em seus valores, quase que o dobro em comparação aos demais perfis, valores baixos de silte é um indicativo de solo intemperizado. Em pesquisa realizada por Mota et al. (2008), verificou-se valores baixos da fração silte ao longo do perfil de Latossolo. Para os perfis de Cambissolos, a fração silte foi expressiva, com acréscimo ao longo do perfil, e no Argissolo, os valores dessa fração apresentam-se mais elevados. Ao comparar-se os valores da fração silte para as 3 diferentes classes de solo, verifica-se que o Argissolo (P4) é menos intemperizado, seguido dos Cambissolos (P2 e P5) e dos Latossolos (P1, P3, P6 e P7).

As áreas apresentam altos teores da fração argila que promovem as mudanças texturais ao longo dos perfis estudados. No P1 (Latossolo), a fração argila passar de 253 g kg⁻¹ no horizonte A para 416 g kg⁻¹ no horizonte AB, mantendo-se com valores superiores a 500 g kg⁻¹ nos horizontes subjacentes (Tabela 7), valores esses que condicionam a característica argissólica, no quarto nível categórico. O P2 (Cambissolo), a fração argila passa de 251 g kg⁻¹ no horizonte A para 450 g kg⁻¹ no horizonte BA, mantendo-se com valores superiores a 500 g kg⁻¹ no restante do perfil (Tabela 7), caracterizando-se textura argilosa em quase todo o perfil, é uma área de deposição de sedimentos, tendo acúmulo de partículas vindas de locais mais elevados do relevo, que em épocas de chuvas mais intensas, pode chegar a formar uma pequena lagoa que diminui de volume de forma lenta, provavelmente devido aos valores elevados de partículas finas como silte e argila, comprometendo a drenagem, conseqüentemente, dificultando a infiltração de água solo. O horizonte C, apresentou carbonato de cálcio (CaCO₃) com valor de 248,16 g kg⁻¹, sendo uma exceção das demais classes e horizontes, pois apresentou efervescência na TFSA antes da realização das análises, sendo necessário realização de pré-tratamento com HCl, para a quantificação da fração argila de forma eficiente. Também na Tabela 7, encontra-se os valores da fração argila do P3 (Latossolo), passa de 287 g kg⁻¹ no horizonte A para 407 g kg⁻¹ no horizonte BA, aumentando para 512 g kg⁻¹ no horizonte diagnóstico Bw, com redução no horizonte subsequente 472 g kg⁻¹.

O P4 (Argissolo) apresentou 140 g kg⁻¹ da fração argila no horizonte A e 420 g kg⁻¹ no horizonte BA, chegando a atingir 650 g kg⁻¹ no horizonte diagnóstico Bt, com redução nos horizontes subsequentes, porém, mantendo valores superiores a 500 g kg⁻¹, com a mesma tendência no P5 (Cambissolo) que foi de 211 g kg⁻¹ no horizonte A e 426 g kg⁻¹ no horizonte BA, aumentando nos horizontes subsequentes, com classificação textural argilosa em profundidade (Tabela 8).

Os Latossolos (perfis 6 e 7) estão localizados na mesmas características da paisagem, porém, diferem quanto as propriedades físicas do solo (Tabela 9). No P6, a fração argila é de 137 g kg⁻¹ no horizonte A e 342 g kg⁻¹ no horizonte AB, mantendo-se com valores superiores a 400 g kg⁻¹ (francos argilo arenosa) no restante do perfil. O P7, a fração argila é de 128 g kg⁻¹ no horizonte A para 400 g kg⁻¹ no horizonte BA, chegando a atingir 560 g kg⁻¹ (argilosa) no horizonte diagnostico Bw, voltando a reduzir nos horizontes subsequentes.

Segundo Dou et al. (2016) solos argilosos possuem maior teor de matéria orgânica em comparação aos arenosos, onde a argila promove menores perdas de matéria orgânica e conseqüentemente maior capacidade de água disponível à planta. Vale ressaltar que para essa interação ocorrer, se faz necessário a presença de água.

A relação silte/argila representa o grau de intemperização dos solos, onde as classes em estudo, de forma geral, apresentaram intemperismo químico acentuado, com exceção do horizonte A do P4 (Argissolo) que demonstrou uma relação silte/argila superior a 0,7, limite estabelecido para solos de textura média em regiões tropicais, podendo ser explicado pela predominância da fração areia nesse horizonte, uma vez que as areias são de origem de minerais primários com predominância de quartzo, que são resistentes ao intemperismo químico, podendo ser justificado pelo padrão climático da região em estudo.

Com relação ao grau de flocculação, os valores foram baixo para a maioria dos horizontes de solo das áreas estudadas apresentando valor muito baixo no horizonte A do P3 (16,83 %), horizonte A e BA do P4, 14,29 % e 16,11 %, respectivamente, no horizonte diagnostico Bi do P5 com 18,88 % e 14,80 % no horizonte AB do P6. Em contra partida, notou-se que os horizontes C do P2 (Cambissolo), BC do P5 (Cambissolo) e Bw do P7 (Latosolo) apresentaram valores superiores a 80 % para o grau de flocculação. Os demais horizontes mantiveram valores entre 30 e 50 % (Tabelas 7, 8 e 9).

O grau de flocculação representa a estabilidade dos agregados, onde quanto mais próximo de 100% for seu valor, mais estável serão. Isso quer dizer que, quanto mais estáveis forem os agregados do solo, melhor será aeração do solo, retenção de água, menor será a lixiviação de nutrientes e principalmente, menor será a susceptibilidade ao processo erosivo (Tisdall & Oades,1982).

A densidade do solo variou de 1,23 a 1,85 g cm⁻³, com destaque para os Latossolos que mantiveram valores altos e com pouca variação ao longo do perfil, sendo P1 o que apresentou maior densidade do solo com 1,85 g cm⁻³ no horizonte BA, podendo ser justificado pela predominância da fração areia. Os Cambissolos diferiram entre si, o P2

apresentou alta densidade de solo no horizonte A ($1,71 \text{ g cm}^{-3}$), podendo ser justificado pela predominância da fração areia em superfície (653 g kg^{-1}), em seguida, reduzindo os valores de densidade para $1,32$, $1,43$ e $1,23 \text{ g cm}^{-3}$ para os horizontes BA, Bi e BC respectivamente, no P5 verificou-se uma redução gradativa ao longo do perfil, sendo de $1,55$, $1,52$, $1,42$ e $1,35 \text{ g cm}^{-3}$ para os horizontes Ap BA, Bi e BC, respectivamente. Segundo Ferreira et al (2010) para restrição ao desenvolvimento de raízes, os valores críticos de Ds estão próximos a $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ para solos com textura argilosa, esses valores são dependentes de vários fatores, dentre eles, a textura do solo, o teor de matéria orgânica e os usos agrícolas.

Alves et al (2015) obteve menores valores de Ds em área de mata nativa, sendo associado a presença de matéria orgânica, o que promove uma maior resistência a compactação em comparação a área de pastagem, plantio de soja e integração lavora pecuária em um Latossolo.

Fonseca et al, (2007) ao avaliar um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos localizado no bioma do Cerrado obteve valores abaixo do críticos para os diferentes usos, com variações de $0,97$ a $1,26 \text{ g cm}^{-3}$ em superfície e $1,02$ a $1,37 \text{ g cm}^{-3}$ em subsuperfície, esta área foi submetida à irrigação sob sistema pivô central, em sistema plantio direto, tendo como referência vegetação típica de cerrado sob interferência antrópica.

O valores de porosidade total (PT) variaram entre $28,96$ a $59,44 \%$, com destaque para o horizonte BC do P2 que obteve maior porosidade total entre os horizontes estudados de $59,44 \%$, consequência da baixa densidade do solo. No P1, a PT iniciou com $39,81 \%$ no horizonte superficial seguido de $36,01$ no horizontes AB e reduzindo para $28,96 \%$ para o horizontes BA, valores este considerado mínimo atingido para PT, no horizonte diagnóstico Bw atinge $40,76 \%$ ocorrendo uma pequena redução para $39,07 \%$ no horizonte BC, em função do incremento da fração argila. O P2, no horizonte superficial A, o valor foi de $31,81 \%$, variando em subsuperfície para $47,69 \%$ no horizonte BA, $45,10 \%$ no horizonte diagnóstico Bi e atingindo $59,44 \%$ no BC. A porosidade total no P3 iniciou com valor de $36,58 \%$ no horizonte A aumentando ao longo do perfil, chegando a $44,28 \%$ no horizonte Bi (Tabela 7).

No P4, os valores de PT foram próximos, variando de $42,85$ a $48,71 \%$. No P5, os valores permanecendo na casa dos 40% , com sutil acréscimo em subsuperfície. O P5, a PT variou de $38,81$ à $50,96 \%$ (Tabela 8). Para o P6, os valores de PT foram nos horizontes A, AB, BA, Bw e BC de $37,24$, $36,95$, $44,83$, $47,97$ e $44,21 \%$, respectivamente. O P7, a PT apresentou variação de $39,19$ à $48,69 \%$ em profundidade (Tabela 9). Fonseca et al, (2007) ao

avaliar um Latossolo Vermelho do bioma do Cerrado, obteve valores de PT superiores a 50%, destacando a área de cerradão, com os solos profundos, de média e baixa fertilidade e teores de matéria orgânica nos horizontes superficiais médios, com PT igual a 60 %.

Tabela 7. Granulometria, argila dispersa em água (ADA), relação silte/argila, grau de floculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp), porosidade total (PT) e classificação textural nos perfis 1, 2 e 3 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horizonte Diagnóstico (cm)	Distribuição do Tamanho de Partículas					ADA	Relação Silte/Argila	GF	Ds	Dp	PT	TEXTURA
	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila							
	g kg ⁻¹											
PERFIL 1 - ML (Área em Recuperação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico)												
A (0 - 4)	503	157	660	87	253	198	0,34	21,78	1,60	2,65	39,81	Franco Argilo Arenoso
AB (4 - 17)	359	133	492	92	416	322	0,22	22,52	1,61	2,51	36,01	Argilo Arenoso
BA (17 - 48)	259	112	371	81	548	352	0,15	35,76	1,85	2,60	28,96	Argiloso
Bw (48 - 120)	280	117	397	97	506	354	0,19	30,09	1,51	2,55	40,76	Argiloso
BC (120 - 155+)	271	111	382	148	470	323	0,31	31,17	1,60	2,62	39,07	Argiloso
PERFIL 2 - ML (Área da Lagoa - CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico)												
A (0 - 3)	564	89	653	96	251	179	0,38	28,88	1,71	2,51	31,81	Franco Argilo Arenoso
BA (3 - 15)	302	113	415	135	450	301	0,30	33,18	1,32	2,53	47,69	Argiloso
Bi (15 - 54)	230	81	311	153	536	305	0,29	43,09	1,43	2,61	45,10	Argiloso
BC (54 - 75)	119	60	179	230	591	322	0,39	45,58	1,23	3,04	59,44	Argiloso
C (75 - 85+)*	288	34	322	137	541	40	0,25	92,70	-	2,60	-	Argiloso
PERFIL 3 - ML (Área de Reserva do IBAMA - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)												
A (0 - 7)	473	184	656	57	287	239	0,20	16,83	1,67	2,63	36,58	Franco Argilo Arenoso
BA (7 - 25)	399	158	556	37	407	311	0,09	23,62	1,72	2,74	37,30	Argilo Arenoso
Bw (25 - 97)	318	126	444	44	512	323	0,09	36,93	1,62	2,91	44,28	Argiloso
BC (97 - 140+)	342	137	479	49	472	285	0,10	39,53	1,58	2,73	42,01	Argilo Arenoso

*Horizonte que foi quantificado o equivalente carbonato de cálcio (CaCO₃) = 248,16 g kg⁻¹.

Tabela 8. Granulometria, argila dispersa em água (ADA), relação silte/argila, grau de floculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp), porosidade total (PT) e classificação textural nos perfis 4 e 5 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horizonte Diagnóstico (cm)	Distribuição do Tamanho de Partículas					ADA	Relação Silte/Argila	GF %	Ds g cm ⁻³	Dp g cm ⁻³	PT %	TEXTURA
	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total g kg ⁻¹	Silte	Argila							
PERFIL 4 - ML (Área Agroecológica - ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico)												
A (0 - 3)	510	150	660	200	140	120	1,43	14,29	1,43	2,54	43,79	Franco Arenoso
BA (3 - 16)	323	112	435	145	420	352	0,35	16,11	1,49	2,60	42,85	Argiloso
Bt (16 - 95)	177	80	257	93	650	321	0,14	50,62	1,36	2,58	47,47	Muito Argiloso
BC (95 - 118)	182	88	270	144	586	326	0,25	44,41	1,32	2,58	48,71	Argiloso
C (118 - 130+)	165	92	257	190	553	352	0,34	36,40	-	2,65	-	Argiloso
PERFIL 5 - ML (Área Coletiva - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico)												
Ap (0 - 6)	472	248	720	69	211	166	0,33	21,21	1,55	2,63	41,11	Franco Argilo Arenoso
BA (6 - 18)	367	158	525	47	428	320	0,11	25,34	1,52	2,48	38,83	Argilo Arenoso
Bi (18 - 60)	253	107	360	173	467	379	0,37	18,88	1,42	2,54	43,99	Argiloso
BC (60 - 105)	235	121	356	126	518	70	0,24	86,49	1,35	2,76	50,96	Argiloso
C (105 - 145+)	222	127	349	145	506	294	0,29	41,83	-	2,69	-	Argiloso

Tabela 9. Granulometria, argila dispersa em água (ADA), relação silte/argila, grau de floculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp), porosidade total (PT) e classificação textural nos perfis 6 e 7 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horizonte Diagnóstico (cm)	Distribuição do Tamanho de Partículas					ADA	Relação Silte/Argila	GF %	Ds g cm ⁻³	Dp g cm ⁻³	PT %	TEXTURA
	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila							
	g kg ⁻¹											
PERFIL 6 - ML (Área de Cajueiro com sumidouro - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)												
A (0 - 5)	513	289	802	61	137	92	0,45	32,70	1,62	2,59	37,24	Franco Arenoso
AB (5 - 20)	445	173	618	40	342	291	0,12	14,80	1,62	2,57	36,95	Franco Argilo Arenoso
BA (20 - 40)	343	145	488	30	482	325	0,06	32,48	1,49	2,71	44,83	Argilo Arenoso
Bw (40 - 120)	311	147	458	87	455	275	0,19	39,63	1,51	2,90	47,97	Argilo Arenoso
BC (120 - 140)	306	172	478	109	413	284	0,26	31,20	1,51	2,71	44,21	Argilo Arenoso
PERFIL 7 - ML (Área do cajueiro 2 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)												
Ap (0 - 5)	548	264	812	64	124	89	0,52	27,90	1,52	2,79	45,65	Areia Franca
BA (5 - 23)	398	176	574	26	400	275	0,07	31,35	1,56	2,56	39,19	Argilo Arenoso
Bw (23 - 75)	282	128	410	30	560	88	0,05	84,23	1,41	2,70	47,55	Argiloso
BC (75 - 126+)	320	159	479	78	443	247	0,18	44,35	1,42	2,77	48,69	Argilo Arenoso

Análise Multivariada

A Tabela 10 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis dos atributos físicos dos solos nos ambientes em estudo. O estudo da matriz demonstrou a existência de correlações significativas para Areia, Argila, Ds e Dp com as variáveis ADA e PT

Tabela 10. Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos físicos do solo nas áreas em estudo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

	Areia	Silte	Argila	ADA	S/A	GF	Ds	Dp	PT
Areia	1,00								
Silte	-0,47	1,00							
Argila	-0,95	0,15	1,00						
ADA	-0,59	0,17	0,60	1,00					
S/A	0,31	0,59	-0,56	-0,39	1,00				
GF	-0,48	-0,04	0,55	-0,33	-0,32	1,00			
Ds	0,52	-0,53	-0,38	0,01	-0,16	-0,42	1,00		
Dp	-0,21	0,07	0,21	-0,10	-0,13	0,38	-0,25	1,00	
PT	-0,50	0,43	0,40	-0,06	0,06	0,51	-0,91	0,63	1,00

Nota: ADA – argila dispersa em água, S/A – relação silte/argila, GF – grau de floculação, Ds – densidade do solo, Dp – densidade de partícula, PT – porosidade total.

De maneira geral observa-se que ocorreu correlação positiva para as variáveis areia e Ds conforme Tabela 9, em função dos valores demonstrados significativos por meio da análise da matriz de correlação.

A areia se correlacionou negativamente com silte, argila, ADA, GF e PT. A argila se correlacionou positivamente com ADA, GF e PT, e negativamente com S/A e Ds. A variável Ds correlacionou-se negativamente com PT. A variável Dp correlacionou positivamente com PT. Nenhuma das variáveis avaliadas mostraram-se independentes.

Na Figura 15, o dendrograma representa as variáveis da pesquisa, onde a escala vertical indica o nível de similaridade e, no eixo horizontal, os indivíduos na ordem em que são agrupados. As linhas verticais correspondem ao nível em que os mesmos são considerados semelhantes.

O dendrograma reflete o número de grupos formados pelas mesmas características. Pode-se observar que o gráfico é formado com base nos pares de objetos mais similares, ou

seja, com a menor distância entre eles. Logo após, estes objetos, ou grupos já formados, vão reunir-se em razão de similaridade decrescente (Figura 15).

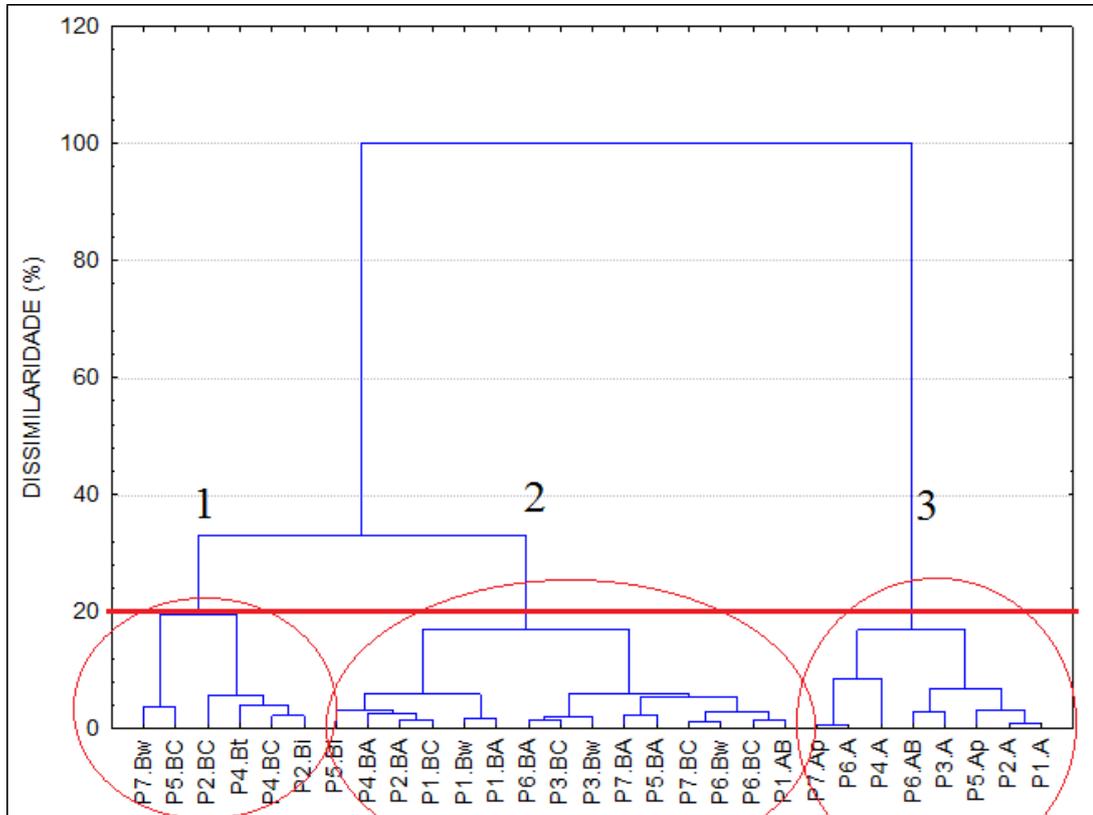


Figura 15. Dendrograma vertical da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.

Nota: Refere-se aos perfis (P1 - Latossolo, P2 - Cambissolo, P3 - Latossolo, P4 - Argissolo, P5 - Cambissolo, P6 - Latossolo e P7) e os horizontes dos perfis.

A partir dos atributos selecionados foram produzida uma classificação das áreas em função da similaridade entre os ambientes estudados. Nota-se a formação de 3 grupos, sendo o grupo 1 (G1) foi definido com referência ao horizonte superficial de todos os perfis e horizonte subsequente para perfil 6 (P1.A, P2.A, P5.Ap, P3.A, P6.AB, P4.A, P6.A, e P7.Ap) com similaridade devido a textura do solo (areia e argila) e a ADA. O grupo 2 (G2) representado por P1.AB, P6.BC, P6.Bw, P7.BC, P5.BA, P7.BA, P3.Bw, P6.BA, P1.BA, P1.BC, P2.BA, P4.BA e P5.Bi apresentaram maior similaridade devido a fração silte, Ds e Dp demonstrado pelas análises físicas (Tabelas 7, 8 e 9). O grupo 3, representado por P7.Bw, P5.BC, P2.BC, P4.Bt, P4.BC e P2.Bi, demonstrou similaridade pelo GF e PT que confirme análises, apresentam um aumento de PT em profundidade provavelmente pelo aumento n GF.

A Tabela 11 apresenta as cargas fatoriais dos atributos físicos dos solos, onde foram analisados e obtidos os respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumulada, e onde são apresentados os resultados, para os atributos químicos, utilizando critérios para determinar a quantidade de fatores suficientes para a análise, onde considera as variáveis que expliquem no mínimo 80% da variabilidade total dos dados com os autovalores, como também, a explicação das variâncias associadas aos fatores gerados e a explicação das variâncias acumuladas. Obtendo assim, como principais resultados os fatores 1, 2 e 3, os quais explicaram 84,63% da variação dos dados, considerando apenas as variáveis em destaque (negrito), conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11. Cargas fatoriais dos atributos físicos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumuladas.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Areia	-0,29	-0,87	0,35
Silte	0,93	0,19	0,01
Argila	-0,02	0,90	-0,39
ADA	0,01	0,87	0,39
S/A	0,75	-0,55	0,22
GF	-0,10	0,15	-0,87
Ds	-0,67	-0,20	0,58
Dp	-0,02	0,01	-0,69
PT	0,53	0,16	-0,77
Autovalores	3,74	2,23	1,65
Variância Total	41,52	24,82	18,29
Variância Acumulada	41,52	66,34	84,63

Nota: ADA – argila dispersa em água, S/A – relação silte/argila, GF – grau de floculação, Ds – densidade do solo, Dp – densidade de partícula, PT – porosidade total.

O fator 1 permitiu estimar as variáveis silte, S/A e Ds, enquanto que o fator 2 destacou a areia, argila e ADA. O fator 3 destacou o GF, Dp e PT, o destaque para as variáveis acima citadas deve-se em função das mesmas terem apresentado maiores cargas fatoriais, com uma variância acumulada de 66,34% para os fatores 1 e 2, com uma maior representatividade dos ambientes em estudo.

Ao analisar as cargas fatoriais dos atributos físicos dos solos, assim como, seus respectivos autovalores, variâncias totais e acumuladas conclui-se que o fator 1, considerado

fator de maior influência na diferenciação dos ambientes apresentou altas cargas fatoriais com variáveis relacionadas a fração silte dos solos.

Assim, esta é representada pela variável Silte e S/A para o fator 1 e, posteriormente, complementado com as variáveis Areia, Argila e ADA para o fator 2.

A análise da Figura 16, que representa os diagramas de projeção dos vetores para o círculo de correlação e a nuvem de variáveis permite confirmar a influência dos atributos físicos para diferenciação dos ambientes em estudo.

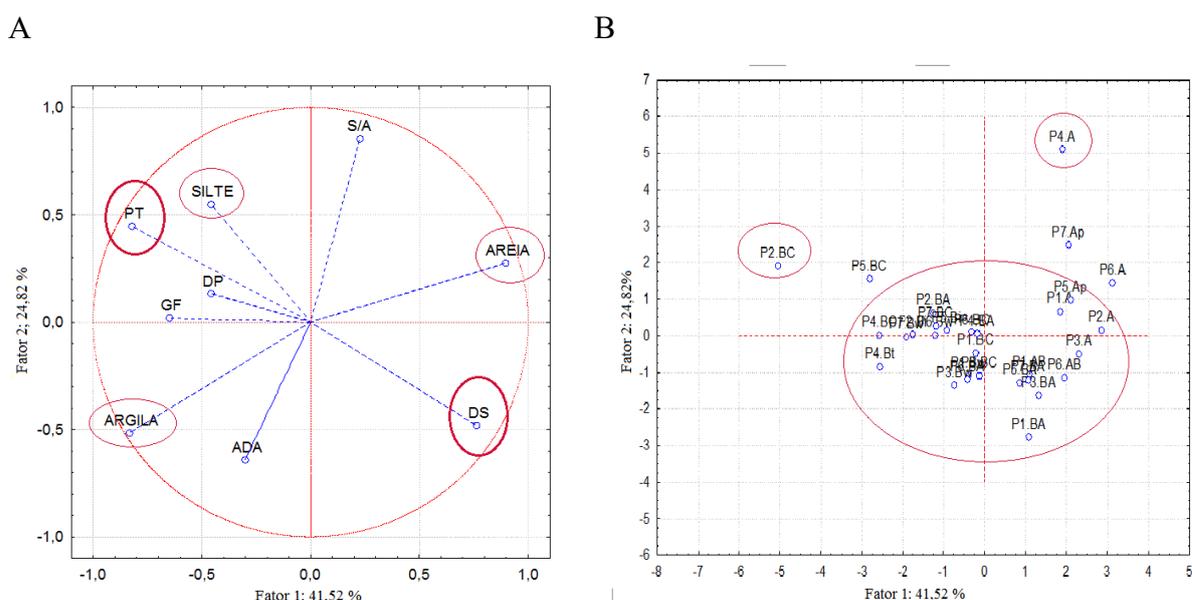


Figura 16. Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre fatores 1 e 2 (B).

Nota: ADA – argila dispersa em água, S/A – relação silte/argila, GF – grau de floculação, Ds – densidade do solo, Dp – densidade de partícula, PT – porosidade total, refere-se aos perfis (P1 - Latossolo, P2 - Cambissolo, P3 - Latossolo, P4 - Argissolo, P5 - Cambissolo, P6 - Latossolo e P7) e os horizontes dos perfis.

No círculo de correlação (Figura 16A) as frações inorgânicas não se concentraram próximas, assim, pode-se inferir que os perfis estudados apresentaram variabilidade, quanto à textura, esse efeito reflete a predominância das variáveis que mais discriminaram os ambientes, retratando as inter-relações existentes para cada particularidade local. No círculo de correlação, a localização da Ds no quadrante oposto a PT, indica correlações negativas.

O horizonte A do P4 (Argissolo) destacou-se pela relação silte/argila (S/A), com também o horizonte BC do P2 (Cambissolo) destacou-se pelo PT. O horizonte superficial do P6 e do P7, ambos Latossolo, diferenciaram-se dos demais em função da fração areia do solo.

6.3. Análises químicas do solo

Após análise dos atributos químicos dos solos nos respectivos perfis e horizontes (Tabela 12, 13 e 14), verificou-se que não ocorreu variação expressiva nos valores de pH entre as classes de solos, variando de 5,89 a 7,33, com exceção do horizonte C do P2 (Cambissolo), que apresentou pH de 8,93, podendo ser explicado pela presença de carbonato de cálcio nesse horizonte. Esses valores classificam os horizontes de moderadamente ácido à praticamente neutro e, para o horizonte C do P2 (Cambissolo), classificado como extremamente alcalino. Rolim Neto et al. (2009), obteve valores semelhantes de pH em Cambissolos em uma topossequência, localizada em Minas Gerais.

Segundo Buckman & Brady (1979), em regiões áridas e semiáridas, devido a baixa precipitação pluvial, dentre as bases trocáveis, especialmente de cálcio, de magnésio e de carbonato de sódio. Dantas et al. (2011) observou-se valores de pH aproximadamente neutros em área de vegetação nativa (Caatinga) do perímetro irrigado Jaguaribe/Apodi no estado do Ceará.

A condutividade elétrica (CE) refere-se a quantificação de sais que estão presentes na solução do solo. Para os Latossolos, a CE apresentou valores baixos mantendo-se com pouca variação ao longo do perfil de solo, variando de 0,15 a 0,37 dS m⁻¹. Para os Cambissolos, a CE apresentou valores baixos, variando 0,19 a 0,53 dS m⁻¹, com exceção ao horizonte A do P2, que apresentou CE igual a 0,98 dS m⁻¹, provavelmente, influenciada por ser uma área deposição de sedimentos. O P4 (Argissolo), apresentou comportamento semelhante ao do P2 (Cambissolo), verificou-se valor de CE igual a 0,53 dS m⁻¹ no horizonte A e valores mais baixos com pouca variação nos demais horizontes subsequentes.

Os valores de COT variaram de 0,66 à 7,84 g kg⁻¹, onde o menor valor foi verificado no horizonte C do P5 e o maior valor no BA do P1. Verificou os maiores valores de COT em horizontes superficiais, variando de 4,80 g kg⁻¹ no P1 à 7,83 g kg⁻¹ no P3, valores estes, esperados para solos tropicais. Farias (2016) encontrou em Serra de Santana no Seridó valores que variaram de 6,27 no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico (RQo) à 18,87 g kg⁻¹ no LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico (LAe) nos horizontes superficiais. Valores mais elevados em superfície são promovidos devidos ao aporte vegetativo local e a redução em profundidade, características essas também observadas por outros autores sob diferentes condições de ambiente (Fabrício & Salton, 1999; Fonseca et al, 2007; Soler et al., 2002).

O P (Fósforo) apresenta uma variação nos diferentes tipos de solos. Os Latossolos (P1, P6 e P7) apresentam valores consideráveis em superfície variando de 5,66 mg dm⁻³ no horizonte Ap do P7, seguidos de 6,63 mg dm⁻³ no horizonte A do P6 e de 7,19 mg dm⁻³ no horizonte A do P1 com posterior redução ao longo do perfil para os três. Os Cambissolos (P2 e P5), apesar de serem da mesma classe apresentaram diferenciações, visto que, o P2 se destacou do P5, podendo ser explicado no P2, por ser área deposição de sedimentos e para o P5 por ser área de cultivo, o qual apresenta aproveitamento do P para a nutrição das plantas.

O K⁺ (Potássio) apresentou valores consideráveis em superfície com redução acentuada ao longo do perfil. O Na⁺ (Sódio) apresentou valores baixos para todos os horizontes dos perfis estudados.

Os solos apresentaram valores significativos de Ca²⁺ (Cálcio) e Mg²⁺ (Magnésio), principalmente, nos menos intemperizados (Cambissolo e Argissolo) com destaque para o P2 que apresenta em profundidade valores de 13,40 cmolc dm⁻³ no horizontes BC e 20,10 cmolc dm⁻³ no horizonte C. Para Ca²⁺, os valores variam de 2,50 a 20,10 cmolc dm⁻³ e para Mg²⁺ de 0,30 a 8,50 cmolc dm⁻³.

De modo geral, na CTC destes solos prevalece cálcio e magnésio, estando em menores concentrações os outros cátions. Nota-se baixos valores de acidez potencial e baixos valores ou ausência de alumínio no complexo de troca, fato também observado por Oliveira (2012) avaliando solos da Chapada do Apodi-CE.

A_v (saturação por bases) apresentou de modo geral, valores superiores a 70%, com exceção do horizonte BA do P6 e P7 ambos Latossolo, com valores de 68,25 e 66,27 %, respectivamente, sendo considerados eutróficos.

Não há ação de processos de solonização apesar da condição climática favorável demonstrados pelos valores de PST com variação de 0,21 a 0,68 %, sendo explicado provavelmente por baixos teores de minerais que contém sódio presentes na rocha calcária, conforme Oliveira (2012).

Tabela 12. Valores das análises químicas dos solos avaliados dos perfis 1, 2 e 3 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horizonte Diagnóstico (cm)	pH Água	CE dS m ⁻¹	COT g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ cmolc dm ⁻³	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	T	CTC	v	m %	PST
PERFIL 1 - ML (Área em Recuperação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico)																
A (0 - 4)	7,24	0,37	4,80	7,19	0,47	0,03	4,30	3,80	0,00	1,96	8,61	10,56	10,56	81,47	0,00	0,31
AB (4 - 17)	6,68	0,17	3,73	2,56	0,31	0,03	3,10	3,10	0,05	2,66	6,54	9,20	9,20	71,12	0,76	0,29
BA (17 - 48)	6,28	0,26	7,84	2,67	0,10	0,04	3,30	2,60	0,08	2,43	6,04	8,47	8,47	71,29	1,31	0,44
Bw (48 - 120)	6,80	0,17	4,93	2,88	0,05	0,03	3,40	3,00	0,07	1,40	6,48	7,88	7,88	82,26	1,07	0,38
BC (120 - 155+)	6,58	0,15	1,77	2,25	0,05	0,02	2,50	3,80	0,07	1,31	6,37	7,69	7,69	82,90	1,09	0,30
PERFIL 2 - ML (Área da Lagoa - CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico)																
A (0 - 3)	7,64	0,98	6,23	4,56	0,42	0,08	7,10	3,30	0,00	1,26	10,90	12,16	12,16	89,65	0,00	0,68
BA (3 - 15)	6,75	0,27	3,20	2,14	0,32	0,04	4,90	3,30	0,07	2,17	8,55	10,72	10,72	79,74	0,81	0,34
Bi (15 - 54)	6,51	0,19	3,54	2,14	0,05	0,03	6,40	3,40	0,12	2,18	9,88	12,06	12,06	81,93	1,20	0,21
BC (54 - 75)	7,10	0,21	2,95	3,09	0,04	0,06	13,40	6,20	0,07	1,77	19,70	21,47	21,47	91,78	0,35	0,29
C (75 - 85+)*	8,93	0,53	1,56	7,82	0,04	0,16	20,10	8,50	0,00	0,13	28,80	28,93	28,93	99,54	0,00	0,55
PERFIL 3 - ML (Área de Reserva do IBAMA - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)																
A (0 - 7)	7,30	0,21	7,83	2,88	0,37	0,02	3,30	3,00	0,00	1,18	6,70	7,87	7,87	85,05	0,00	0,29
BA (7 - 25)	6,51	0,22	4,38	1,09	0,21	0,03	4,10	0,70	0,18	1,60	5,04	6,63	6,63	75,96	3,45	0,45
Bw (25 - 97)	6,33	0,31	4,38	2,56	0,13	0,03	4,60	0,30	0,12	1,44	5,07	6,50	6,50	77,92	2,31	0,54
BC (97 - 140+)	6,93	0,17	2,19	1,40	0,10	0,03	4,30	1,00	0,15	1,05	5,44	6,49	6,49	83,81	2,68	0,54

*Horizonte que foi quantificado o equivalente carbonato de cálcio (CaCO₃).

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Al³⁺ – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável.

Tabela 13. Valores das análises químicas dos solos avaliados dos perfis 4 e 5 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horizonte Diagnóstico (cm)	Ph Água	CE dS m ⁻¹	COT g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ cmolc dm ⁻³	Mg ³⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	T	CTC	V	M %	PST
PERFIL 4 - ML (Área Agroecológica - ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico)																
A (0 - 3)	7,02	0,53	6,73	2,88	0,75	0,04	9,10	1,60	0,12	2,49	11,49	13,98	13,98	82,21	1,03	0,32
BA (3 - 16)	6,93	0,23	3,80	0,74	0,57	0,03	7,60	1,60	0,07	2,18	9,80	11,99	11,99	81,78	0,71	0,28
Bt (16 - 95)	6,13	0,26	3,71	0,87	0,09	0,06	6,80	2,00	0,08	2,16	8,95	11,11	11,11	80,55	0,89	0,52
BC (95 - 118)	6,42	0,18	2,93	1,06	0,09	0,05	7,40	1,70	0,15	1,58	9,24	10,82	10,82	85,41	1,60	0,49
C (118 - 130+)	6,58	0,18	2,42	0,74	0,10	0,05	8,20	1,40	0,22	1,46	9,75	11,21	11,21	86,95	2,21	0,45
PERFIL 5 - ML (Área Coletiva - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico)																
Ap (0 - 6)	7,10	0,20	4,83	1,32	0,41	0,02	4,30	1,60	0,23	1,32	6,33	7,65	7,65	82,76	3,50	0,30
BA (6 - 18)	6,89	0,19	3,80	0,67	0,20	0,02	3,60	0,70	0,15	1,02	4,52	5,54	5,54	81,54	3,21	0,37
Bi (18 - 60)	6,86	0,29	3,71	0,87	0,08	0,02	3,60	0,60	0,10	1,20	4,30	5,50	5,50	78,21	2,27	0,37
BC (60 - 105)	6,15	0,21	2,93	1,06	0,03	0,02	2,80	1,30	0,15	1,36	4,15	5,51	5,51	75,26	3,49	0,32
C (105 - 145+)	6,25	0,19	0,66	0,42	0,04	0,02	2,50	1,50	0,07	1,64	4,06	5,70	5,70	71,25	1,69	0,34

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Al³⁺ – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável.

Tabela 14. Valores das análises químicas dos solos avaliados dos perfis 6 e 7 no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Horizonte Diagnóstico (cm)	pH Água	CE dS m ⁻¹	COT g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ cmolc dm ⁻³	Mg ³⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	T	CTC	v	m %	PST
PERFIL 6 - ML (Área de Cajueiro com sumidouro -LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)																
A (0 - 5)	7,23	0,28	6,63	3,27	0,38	0,02	3,60	1,30	0,06	1,37	5,30	6,67	6,67	79,46	1,12	0,25
AB (5 - 20)	7,12	0,18	4,98	0,35	0,38	0,02	3,00	1,00	0,05	1,31	4,39	5,71	5,71	76,97	1,13	0,29
BA (20 - 40)	5,89	0,37	3,80	0,48	0,15	0,03	2,60	1,20	0,13	1,85	3,97	5,82	5,82	68,25	3,17	0,44
Bw (40 - 120)	6,74	0,25	3,71	0,35	0,04	0,03	3,30	1,40	0,05	0,96	4,78	5,73	5,73	83,31	1,04	0,56
BC (120 - 140)	7,33	0,15	3,61	0,54	0,04	0,02	3,10	1,60	0,05	0,73	4,77	5,49	5,49	86,78	1,04	0,42
PERFIL 7 - ML (Área do cajueiro 2 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)																
Ap (0 - 5)	7,12	0,28	5,66	6,44	0,35	0,02	2,40	1,20	0,05	0,91	3,97	4,87	4,87	81,38	1,24	0,37
BA (5 - 23)	5,98	0,23	3,80	0,42	0,20	0,03	1,70	0,90	0,10	1,44	2,83	4,27	4,27	66,36	3,41	0,76
Bw (23 - 75)	6,27	0,28	6,15	0,74	0,05	0,05	2,80	1,50	0,05	1,63	4,39	6,03	6,03	72,90	1,12	0,80
BC (75 - 126+)	6,47	0,14	3,90	0,61	0,03	0,02	2,60	1,20	0,05	1,10	3,84	4,94	4,94	77,75	1,28	0,36

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Al³⁺ – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável.

Análise Multivariada

Tabela 15. Matriz de correlação entre as variáveis da textura e dos atributos químicos do solo nas áreas em estudo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

	Areia	Silte	Argila	pH	CE	COT	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC	v	m	PST	
Areia	1,00																			
Silte	-0,53	1,00																		
Argila	-0,94	0,22	1,00																	
pH	0,27	0,18	-0,38	1,00																
CE	0,26	0,05	-0,32	0,43	1,00															
COT	0,60	-0,37	-0,54	0,07	0,29	1,00														
P	0,28	0,10	-0,37	0,67	0,50	0,20	1,00													
K ⁺	0,70	-0,04	-0,79	0,29	0,39	0,52	0,28	1,00												
Na ⁺	-0,32	0,27	0,26	0,58	0,56	-0,18	0,51	-0,10	1,00											
Ca ²⁺	-0,37	0,55	0,21	0,62	0,38	-0,25	0,46	0,01	0,88	1,00										
Mg ²⁺	-0,30	0,43	0,18	0,61	0,28	-0,18	0,65	-0,10	0,72	0,74	1,00									
Al ³⁺	-0,16	0,05	0,16	-0,44	-0,34	-0,24	-0,50	-0,11	-0,25	-0,09	-0,47	1,00								
(H+Al)	-0,14	0,20	0,08	-0,50	-0,04	0,22	-0,15	0,34	-0,24	-0,12	-0,07	0,12	1,00							
SB	-0,34	0,54	0,19	0,66	0,39	-0,22	0,57	0,01	0,88	0,97	0,87	-0,23	-0,10	1,00						
t	-0,36	0,57	0,20	0,61	0,39	-0,20	0,55	0,05	0,85	0,97	0,86	-0,22	0,00	0,99	1,00					
CTC	-0,36	0,57	0,20	0,61	0,39	-0,20	0,55	0,05	0,85	0,97	0,86	-0,22	0,00	0,99	1,00	1,00				
v	-0,14	0,47	-0,02	0,78	0,29	-0,15	0,47	0,01	0,62	0,74	0,60	-0,17	-0,46	0,74	0,69	0,69	1,00			
m	0,03	-0,33	0,09	-0,52	-0,32	-0,22	-0,54	-0,20	-0,39	-0,38	-0,62	0,82	-0,09	-0,49	-0,51	-0,51	-0,48	1,00		
PST	-0,11	-0,37	0,27	-0,12	0,36	0,02	-0,09	-0,28	0,42	0,04	-0,10	-0,05	-0,26	-0,01	-0,04	-0,04	-0,08	0,14	1,00	

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Al³⁺ – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável.

A Tabela 15 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis dos atributos químicos e a fração granulométrica dos solos nos ambientes em estudo. O estudo da matriz demonstrou a existência de correlações significativas para Areia, pH, Ca^{2+} , Na^+ e Mg^{2+} com as variáveis SB, CTC e V.

De maneira geral, observa-se que ocorreu correlação positiva para as variáveis pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} e SB, conforme Tabela 16, em função dos valores demonstrados significativos por meio da análise da matriz de correlação.

A areia se correlacionou positivamente com o COT e K^+ , e negativamente com a argila. A argila se correlacionou negativamente com o K^+ . A variável pH se correlacionou positivamente com a SB, CTC, t, V, P, Mg^{2+} . A variável P correlacionou positivamente com Mg^{2+} . A variável Na^+ se correlacionou positivamente com Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, t, CTC, V. A variável Ca^{2+} se correlacionou positivamente com Mg^{2+} , SB, t, CTC, V. A variável Mg^{2+} correlacionou-se positivamente com SB, t, CTC, V e negativamente com m. E por fim, a variável Al^{3+} correlacionou-se positivamente com m.

As variáveis Ca^{2+} , Na^+ e Mg^{2+} obtiveram altas correlações positivas com a soma SB, CTC, t e v.

As variáveis silte, CE, $(\text{H} + \text{Al}^{3+})$ e PST não obtiveram correlação significativa com as demais, sendo estas variáveis independentes.

Na Figura 16, o dendrograma representa as variáveis da pesquisa, onde a escala vertical indica o nível de similaridade e, no eixo horizontal, os indivíduos na ordem em que são agrupados. As linhas verticais correspondem ao nível em que os mesmos são considerados semelhantes.

O dendrograma reflete o número de grupos formados pelas mesmas características. Pode-se observar que o gráfico é formado com base nos pares de objetos mais similares, ou seja, com a menor distância entre eles. Logo após, estes objetos, ou grupos já formados, vão reunir-se em razão de similaridade decrescente (Figura 16).

A partir dos atributos selecionados foi produzida uma classificação das áreas em função da similaridade entre os ambientes estudados. Nota-se a formação de 4 grupos, sendo o grupo 1 (G1) definido com referência ao horizonte superficial de todos os perfis (P1.A, P2.A, P3.A, P5.Ap, P4.A, P6.A e P7.Ap) com similaridade devido a textura do solo (areia, silte e argila). O grupo 2 (G2) representado por P1.AB, P6.BC, P6.Bw, P7.BC, P3.BC, P6.BA, P3.BA, P7.BA, P5.BA, P6.AB com similaridade pH, COT, Ca^{2+} , SB, t, CTC. O grupo 3 (G3) representado por P1.BA, P1.Bw, P3.Bw, P7.Bw, P1.BC, P5.Bi, P5.BC, P5.C, P2.BA,

P4.BA com similaridade em CE, K⁺, PST e Al³⁺. O grupo 4 (G4) representado por P2.Bi, P2.C, P4.BC, P4.C, P4.Bt e P2.BC com similaridade em P, Mg²⁺, (H+Al³⁺) e m.

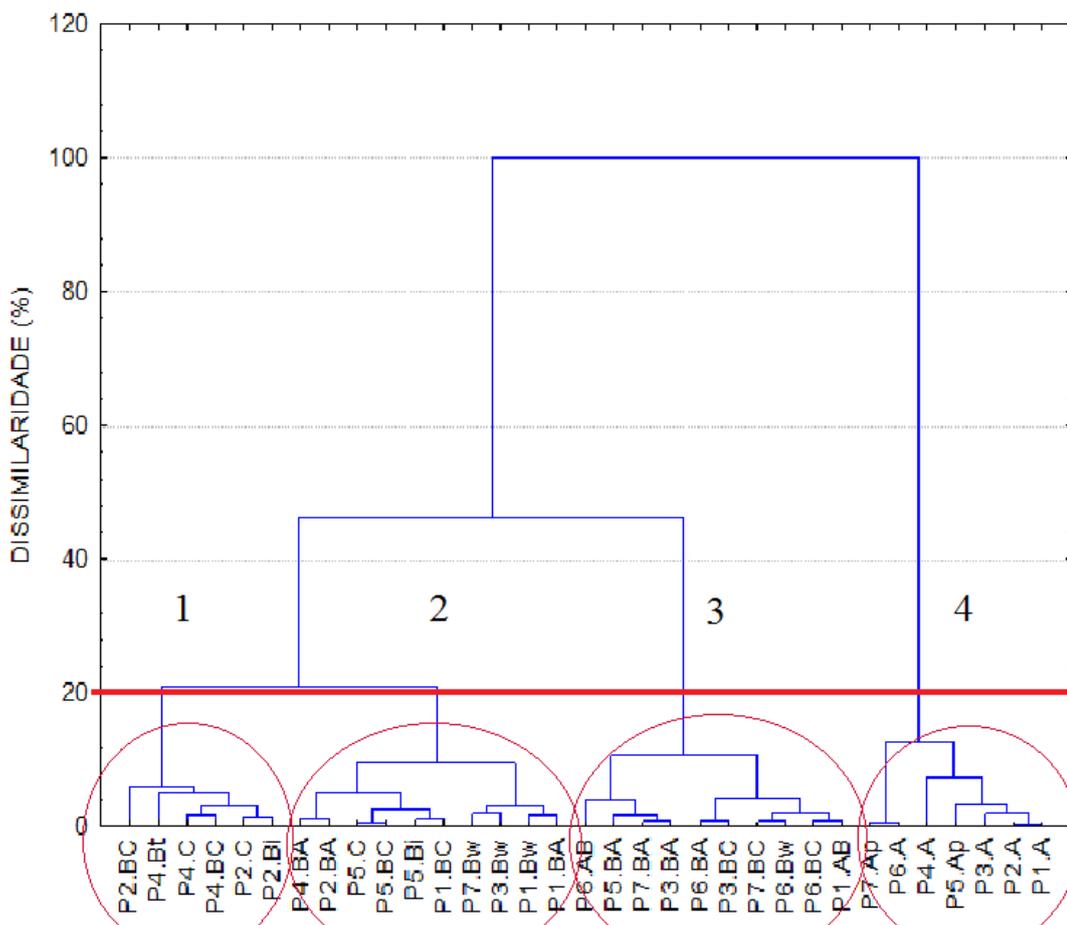


Figura 16. Dendrograma vertical da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.

Nota: Refere-se aos perfis (P1 - Latossolo, P2 - Cambissolo, P3 - Latossolo, P4 - Argissolo, P5 - Cambissolo, P6 - Latossolo e P7) e os horizontes dos perfis.

A Tabela 16 apresenta as cargas fatoriais dos atributos químicos dos solos associados a granulometria, onde foram analisados e obtidos os respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumulada, e onde são apresentados os resultados, para os atributos químicos, utilizando critérios para determinar a quantidade de fatores suficientes para a análise, onde considera as variáveis que expliquem no mínimo 70% da variabilidade total dos dados com os autovalores, como também, a explicação das variâncias associadas aos fatores gerados e a explicação das variâncias acumuladas. Obtendo assim, como principais resultados os fatores

1, 2 e 3 os quais explicaram 73,69 % da variação dos dados, considerando apenas as variáveis em destaque (negrito), conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. Cargas fatoriais da textura e dos atributos químicos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumuladas.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Areia	-0,25	-0,92	0,12
Silte	0,54	0,35	-0,55
Argila	0,08	0,92	0,08
pH	0,76	-0,41	0,20
CE	0,48	-0,44	0,30
COT	-0,14	-0,72	-0,02
P	0,67	-0,48	0,09
K ⁺	0,07	-0,79	-0,36
Na ⁺	0,86	0,16	0,37
Ca ²⁺	0,92	0,20	0,00
Mg ³⁺	0,89	0,08	-0,04
Al ³⁺	-0,40	0,41	-0,16
(H+Al)	-0,15	0,01	-0,73
SB	0,97	0,14	-0,02
t	0,96	0,14	-0,10
CTC	0,96	0,14	-0,10
v	0,79	-0,01	0,12
m	-0,65	0,31	0,16
PST	-0,03	0,16	0,79
Autovalores	8,03	3,99	1,98
Variância Total	42,28	20,98	10,43
Variância Acumulada	42,28	63,26	73,69

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Al³⁺ – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável.

O fator 1 permitiu estimar as variáveis pH, P, Na²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, t, CTC, v e m enquanto que o fator 2 destacou areia, argila, COT e K⁺. O fator 3 destacou a acidez potencial (H + Al) e PST, o destaque para as variáveis acima citadas deve-se em função das mesmas terem apresentado maiores cargas fatoriais, com uma variância acumulada de 63,26% para os fatores 1 e 2, com uma maior representatividade dos ambientes em estudo.

Ao analisar as cargas fatoriais dos atributos químicos dos solos analisados, assim como seus respectivos autovalores, variâncias totais e acumuladas podemos concluir que o fator 1, considerado fator de maior influência na diferenciação dos ambientes, apresentou altas cargas fatoriais com variáveis relacionadas a Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, t e CTC.

A análise da Figura 18, que representa os diagramas de projeção dos vetores para o círculo de correlação e a nuvem de variáveis permite confirmar a influência dos atributos químicos para diferenciação dos ambientes em estudo.

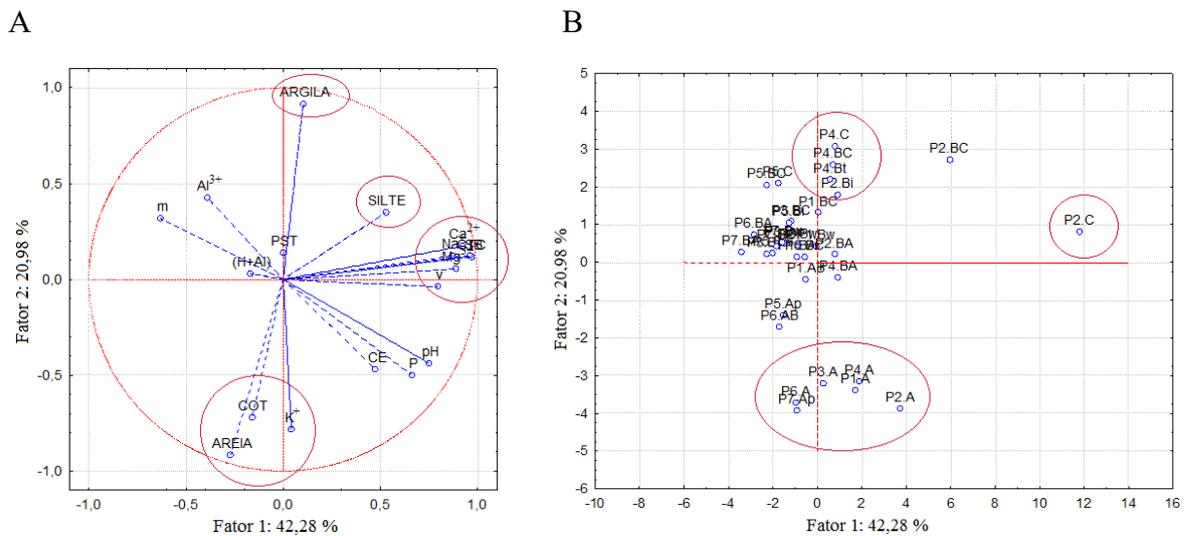


Figura 18. Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre fatores 1 e 2 (B).

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca^{2+} – cálcio; Mg^{2+} – magnésio; K^{+} – potássio; Na^{+} – sódio; Al^{3+} – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável, refere-se aos perfis (P1 - Latossolo, P2 - Cambissolo, P3 - Latossolo, P4 - Argissolo, P5 - Cambissolo, P6 - Latossolo e P7) e os horizontes dos perfis.

No círculo de correlação (Figura 17A) as frações inorgânicas silte e argila não se concentraram próximas da fração inorgânica areia, assim, pode-se inferir que os perfis estudados apresentaram variabilidade, quanto à textura, esse efeito reflete a predominância das variáveis que mais discriminaram os ambientes, juntamente com o COT, retratando as inter-relações existentes para cada particularidade local. No círculo de correlação, a localização da CE e do pH no quadrante oposto a Al^{3+} , indica correlações negativas.

O horizonte C do P2 (Cambissolo) destacou-se pelo Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , CTC e v, apresentando forte influência do material da origem rico em bases, principalmente Ca^{+2} e Mg^{+2} . Nos horizontes Bt, BC e C do P4 (Argissolo), como também, o horizonte Bi do P2 (Cambissolo), destacaram-se pela fração inorgânica de argila. O horizonte superficial de todos os perfis da área estudada (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) diferenciaram-se em função da fração inorgânica areia do solo, como também, pelo COT e K^+ presentes.

6.4. Teste de infiltração de água no solo

Teste de Infiltração

Os testes foram realizados em período seco, portando, em baixas condições de umidade do solo. Os valores de infiltração acumulada em função do tempo estão inseridos na Tabela 17 e expressos do Gráfico 1. Observar-se a expressiva diferença na distância percorrida pela água infiltrada no solo para os 7 ambientes estudados, onde pode-se notar que no P6 (Latossolo) verificou-se valores crescentes até alcançar 48,8 cm, seguido dos P3 (Latossolo), P7 (Latossolo), P2 (Cambissolo), P5 (Cambissolo), P1 (Latossolo) e P4 (Argissolo) com 40,5, 39,5, 15,2, 12,5, 8,8 e 4,0 cm, respectivamente. Com exceção do P1, os maiores valores de infiltração de água se dão nos perfis de latossolo, comportamento esperado, devido a predominância da fração areia, favorecendo a uma maior quantidade de poros maiores, que facilitam a infiltração da água ao longo do perfil. O P4, um Argissolo, apresentou menor infiltração acumulada, sendo explicado pelo aporte da fração argila onde os seus valores passam de 140 g kg^{-1} no horizonte A para 420 g kg^{-1} no horizonte BA, vale salientar que esse incremento de argila, ocorre em 3 cm do perfil de solo.

No Gráfico 1, observa-se que os perfis 6, 3 e 7 (Latossolo) apresentam uma maior infiltração de água, onde nota-se um tendencioso crescimento na infiltração caso o teste fosse continuado. Diferenciando-se dos demais perfis que apresentam comportamentos parecidos de quase estabilização da infiltração. Isso ocorre devido a maior fração areia em superfície, maior porosidade total com valores de 61,77% para P6, 71,19% para P3 e 63,71% para P7, além de COT superior a 5 g kg^{-1} em superfície.

Tabela 17. Valores estimados de infiltração acumulada em função de tempo (cm).

Tempo de infiltração (min)	Infiltração acumulada (cm)						
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,6	1,3	1,2	0,7	0,8	1,5	1,5
2	1,0	1,7	1,9	1,1	1,2	2,1	2,1
3	1,0	2,1	2,5	1,5	1,5	2,8	2,6
4	1,0	2,7	3,1	1,7	1,8	3,6	3,0
5	1,0	3,1	3,7	1,9	2	4,2	3,5
10	1,7	3,7	6,2	2,6	2,9	8,8	5,3
20	3,2	4,8	9,8	3,3	4,2	16,6	9,0
30	4,4	5,9	14,1	3,6	5,3	17,9	13,2
45	5,6	8,2	19,2	3,8	6,4	23,8	17,2
60	6,3	9,4	24,1	4,0	8	28,9	22,0
90	7,6	12,3	32,8	4,0	10,7	39,0	31,4
120	8,8	15,2	40,5	4,0	12,5	48,8	39,5

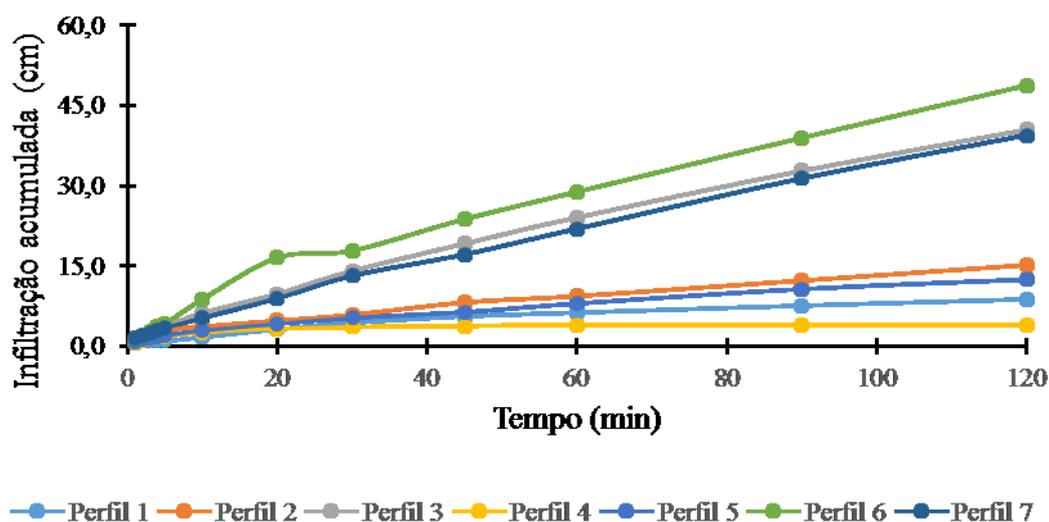


Gráfico 1. Infiltração acumulada em função do tempo para todas as áreas estudadas.

Os valores de velocidade de infiltração de água no solo já transformado para cm/h, em função do tempo estão inseridos na Tabela 18 e expressos do Gráfico 2. No P4, notou-se redução gradativa na velocidade de infiltração e diferentes dos demais perfis (P1, P2, P3, P5, P6 e P7). O perfil 1 e 3 apresentam tendência semelhante na velocidade de infiltração,

mantendo-se constante por algum tempo durante o teste. O P4 por sua vez foi o único que apresentou velocidade de infiltração 0 ao final do teste, apresentando como o perfil que mais apresenta dificuldade de infiltração de água, tendo que receber uma maior atenção para reduzir essa problemática, uma vez que é uma área agroecológica e não é usada mecanização, esse comportamento pode ser explicado pelo tráfego de animais para pastoreio e por adensamento, compactação ocasionada em subsuperfície e de forma natural, onde o horizonte diagnóstico Bt, apresenta textura muito argilosa.

Tabela 18. Valores estimados de velocidade de infiltração de água no solo em função de tempo.

Tempo de infiltração (min)	Tempo de infiltração (h)	Velocidade de infiltração (cm/h)						
		Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,017	36,0	78,0	72,0	42,0	54,0	90,0	90,0
2	0,033	24,0	24,0	42,0	24,0	42,0	36,0	36,0
3	0,05	0,0	24,0	36,0	24,0	36,0	42,0	30,0
4	0,067	0,0	36,0	36,0	12,0	30,0	48,0	24,0
5	0,083	0,0	24,0	36,0	12,0	24,0	36,0	30,0
10	0,167	8,4	7,2	30,0	8,4	1,2	55,2	21,6
20	0,333	9,0	6,6	21,6	4,2	28,8	46,8	22,2
30	0,5	7,2	6,6	25,8	1,8	16,2	7,8	25,2
45	0,75	4,8	9,0	20,4	0,6	24,0	23,4	16,2
60	1	3,0	4,8	19,8	0,6	10,2	20,4	19,2
90	1,5	2,4	6,0	17,4	0,0	9,0	20,4	18,6
120	2	2,4	6,0	15,6	0,0	13,2	19,8	16,2

No gráfico 2 observa-se a expressiva diferença na distância percorrida pela água infiltrada no solo para os 7 ambientes estudados, onde pode-se notar que no P6 (Latosolo) e P5 (Cambissolo) verificou-se maior oscilação na velocidade de infiltração durante o teste, seguido dos P7 (Latosolo), P3 (Latosolo) que chegou a apresentar velocidade constante em alguns momentos do teste, P2 (Cambissolo), P1 (Latosolo) e P4 (Argissolo), respectivamente. Observou-se velocidade de infiltração básica (VIB) calculada variando de média a muito alta, com valores estimados de 9,1 mm/h para P4 (VIB média), 26,8 mm/h para P1 (VIB alta), 33,3 mm/h para P2 (VIB muito alta), 33,7 mm/h para P5 (VIB muito alta), 123,1 mm/h para P7 (VIB muito alta), 147,3 mm/h para P3 e 200,7 mm/h para P6 (VIB muito

alta). Valores elevados de infiltração de água são esperados em solos de chapada devido a sua localização em maior altitudes, com exceção do P4 (Argissolo) que apresenta forte impedimento físico para infiltração da água, provavelmente, ocorrendo devido a um adensamento promovido pela textura muito argilosa.

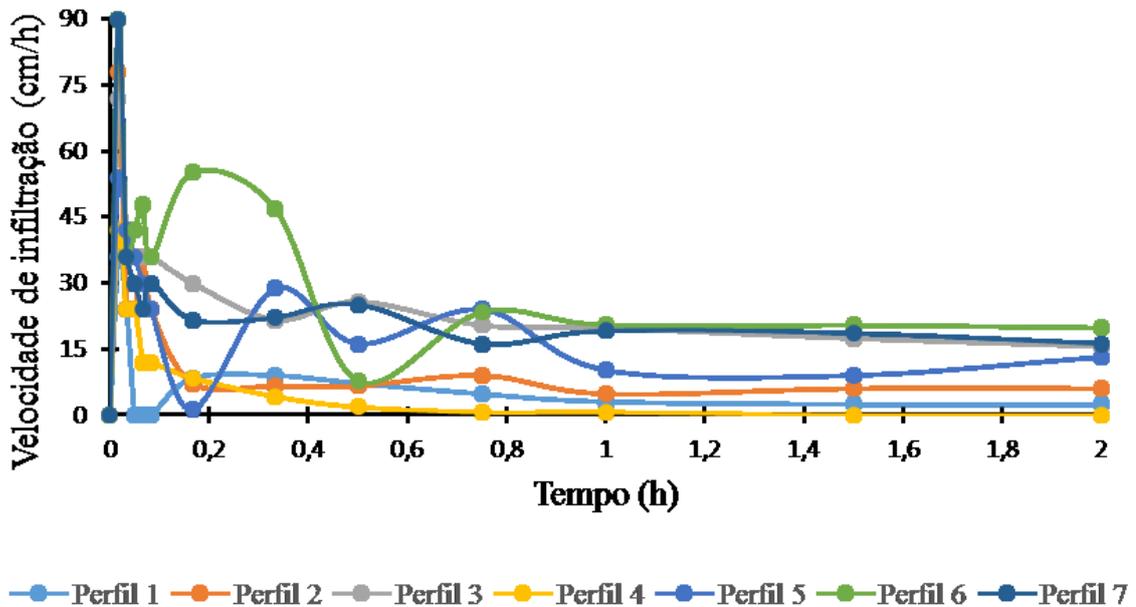


Gráfico 2. Velocidade de infiltração da água no solo em função do tempo em todas as áreas estudadas.

Os gráficos 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 estão representados infiltração acumulada em cm, velocidades de infiltração em cm min^{-1} e tempo em minutos. Os gráficos 3A e B representam a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração da água o perfil 1 (Latossolo) onde nota-se os menores valores de infiltração de água, com forte impedimento nos primeiros centímetros do perfil, provavelmente devido à alta densidade do solo ($1,60 \text{ g cm}^{-3}$) e ao incremento da fração argila no horizonte de transição AB que passando de $256 \text{ a } 416 \text{ g kg}^{-1}$ a partir de 4 cm de profundidade. A umidade do solo encontrava-se baixa, com 2,18 % na camada de 0 - 10 cm e 2,29 % na camada de 10 - 20 cm.

A

B

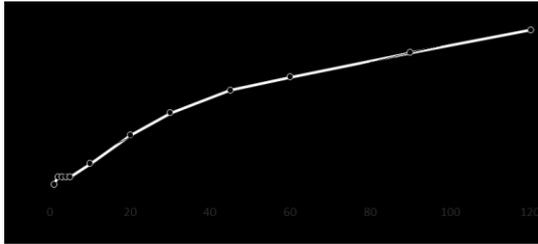
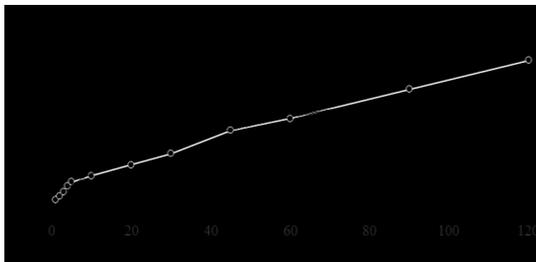


Gráfico 3. Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área de APP em recuperação (Perfil 1).

Os gráficos 4A e B representam a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração da água o perfil 2 (Cambissolo), nota-se uma crescente infiltração sem possíveis impedimentos iniciais, de modo geral, com baixa velocidade de infiltração, provavelmente, devido ao aumento na porosidade total não longo do perfil e redução da densidade do solo. A umidade do solo encontrava-se baixa, com 2,93 % na camada de 0 -10 cm e 3,11 % na camada de 10 – 20 cm. A VIB foi classificada como muito alta porém o valor foi o mais baixo em relação aos demais solos com essa classificação.

A



B

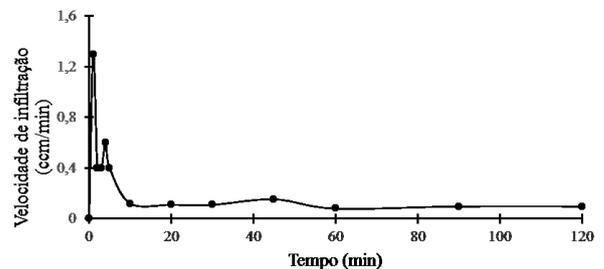
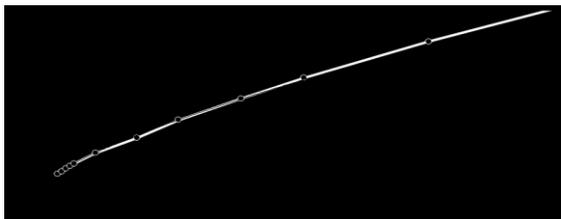


Gráfico 4. Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área da Lagoa (Perfil 2).

Os gráficos 5A e B representam a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração da água o perfil 3 (Latosolo), observa-se que ocorre infiltração de um volume de água considerável e que manteve velocidade constante durante o teste. Nota-se tendência a estabilização na velocidade de infiltração em 60 minutos de teste, também, observado por Pinheiro et al (2009) para área de mata nativa.

A



B

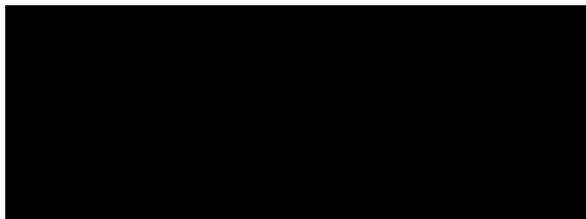
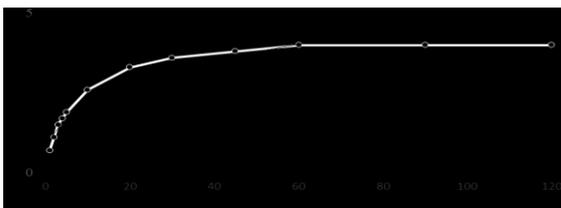


Gráfico 5. Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área de APP (Perfil 3).

Os gráficos 6A e B representam a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração da água o perfil 4 (Argissolo), observa-se que ocorre infiltração de baixo volume de água e mantendo velocidade constante durante o teste. Nota-se tendência a estabilização na velocidade de infiltração em 30 minutos de teste, também observado por Pinheiro et al (2009) para área de pisoteio de animais. Foi o único solo que apresentou menor volume de água infiltração atingindo velocidade constante de igual a 0 durante o teste. Por apresentar uma VIB média (9,10 mm h⁻¹) são solos com facilidade de ocorrer saturação de água. Conforme Bernardo et al. (2006) o solo encontra-se dentro da infiltração esperada para a textura do mesmo (franco arenosa a argilosa). Santos et al (2013), ao avaliar com Argissolo na região do agreste alagoano verificou valor de VIB de 20 mm h⁻¹. Teixeira et al (2010) ao avaliar as taxas de infiltração de um Argissolo Vermelho Amarelo sob condição de cultivo no RS, classificaram VIB como muito alta. Lisboa et al. (2007) em um Argissolo Acinzentado, encontraram VIB com um valor de 402 mm h⁻¹. Essa variação entre ambientes sob condições distintas, demonstram a importância do conhecimento das particularidades locais para entender e planejar as melhores formas de uso do solo.

A



B

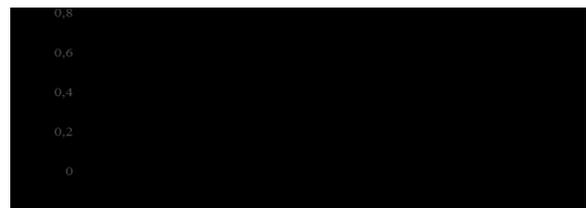


Gráfico 6. Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área de Manejo Agroecológico (Perfil 4).

Os gráficos 7A e B representam a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração da água o perfil 5 (Cambissolo), nota-se uma crescente infiltração sem possíveis impedimentos iniciais, de modo geral, com VIB classificada como muito alta, porém com valor baixo comparado aos demais solos de mesma classificação e aproximando do P2 (Cambissolo), provavelmente, devido ao aumento na porosidade total não longo do perfil e redução da densidade do solo, como também, um incremento da fração argila em subsuperfície. Lisboa et al. (2007) em Cambissolo Húmico obteve valores de VIB muito alto, de 162 mm h^{-1} , demonstrando que solos de mesma classe em ambientes distintos, apresentam particularidades a serem consideradas para um manejo adequado.

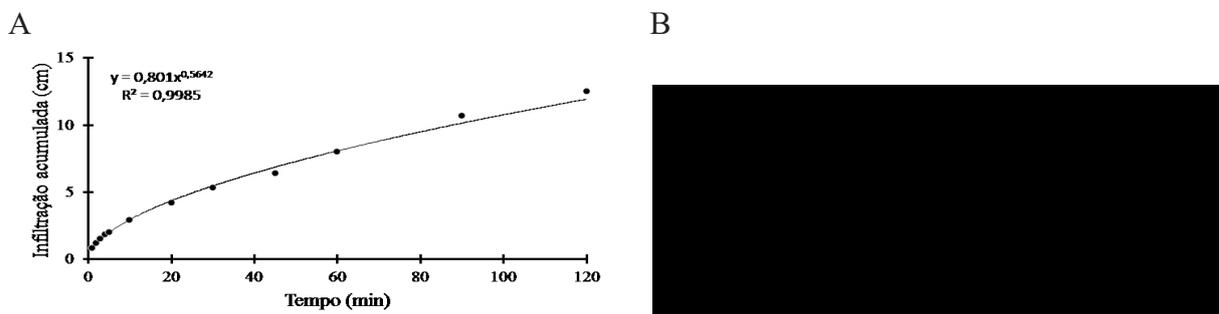


Gráfico 7. Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área Coletiva (Perfil 5).

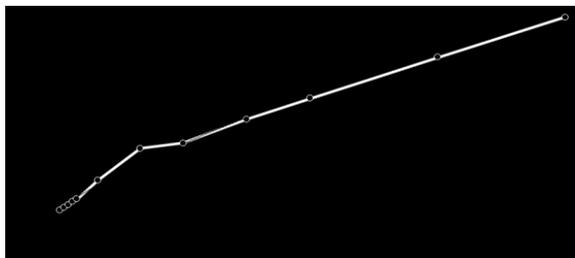
Os gráficos 8A e B representam a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração da água o perfil 6 (Latosolo), observa-se que ocorre infiltração de um volume de água considerável com oscilações de velocidade durante o teste. Nota-se tendência a estabilização na velocidade de infiltração em 60 minutos de teste, com VIB muito alta ($200,7 \text{ mm/h}$), sendo considerado a maior entre os solos estudados, como também entre as manchas de solos com mesmo classe.

Os gráficos 9A e B representam a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração da água o perfil 7 (Latosolo), observa-se que ocorre infiltração de um volume de água considerável apresentando pouca na velocidade de infiltração durante o teste. Nota-se tendência a estabilização na velocidade de infiltração em 60 minutos de teste, com VIB muito alta ($123,1 \text{ mm/h}$).

Sob condições de cerrado, Bono et al (2012) observou em um Latossolo Vermelho, valores superiores na velocidade de infiltração básica (VIB) e infiltração de água para área de mata ativa em comparação com área sistema de lavoura contínua, pastagem e integração

lavoura pecuária, devido a cobertura vegetal e sem uso de máquinas agrícolas o pisoteio de animais.

A



B

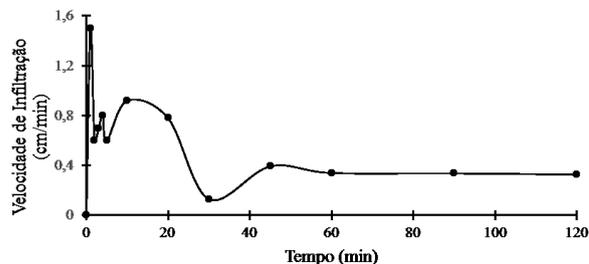
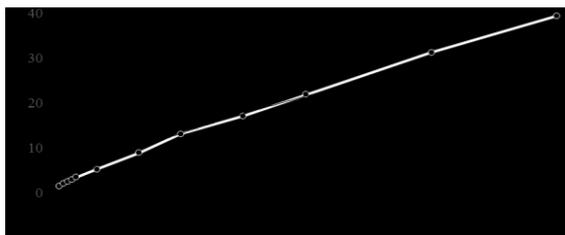


Gráfico 8. Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área do Cajueiro (Perfil 6).

A



B

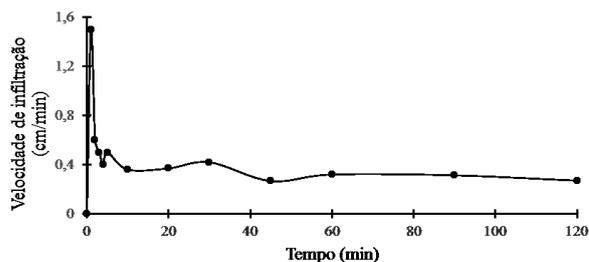


Gráfico 9. Infiltração acumulada da água no solo (A) e Velocidade de infiltração da água no solo (B) em função do tempo na Área do Cajueiro 2 (Perfil 7).

Análise Multivariada

A Tabela 19 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis dos atributos do solo nas áreas em estudo. O estudo da matriz demonstrou a existência de correlações significativas para areia com todos os demais atributos (silte, argila, ADA, Ds, Dp, COT, U) com exceção da VIB.

De maneira geral observa-se que ocorreu correlação positiva para as variáveis areia, silte, argila, ADA, Ds, Dp, COT, U, conforme tabela 20, em função dos valores demonstrados significativos por meio da análise da matriz de correlação.

A areia se correlacionou positivamente com Ds e COT, e negativamente com silte, argila, ADA, PT e U. O silte se correlacionou positivamente com PT e negativamente com Ds

e COT. A argila se correlacionou positivamente com ADA, PT, U e negativamente com o Ds e COT. A variável Ds se correlacionou positivamente com COT e negativamente com PT e U. A variável PT correlacionou-se positivamente com U e negativamente com COT. A variável COT se correlacionou negativamente com U.

Tabela 19. Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos do solo nas áreas em estudo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

	Areia	Silte	Argila	ADA	Ds	PT	COT	U	VIB
Areia	1,00								
Silte	-0,47	1,00							
Argila	-0,94	0,15	1,00						
ADA	-0,58	0,14	0,59	1,00					
Ds	0,52	-0,55	-0,37	0,04	1,00				
PT	-0,50	0,45	0,39	-0,07	-0,91	1,00			
COT	0,53	-0,46	-0,42	-0,35	0,61	-0,53	1,00		
U	-0,71	0,31	0,68	0,36	-0,41	0,42	-0,44	1,00	
VIB	-0,02	-0,03	0,04	-0,11	-0,08	0,18	0,24	0,00	1,00

Nota: ADA – argila dispersa em água, Ds – densidade do solo, PT – porosidade total, COT – carbono orgânico total, U – umidade, VIB – velocidade de infiltração básica.

A variável VIB não obteve correlação significativa com as demais, sendo esta variável independente.

Na Figura 19, o dendrograma representa as variáveis da pesquisa, onde a escala vertical indica o nível de similaridade e, no eixo horizontal, os indivíduos na ordem em que são agrupados. As linhas verticais correspondem ao nível em que os mesmos são considerados semelhantes.

O dendrograma reflete o número de grupos formados pelas mesmas características. Pode-se observar que o gráfico é formado com base nos pares de objetos mais similares, ou seja, com a menor distância entre eles. Logo após, estes objetos, ou grupos já formados, vão reunir-se em razão de similaridade decrescente (Figura 19).

A partir dos atributos selecionados foram produzida uma classificação das áreas em função da similaridade entre os ambientes estudados. Nota-se a formação de 3 grupos, sendo o grupo 1 (G1) definido com referência ao horizonte superficial de todos os perfis (P1.A, P2.A, P3.A, P5.Ap, P4.A, P6.A e P7.Ap) com similaridade devido a textura do solo (areia e argila) e ADA. O grupo 2 (G2) representado por P1.AB, P6.BC, P6.Bw, P7.BC, P3.Bw, P3.BC, P6.BA, P3.BA, P5.BA, P7.BA, P6.AB com similaridade silte, COT e Ds. O grupo 3

(G3) representado por P1.BA, P1.Bw, P1.BC, P2.BA, P4.BA, P5.Bi, P2.Bi, P4.BC, P4.Bt, P2.BC, P5.BC, P7.Bw com similaridade em VIB, U e PT. Nota-se a ausência de horizontes do P2 do G2, provavelmente devido a particularidades do mesmo pela presença de carbonato de cálcio e por ser ambiente de sedimentação.

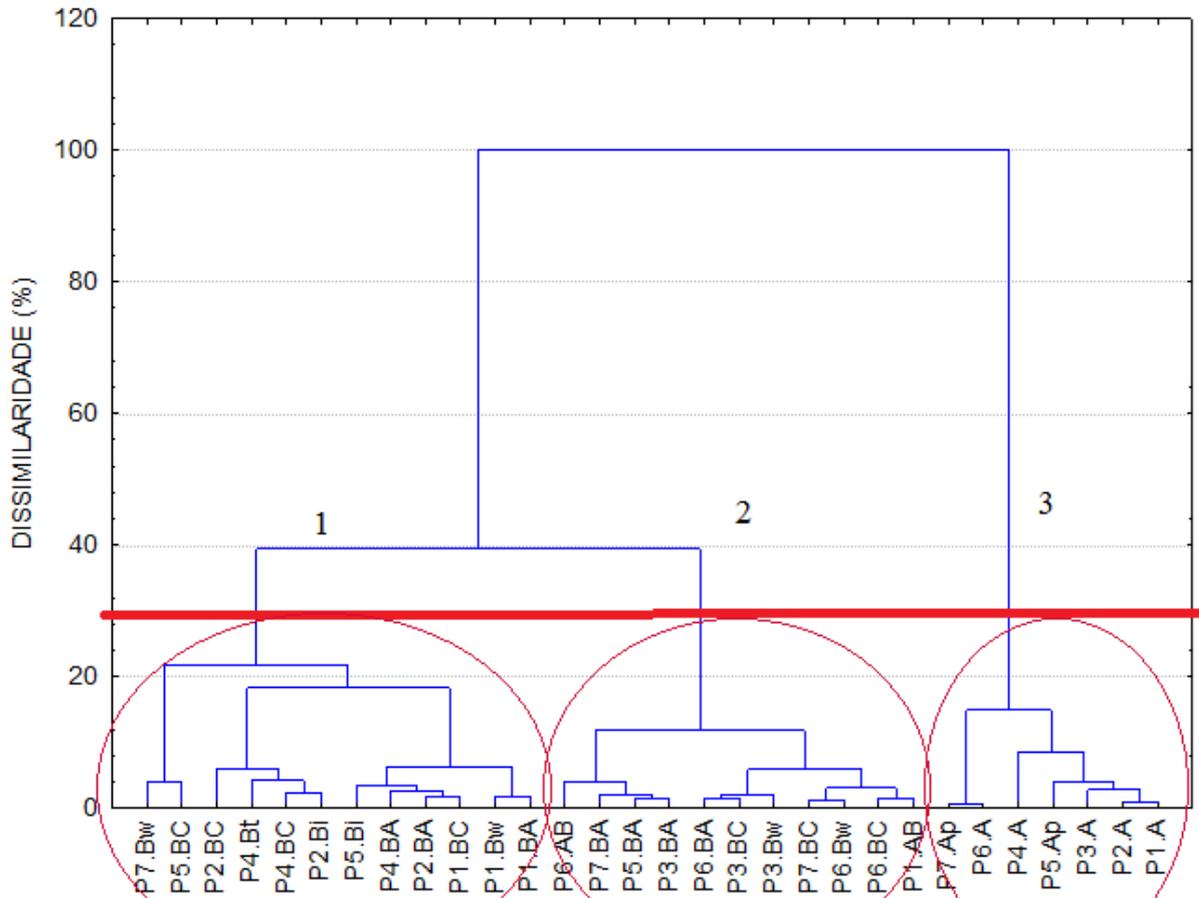


Figura 19. Dendrograma vertical da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.

Nota: Refere-se aos perfis (P1 - Latossolo, P2 - Cambissolo, P3 - Latossolo, P4 - Argissolo, P5 - Cambissolo, P6 - Latossolo e P7) e os horizontes dos perfis.

A Tabela 20 apresenta as cargas fatoriais dos atributos do solo nas áreas em estudo, onde foram analisados e obtidos os respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumulada, e onde são apresentados os resultados para os atributos do solo utilizando critérios para determinar a quantidade de fatores suficientes para a análise, onde considera as variáveis que expliquem no mínimo 75% da variabilidade total dos dados com os autovalores, como também, a explicação das variâncias associadas aos fatores gerados e a explicação das variâncias acumuladas. Obtendo assim, como principais resultados os fatores 1, 2 e 3 os quais

explicaram 79,54 % da variação dos dados, considerando apenas as variáveis em destaque (negrito), conforme apresentado na Tabela 20.

O fator 1 permitiu estimar as variáveis Ds, PT e COT, enquanto que o fator 2 destacou areia, argila, ADA e U, O fator 3 destacou a VIB. O destaque para as variáveis acima citadas deve-se em função das mesmas terem apresentado maiores cargas fatoriais, com uma variância acumulada de 66,59% para os fatores 1 e 2, com uma maior representatividade dos ambientes em estudo.

Tabela 20. Cargas fatoriais dos atributos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumuladas.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Areia	-0,43	-0,87	0,03
Silte	0,70	0,13	0,19
Argila	0,22	0,92	-0,11
ADA	-0,16	0,81	0,27
Ds	-0,94	-0,14	0,11
PT	0,89	0,15	-0,25
COT	-0,66	-0,38	-0,40
U	0,37	0,71	-0,06
VIB	0,01	0,02	-0,92
Autovalores	4,29	1,70	1,17
Variância Total	47,68	18,91	12,94
Variância Acumulada	47,68	66,59	79,54

Nota: ADA – argila dispersa em água, Ds – densidade do solo, PT – porosidade total, COT – carbono orgânico total, U – umidade, VIB – velocidade de infiltração básica.

Ao analisar as cargas fatoriais dos atributos físico e COT dos solos analisados, assim como, seus respectivos autovalores, variâncias totais e acumuladas podemos concluir que o fator 1, considerado fator de maior influência na diferenciação dos ambientes apresentou altas cargas fatoriais com variáveis relacionadas a Ds e PT.

A análise da Figura 20, que representa os diagramas de projeção dos vetores para o círculo de correlação e a nuvem de variáveis permite confirmar a influência dos atributos químicos para diferenciação dos ambientes em estudo.

No círculo de correlação (Figura 20A) as frações inorgânicas (areia, silte e argila) não se concentraram próximas, assim, pode-se inferir que os perfis estudados apresentaram variabilidade, quanto à textura. Esse efeito reflete a predominância das variáveis que mais

discriminaram os ambientes. No círculo de correlação, a localização da Ds no quadrante oposto a PT, indica correlações negativas. A argila apresenta uma correlação positiva com a umidade, uma vez que influencia diretamente na retenção de água do solo, também nota-se correlação positiva entre o silte e a PT. As variáveis estão próximas ao círculo unitário, pode-se inferir que possuem uma maior contribuição, em relação às variáveis que estão mais afastadas, com exceção da VIB para os fatores 1 e 2. A VIB é significativa no fator 3, principalmente no horizonte Bw do P7 (Latossoilo).

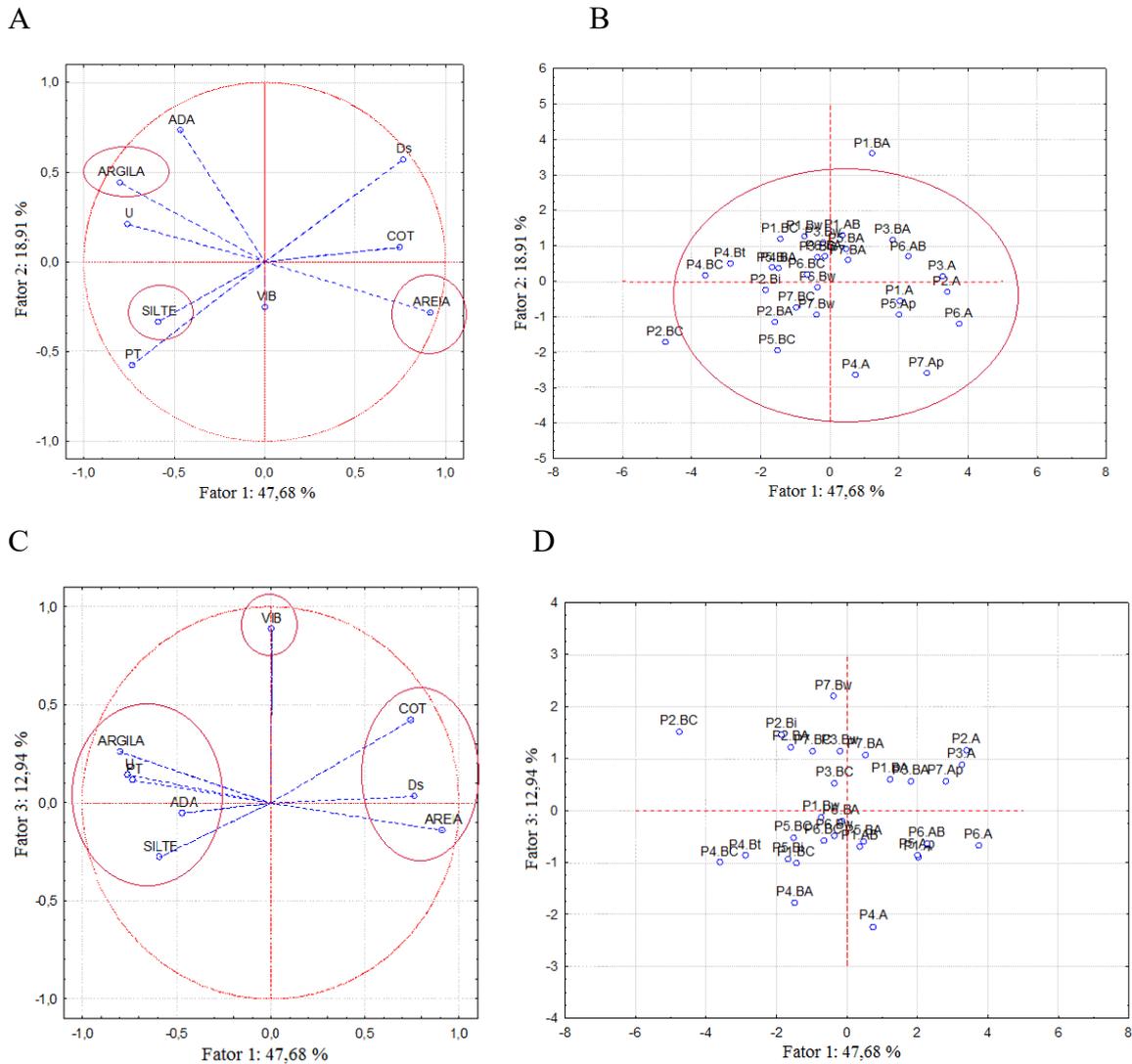


Figura 20. Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A e C) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre fatores 1 e 2 (B) e 1 e 3 (D).

Nota: ADA – argila dispersa em água, Ds – densidade do solo, PT – porosidade total, COT – carbono orgânico total, U – umidade, VIB – velocidade de infiltração básica.

6.5. Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP)

A umidade do solo no momento da realização do teste de RMSP apresentou valores muito baixos em todas áreas de estudo, variando de 0,94 a 3,68 em profundidade de 0 – 10cm com menor valor para Área Coletiva (AC), seguido de Área em Recuperação (AR), Área de Manejo Agroecológico (AM) e Área da Lagoa (AL) respectivamente e variação de 3,22 a 5,73% da profundidade de 10 – 20cm com menor valor para AL, seguido de AM, AC e AR respectivamente. Constatou-se um aumento na umidade em profundidade para AC e AR, redução para AL e umidade constante no AM (Tabela 21). Segundo Silveira et al. (2010), quando o solo apresenta baixo conteúdo de água, suas partículas encontram-se mais próximas e difíceis de serem separadas por qualquer força externa podendo promover elevados valores de resistência do solo, fator importante para área em estudo, uma vez que a mesma apresenta baixo pluviosidade ao longo do ano.

Tabela 21. Umidade gravimétrica nas áreas de estudo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

	Profundidade (cm)	Umidade (%)
P1AC ¹	0 - 10	0,94
	10 – 20	3,65
P2AM ²	0 - 10	3,22
	10 – 20	3,22
P3AL ³	0 - 10	3,68
	10 – 20	3,02
P4AR ⁴	0 - 10	2,35
	10 – 20	5,73

Nota: 1 – Perfil 1: Área coletiva; 2 – Perfil 2: Área de Manejo Agroecológico; 3 – Perfil 3: Área da Lagoa; 4 – Perfil 4: Área de Recuperação.

A Tabela 22 refere-se aos valores da profundidade dos horizontes do solo, como também, a RMSP média para cada horizonte e a classificação quanto a sua resistência. Pode-se observar uma variação quanto a RMSP, entre 1332 a 6769 kPa, e sua classificação de baixa a muito alta, mostrando variabilidade para as diferentes profundidades, classes de solo e usos, onde destaca-se P2AM que apresentou menor resistência, sendo provavelmente influenciada pela presença de vegetação nativa ocasionando um incremento de COT no horizonte A e em subsuperfície apresentando uma resistência muito alta, podendo ser explicado pelo incremento

da fração argila (Tabela 8) aumentando a densidade do solo e reduzindo consequente a porosidade total. As demais áreas apresentaram RMSP moderada a muito alta, onde em horizontes superficiais apresentaram moderada resistência variando de 2112 a 3338 kPa e no horizonte subsequente muito alta resistência variando de 5257 a 6769 kPa. Essa tendência no aumento da resistência à penetração, refere-se ao incremento de argila em profundidade e consequentemente redução da macroporosidade no solo. Destacando-se P4AR que apresentou os maiores valores de RMSP e demonstrando um grave problema quanto a penetração de raízes, característico da área que apresenta uma vegetação nativa rala e faixa de solo exposto, comprovando a dificuldade na recuperação da vegetação mesmo após mais de dez anos em desuso.

Levando em consideração que o limite crítico ao desenvolvimento radicular da planta de 2000 kPa (Taylor et al., 1966; Tormena et al., 1999), constatou-se que apenas o horizonte A (0 – 3 cm) do Perfil 2 (Área de Manejo Agroecológico) apresentou RMSP abaixo do limite crítico. Resultado equivalente, também foi constatado por Rosa (2009) em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, de textura franco argilo arenosa sob sistema de plantio direto.

Iori et al. (2012), em área de sistema silvipastoril e de cultivo de banana com menores teores de umidade identificou valores mais elevados de RMSP em relação a área de mata nativa, podendo comprometer crescimento radicular dependendo do manejo do solo.

Tabela 22. Profundidade, RMSP média e classificação de cada horizonte de solo na diferentes classes nas áreas de estudo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

	Horizonte	Profundidade (cm)	RMSP ⁵ (kPa)	Classificação
P1AC ¹	Ap	6	2451	Moderada
	BA	15	6352	Muito Alta
P2AM ²	A	3	1332	Baixa
	BA	16	5257	Muito Alta
P3AL ³	A	3	2112	Moderada
	BA	15	5505	Muito Alta
P4AR ⁴	A	4	3338	Moderada
	AB	7	6769	Muito Alta

Nota: 1 – Perfil 1: Área coletiva; 2 – Perfil 2: Área de Manejo Agroecológico; 3 – Perfil 3: Área da Lagoa; 4 – Perfil 4: Área de Recuperação; 5 – RMSP: Resistência mecânica do solo à penetração.

A variabilidade de um atributo pode ser classificada de acordo com a magnitude de seu coeficiente de variação (CV) (Dalchiavon et al., 2012). Para os parâmetros analisados (Tabela 23), o CV da profundidade variou de alto (AC e AR) a muito alto (AM e AL) e o CV da RMSP variou de baixo (AR) a médio (AC, AM, e AL). Valores de CV classificados alto para RMSP em diferentes profundidades e épocas (Souza et al, 2010; Souza et al, 2001).

O teste de Shapiro-Wilks's a 5% probabilidade demonstrou que a maioria dos parâmetros apresentam distribuição normal, exceto as profundidades da AM e AL, como também um maior distanciamento de zero para coeficiente de curtose (Ck) e Coeficiente de assimetria (Ca).

Tabela 23. Parâmetros da estatística descritiva para profundidade máxima e resistência mecânica do solo à penetração do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Atributo	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	DP ²	CV% ³	CV	Ck ⁴	Ca ⁵	W ⁶
PROF AC	8,29	8,00	13,00	4,00	2,41	29,10	Alto	0,22	0,15	ns
RMSP AC	3405,20	3409,70	4240,50	2400,64	543,44	15,96	Médio	-0,83	-0,35	ns
PROF AM	12,07	7,00	34,00	5,00	9,34	77,39	Muito Alto	2,02	1,72	*
RMSP AM	4016,37	4041,33	4832,83	3382,00	486,01	12,10	Médio	-0,74	0,53	ns
PROF AL	11,00	7,00	30,00	4,00	8,57	77,92	Muito Alto	0,34	1,28	*
RMSP AL	4147,59	3994,31	5051,92	3658,44	420,15	10,13	Médio	-0,31	0,79	ns
PROF AR	5,00	5,00	7,00	3,00	1,33	26,57	Alto	-0,87	-0,86	ns
RMSP AR	3923,54	3918,92	4298,20	3621,13	191,54	4,88	Baixo	0,00	0,22	ns

Nota: PROF – Profundidade máxima; RMSP – Resistência mecânica à penetração; 2 DP– Desvio padrão; 3 CV – Coeficiente de variação; 4 Ck – Coeficiente de curtose; 5 CA – Coeficiente de assimetria; 6 w– Teste de Shapiro-Wilk's; * - Distribuição não-normal pelo teste de Shapiro-Wilk's (p-valor < 0,05); ns- Distribuição normal pelo teste de ShapiroWilk's (p-valor > 0,05).

A Tabela 24 apresenta parâmetros estimados dos semivariogramas, onde os modelos escolhidos foram esférico para profundidade de AC, AM, AR e RMSP de AC; exponencial para RMSP de AM e profundidade de AL; gaussiano para RMSP de AL e AR. O grau de dispersão espacial dos semivariograma demonstra uma predominância de forte dependência espacial entre os parâmetros avaliados ($GD < 25\%$), exceto para RMSP da AR que demonstrou uma fraca dependência espacial ($GD > 75\%$). Ferrari et al. (2018), ao analisar a variabilidade espacial da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades também observou uma dependência espacial nos primeiros 20 cm de profundidade do solo com alta variabilidade no alcance para as diferentes profundidades, provavelmente tendo ocorrido devido a variação do COT.

Ainda na Tabela 24, segundo Lemos Filho *et. al.* (2008), o alcance (A) que é o principal parâmetro fornecido pela geoestatística que refere-se a distância na qual a variável sinaliza continuidade, isto é, uma correlação espacial, sendo que, a partir desta distância, o comportamento espacial da variável passa a ser totalmente aleatório. Sendo assim, observou-se que o alcance para a variável profundidade de 37,72 (AC), 31,5 (AM) e 30,34 (AL) e alcance para variável RMSP de 34,47 (AL), 29,3 (AR) e 27,30 (AM), porém para AR, o alcance apresentou menor valor de profundidade com 10,54 e para AC, maior alcance para RMSP com 80,01.

Com base nos semivariogramas gerados por meio da geoestatística, foram confeccionados mapas temáticos para a variação da profundidade máxima atingida pelo equipamento em centímetros (cm) e resistência mecânica à penetração do solo em kPa. Essa variação é demonstrada por meio de um gradiente de falsa-cor que varia de vermelho a verde, na qual para a variação na profundidade, observamos que o vermelho é usado para os menores valores e o verde para os valores maiores e para a variação na RMSP, observamos o inverso, onde o verde é usado para menores valores de resistência e o vermelho para os maiores valores representados nas Figuras 19, 20, 21 e 22 a seguir.

Tabela 24. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas da Profundidade e RMSP do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

Atributo	N. Lags	Tol. (%)	Co	Co+C1	A	Model	RMSE	AIC	GD	Classificação
PROF AC	20	30	0,660	7,828	37,72	Exponencial	2,838	83,79	8,431	FDE
RMSP AC	20	30	63568	345595	80,01	Esférico	68558	406,7	18,394	FDE
PROF AM	20	30	0	81,68	31,5	Esférico	28,73	96,19	0	FDE
RMSP AM	20	35	119141	290666	27,30	Exponencial	69557	329,2	40,989	MDE
PROF AL	10	20	47,1	75,53	30,34	Esférico	16,07	84,56	62,359	MDE
RMSP AL	15	25	67827	282918	34,47	Gaussiano	70618	329,6	23,974	FDE
PROF AR	20	30	0,279	1,743	10,54	Exponencial	0,59	47,78	16,007	FDE
RMSP AR	15	20	0	38247	29,3	Esférico	13973	355,8	0	FDE

Nota: N, Lags – Número de lags. Tol. – Tolerância, PROF – Profundidade máxima; RMSP – Resistência mecânica à penetração; Co - Efeito pepita; Co + C1 - patamar; A – Alcance (m); GD - Grau de dependência espacial $(C_0 / (C_0 + C_1)) \times 100$; FDE – forte dependência espacial; MDE – moderada dependência espacial.

A Figura 21 representa a área coleta, onde é cultivado sorgo para obtenção de forragem para os animais do assentamento, o preparo do solo é intensivo com uso de máquina

agrícola e ocorre sempre no início do período chuvoso. Evidenciou-se que a profundidade atingida (A) pelo equipamento variou apenas de 5 a 11 cm, podendo ser explicado pelo incremento da fração argila ao longo do perfil que dobra de valor já nos 6 primeiros cm, ocorrendo uma predominância de menores profundidades atingidas ao longo da área. Para RMSP (B), constatou-se valores entre 2878 a 3808 kPa, demonstrando uma moderada resistência, ocorrendo a predominância de valores mais elevados.

Após 8 anos sucessivos de preparo intensivo do solo, Prado *et al.* (2002) constatou que ocorreu um aumento na resistência à penetração nas camadas superficiais de 0 a 25 cm no sistema de preparo com grade aradora e no sistema de preparo reduzido com enxada rotativa, o aumento ocorreu na camada de 10 a 40 cm, demonstrando com isso, efeito negativo do uso de máquinas na estrutura do solo.

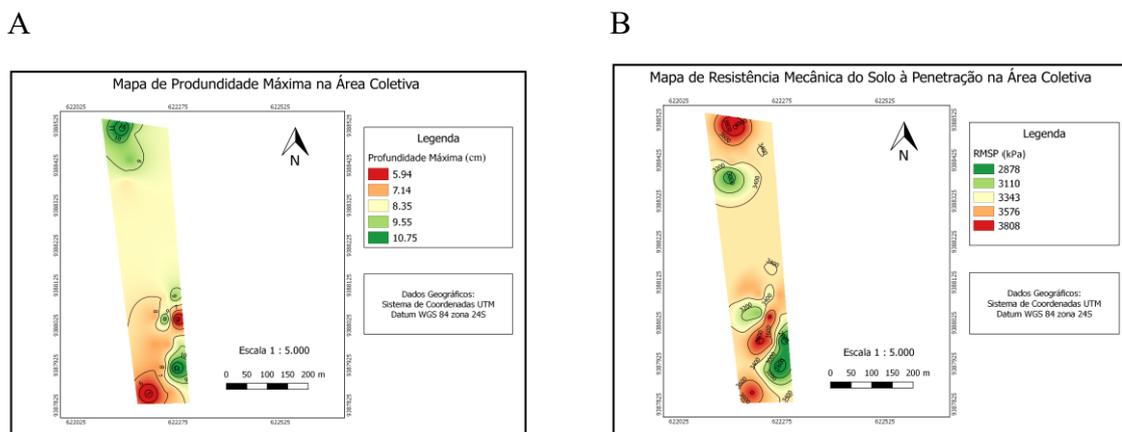


Figura 21. Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Cambissolo Háplico – Cultivos de ciclo curto (sorgo) com preparo intensivo).

A Figura 22 representa a área de manejo agroecológico, onde o assentado preserva a mata nativa fazendo a extração de madeira periodicamente sem comprometer sua regeneração; plantando culturas de subsistência como feijão, milho, melancia entre a mata nativa e não é utilizado máquinas agrícolas na área. Nota-se que a profundidade atingida variou de 5 a 27 cm, onde ocorre predominância de menores valores de profundidades atingidas pelo equipamento ao longo da área podendo ser explicado pelo incremento triplicado da fração argila, de 140 para 420 g.kg⁻¹ nos primeiros 3 cm de perfil de solo, aumentado assim a densidade do solo e conseqüentemente reduzindo os macroporos. Com

relação a RMSP, observou-se uma variação de 3626 a 4486 kPa, considerada de moderada a alta. Gondim et al (2015), em área agroecológica de Cambissolo, obteve valor de RMSP de 831 kPa e de plantio convencional, valor de RMSP de 1251 kPa, demonstrando a influência direta do manejo na modificação dos atributos físicos do solo.

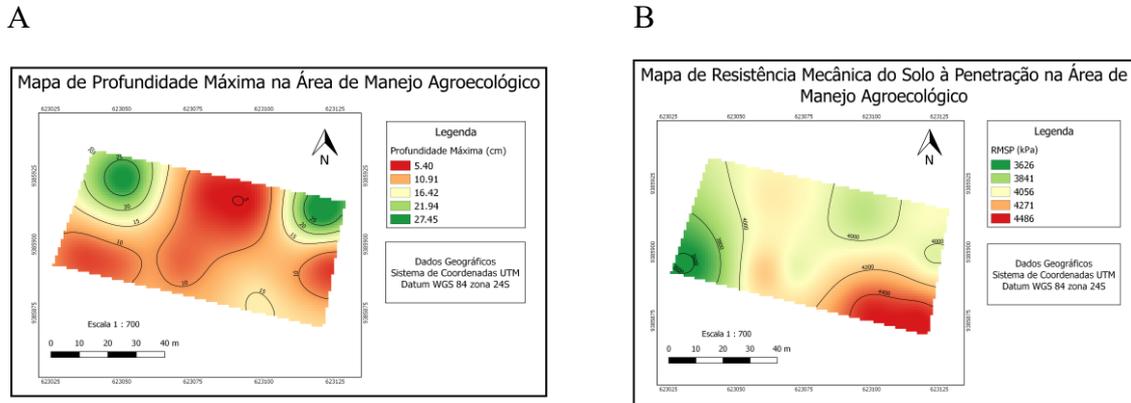


Figura 22. Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Argissolo Amarelo – Área de Manejo Agroecológico).

A Figura 23 representa a área da lagoa que está situada dentro da área de preservação permanente (APP) de menor altitude comparada a área do assentamento como um todo, onde no período chuvoso e com alto volume de precipitação pluvial ocorre um acúmulo de água e sedimentos chegando a formar uma pequena lagoa, caracterizando-se como área de sedimentação. A profundidade atingida variou de 8 a 15 cm, podendo ser observado no mapa que há uma distribuição sequencial, onde provavelmente os maiores valores atingidos estão na região de acúmulo de sedimentos. Quanto a RMSP, sua variação se encontra entre 3782 e 4680 kPa, sendo considerada de moderada a alta resistência. Podendo ser explicado pelo incremento de partículas inorgânicas como silte e argila, provavelmente reduzindo macroporos, mesmo que a densidade do solo tenha reduzido.

A compactação do solo é mais prejudicial em solo seco (condição do PA Moacir Lucena), afirmado por Dexter (1987), ele ainda confirma que em condições de maior teor de água no solo pode haver crescimento radicular em valores de resistência do solo à penetração superiores a 4000 kPa.

A Figura 24 representa a área em recuperação que também está situada dentro da área de preservação permanente (APP). Esta área apresenta uma vegetação rala, com solo exposto mesmo que em pousio a mais de 15 anos. A profundidade, apesar de ser representada

no mapa com a variação de cores, evidenciou-se pouca variação na profundidade atingida pelo equipamento, podendo ser explicado pela fração argila, com valores variando de 253 a 416 g.kg⁻¹ nos primeiros 4 cm, mantendo-se com valores acima de 45% ao longo do perfil como também um aumento da densidade do solo e consequente redução da porosidade total do mesmo. Onde mesmo após vários anos sem uso, notou-se ainda os prejuízos causados na sua estrutura por uso intensivo feito anteriormente por meio do monocultivo do algodão. A RMSP variou de 3766 a 4172 kPa, demonstrando quase nenhuma variabilidade acompanhando os valores de profundidade, considerada nos limites de moderada resistência.

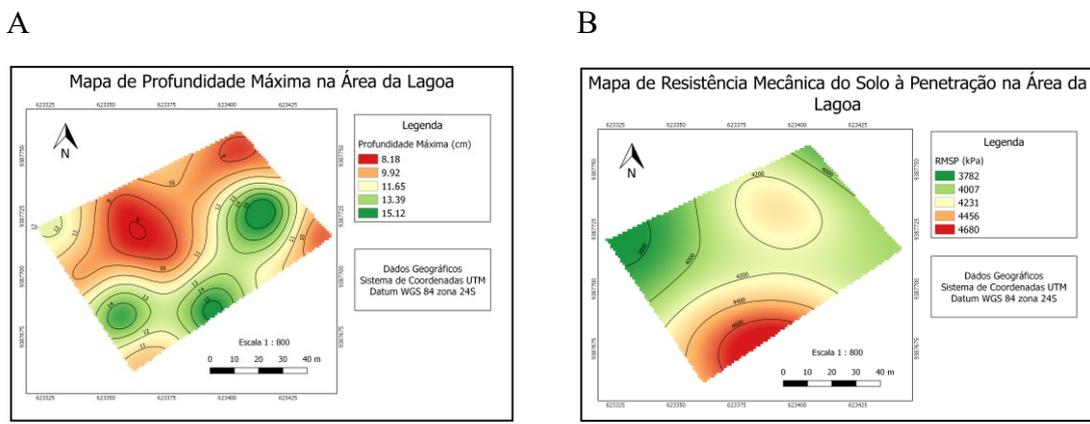


Figura 23. Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Cambossolo Háplico – Área da Lagoa).

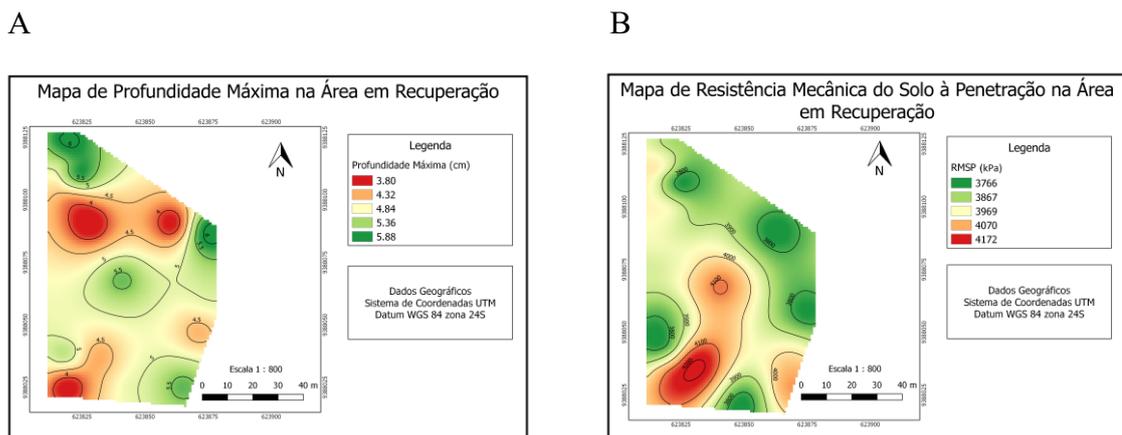


Figura 24. Mapas de profundidade máxima (A) e RMSP (B) no Projeto de Assentamento Moacir Lucena (Latossolo Vermelho-amarelo – Área em Recuperação).

Souza et al (2006) avaliando um Latossolo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar verificou aumento dos valores médios de resistência do solo à penetração na época 1 e na

profundidade de 0 – 15 cm para 15 – 30 cm, passando de 1990 para 2930 kPa na época 1 e 2300 para 3770 kPa na época 2, com diminuição da resistência do solo à penetração na profundidade de 30 - 45 cm, demonstrando a variação conforme o uso.

Análise Multivariada

Na Tabela 25 pode-se observar a matriz de correlação, que mostra o inter-relacionamento das variáveis e, a correlação entre as variáveis originais e as componentes principais.

Correlações significativas entre as variáveis foram encontradas principalmente para a variável Areia com a Argila, COT, RMSP e Prof. As variáveis Silte, Dp, PT e U são variáveis independentes pois não apresentaram correlação significativa com as demais. A argila obteve correlação significativa com COT, RMSP e Prof. A Ds com PT e o COT com RMSP e a Prof. (Tabela 25).

Posteriormente à padronização dos dados pela matriz de correlação foi realizada a AA, representada pelo dendrograma (Figura 25) apresentando variação expressiva nos valores de distância euclidiana entre as áreas para o conjunto de variáveis consideradas. Por meio da análise de agrupamento dos resultados analíticos formou-se quatro grupos para as classes de solos e para os atributos dos solos analisados demonstraram maior similaridade entre si.

Tabela 25. Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos do solo nas áreas em estudo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN.

	Areia	Silte	Argila	Ds	Dp	PT	COT	U	RMSP	Prof.
Areia	1,00									
Silte	-0,14	1,00								
Argila	-0,92	-0,27	1,00							
Ds	0,49	-0,53	-0,26	1,00						
Dp	0,38	0,02	-0,38	0,03	1,00					
PT	-0,35	0,51	0,13	-0,95	0,27	1,00				
COT	0,78	0,37	-0,90	0,35	0,05	-0,32	1,00			
U	-0,18	0,28	0,06	0,20	0,11	-0,15	0,00	1,00		
RMSP	-0,83	-0,35	0,95	-0,19	-0,37	0,07	-0,90	0,10	1,00	
Prof.	-0,84	-0,08	0,85	-0,56	-0,21	0,47	-0,81	-0,32	0,74	1,00

Nota: Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partícula; COT – Carbono orgânico total; U – Umidade; RMSP – Resistência mecânica do solo à penetração; Prof. – Profundidade do horizonte de solo.

O uso da análise de agrupamento possibilitou a formação de dois grupos de solos e diminuiu a variabilidade das variáveis em função dos ambientes pela formação de grupos mais homogêneos, sendo caracterizado pelo grupo 1 com horizontes superficial (P1, P2, P3 E P4) e grupo 2 com horizonte subsuperficial de transição (P1, P2, P3 e P4). Para as variáveis em estudo observou-se a formação de dois grupos, um caracterizado pela predominância das frações inorgânicas (areia e argila) e o G2 pelos demais atributos físicos e o COT (Figura 25).

A partir dos atributos selecionados foi produzida uma primeira classificação das áreas em função da similaridade entre os ambientes estudados. O primeiro grupo (G1) foi definido com referência ao horizonte superficial de cada perfil (P1ACAp, P2AM.A, P3ALA E P4ARA), Isso pode ser justificado em função da textura do solo, onde a variável areia que teve uma maior concentração no G1, com quantidade marcante na superfície dos três ambientes (Figura 25B). O P3ALA (Cambissolo) e P4ARA (Latossolo) apresentam uma maior similaridade no G1 em relação a P1ARA e P2ALA, com maior percentagem da fração areia (Figura 25B).

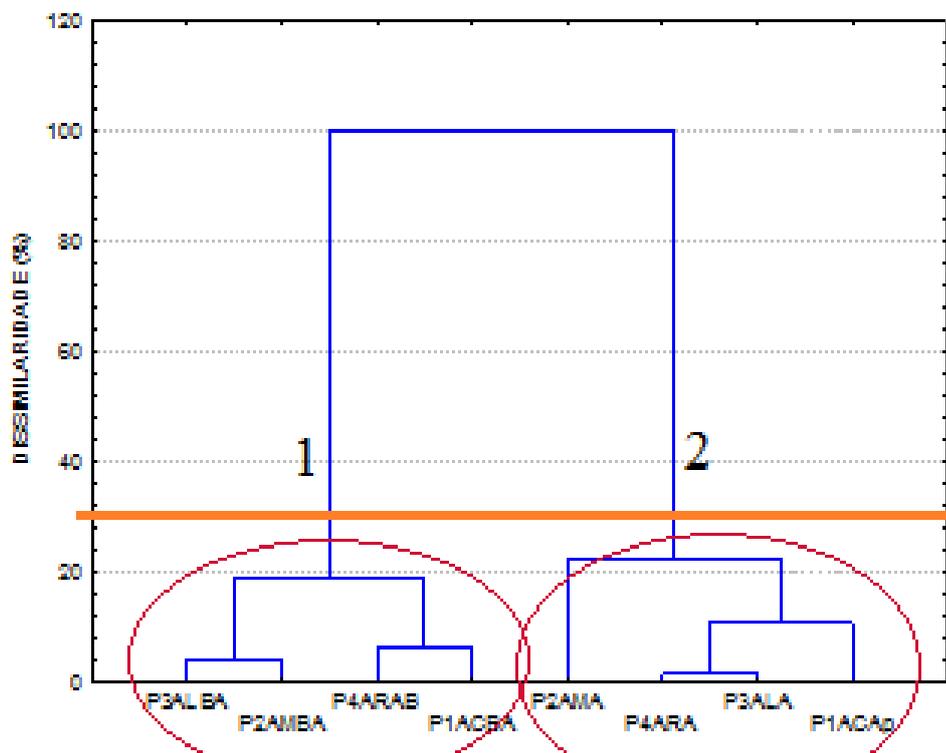


Figura 25. Dendrogramas verticais da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples; A - Atributos e B - Perfis de solo.

Nota: Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partícula; COT – Carbono orgânico total; U – Umidade; RMSP – Resistência mecânica do solo à penetração; Prof. – Profundidade do horizonte de solo.

O G2 diferenciado pelo dendrograma, onde as áreas relacionadas para os ambientes foram: P1ACBA, P2AMBA, P3ALBA e P4ARAB; a individualidade dessas áreas estão relacionadas à similaridade existentes entre os horizontes em transição.

Na Figura 26 encontra-se a representação gráfica da distribuição da nuvem e pontos das variáveis, no círculo de correlações para os atributos dos solos em estudo. O círculo unitário permite realizar a sobreposição deste, sobre o primeiro plano fatorial que desta forma, é possível identificar visualmente quais variáveis estão relacionadas. Neste contexto, verifica-se que as variáveis estão sobrepostas umas às outras (Argila e RMSP) e (Areia e COT) e, portanto, possuem a mesma representatividade (Figura 26A).

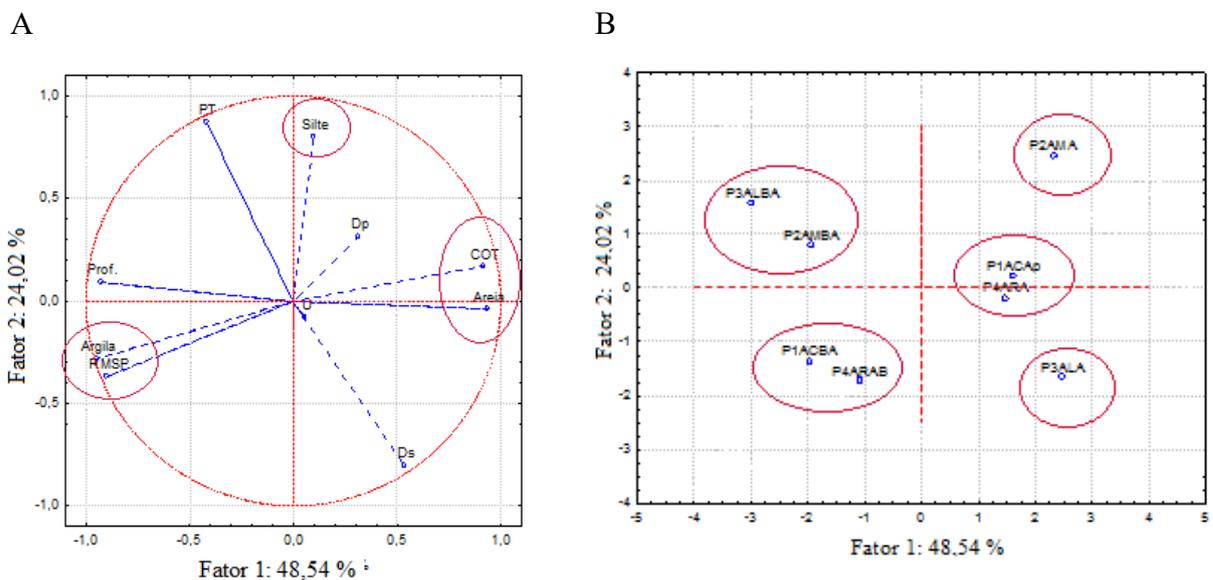


Figura 26. Distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos (B).

Nota: Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partícula; COT – Carbono orgânico total; U – Umidade; RMSP – Resistência mecânica do solo à penetração; Prof. – Profundidade do horizonte de solo.

Uma das utilizações do círculo unitário é dada realizando a sobreposição deste sobre o primeiro plano fatorial. Desta forma, é possível identificar visualmente quais variáveis estão relacionadas com os casos em estudo. Sendo assim, pode-se constatar que algumas variáveis estão sobrepostas umas às outras, demonstrando que essas possuem a mesma representatividade no gráfico. Observou-se no círculo de correlação unitário com a nuvem de variáveis que a componente 1 explica 48,54 % das causas de variações geradas e a componente 2, 24,02 %. A argila e a RMSP foram determinantes na descrição da componente

1, localizado no eixo x. Observa-se que o Cambissolo (P1) e o Latossolo (P4) nos horizontes em transição possui a variável argila e RMSP como discriminante (Figura 26A e B).

Observa-se também no círculo de correlação (Figura 26A), que as frações inorgânicas não se concentraram próximas, assim pode-se inferir que os perfis estudados apresentaram uma variedade quanto à textura do solo, esse feito reflete a predominância das variáveis que mais discriminam os ambientes quanto as classes de solo, retratando uma associação e inter-relação existente entre essas variáveis e as características predominantes de cada classe como demonstrado na Figura 25.

Nota-se, com o espaçamento entre pontos, uma diferenciação dos ambientes, demonstrando a distinção entre horizontes, indicando que a mesma classe de solo muda consideravelmente entre horizontes, em relação as classes observaram-se a variação quanto a distribuição nas nuvens de variáveis e pontos, fato este atribuído as frações inorgânicas (argila e areia) por apresentarem variabilidade em função dos fatores e processos de formação do solo. Ao analisar a classe do Cambissolo (P3), verifica-se correlação com a densidade do solo, tal fator deve-se a características do ambiente em função de estar localizada em uma cota mais baixa (colúvio) com acúmulo de água e sedimentos.

A Tabela 26 apresenta as cargas fatoriais dos atributos estudados, onde foram analisados e obtidos os respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumulada, e onde são apresentados os resultados, utilizando critérios para determinar a quantidade de fatores suficientes para a análise, onde considera as variáveis que expliquem no mínimo 70% da variabilidade total dos dados com os autovalores, como também, a explicação das variâncias associadas aos fatores gerados e a explicação das variâncias acumuladas. Obtendo assim, como principais resultados os fatores 1 e 2, os quais explicaram 72,56% da variação dos dados, considerando apenas as variáveis em destaque (**negrito**), conforme apresentado na Tabela 26. O fator 1 permitiu estimar as variáveis **areia**, **argila**, **COT**, **RMSP** e **Prof. máxima**, enquanto que o fator 2 destacou a **silte**, **Ds** e **PT**. Ao analisar as cargas fatoriais, assim como seus respectivos autovalores, variâncias totais e acumuladas podemos concluir que o fator 1, considerado fator de maior influência na diferenciação dos ambientes.

Tabela 26. Cargas fatoriais dos atributos físicos dos solos analisados e seus respectivos autovalores, variâncias totais observadas e acumuladas.

	Fator 1	Fator 2
Areia	0,86	0,36
Silte	0,37	-0,72
Argila	-0,99	-0,05
Ds	0,23	0,94
Dp	0,40	-0,19
PT	-0,10	-0,96
COT	0,92	0,15
U	0,03	0,09
RMSP	-0,97	0,04
PROF Máxima	-0,84	-0,40
Autovalores	4,85	2,40
Variância Total (%)	48,54	24,02
Variância Acumulada (%)	48,54	72,56

Nota: Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partícula; COT – Carbono orgânico total; U – Umidade; RMSP – Resistência mecânica do solo à penetração; Prof. – Profundidade do horizonte de solo.

6.6. Classificação de capacidade de uso das terras

A classificação da área de estudo quanto a capacidade de uso encontra-se na Tabela 27, onde foi levada em consideração, além do uso atual, as manchas de solos para ampliação dos limites de capacidade. O assentamento, de modo geral, apresenta intensidade de uso considerada abaixo da capacidade, sendo explicado pela baixo nível tecnológico empregado, além do período prolongado de seca, que dificulta manter uma produção constante nas áreas que podem ser utilizadas.

A Figura 27, representa a disposição da classificação do uso da terra no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN, nela está representado os limites para cada uso da terra em função das classes de solos, nível tecnológico utilizado pelos assentados, área de preservação permanente e vila.

A área de APP em recuperação, está representada pela cor laranja, foi classificada como sendo do Grupo B, terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para reflorestamento e vida silvestre e, Classe VI, são terras adaptadas no caso do assentamento, área de reflorestamento para preservação, com problemas simples de conservação e

cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo, devido a ser inserida na área de APP, apresenta uma faixa de solo com forte resistência a penetração e, conseqüentemente recuperação e desenvolvimento da vegetal nativa local, sendo sugerido a prática de preparo mínimo de solo para tentar reduzir essa resistência, com posterior plantio de gramíneas e leguminosas para melhorar as propriedades físicas do solo, dentre elas, podemos citar o Feijão gandú (*Cajanus cajan*), Milho (*Zea mays*), Crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*), Mucuna preta (*Mucuna aterrimum*), Mucuna verde (*Mucuna aterrima*), Girassol (*Helianthus annuus*), Crotalaria spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), Feijão lab-lab (*Dolichos lab lab*), Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), Capim moha (*Setaria itálica*), Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*), para posterior reflorestamento com as espécie nativas da Caatinga.

Tabela 27. Classificação da área do Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN quanto a capacidade de uso da terra.

Identificação	Classificação	Intensidade de uso	Limitações
Área de APP em Recuperação (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico)	GRUPO B CLASSE VI	Área de preservação permanente	Físicas
Área da Lagoa (CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico)	GRUPO C CLASSE VIII	Área de preservação permanente	Físicas
Área de APP (IBAMA) (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)	GRUPO A CLASSE II	Área de preservação permanente	Físicas
Área de Manejo Agroecológico (ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico)	GRUPO A CLASSE III	Abaixo da capacidade de uso à uso racional da terra	Físicas
Área Coletiva (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico)	GRUPO A CLASSE II	Abaixo da capacidade de uso	Físicas
Área de Cajueiro (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)	GRUPO A CLASSE II	Abaixo da capacidade de uso	Físicas
Área de Cajueiro 2 (LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico)	GRUPO A CLASSE II	Abaixo da capacidade de uso	Físicas

A área da lagoa, está representada pela cor azul mais escura, foi classificada como sendo do Grupo C, são as terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água, principalmente no período chuvoso e, Classe VIII, sendo impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, que podem servir apenas como abrigo e

proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água, também está inserida em APP, é área de sedimentação e escoamento da água de chuva chegando a se acumular durante o período com chuvas intensas.

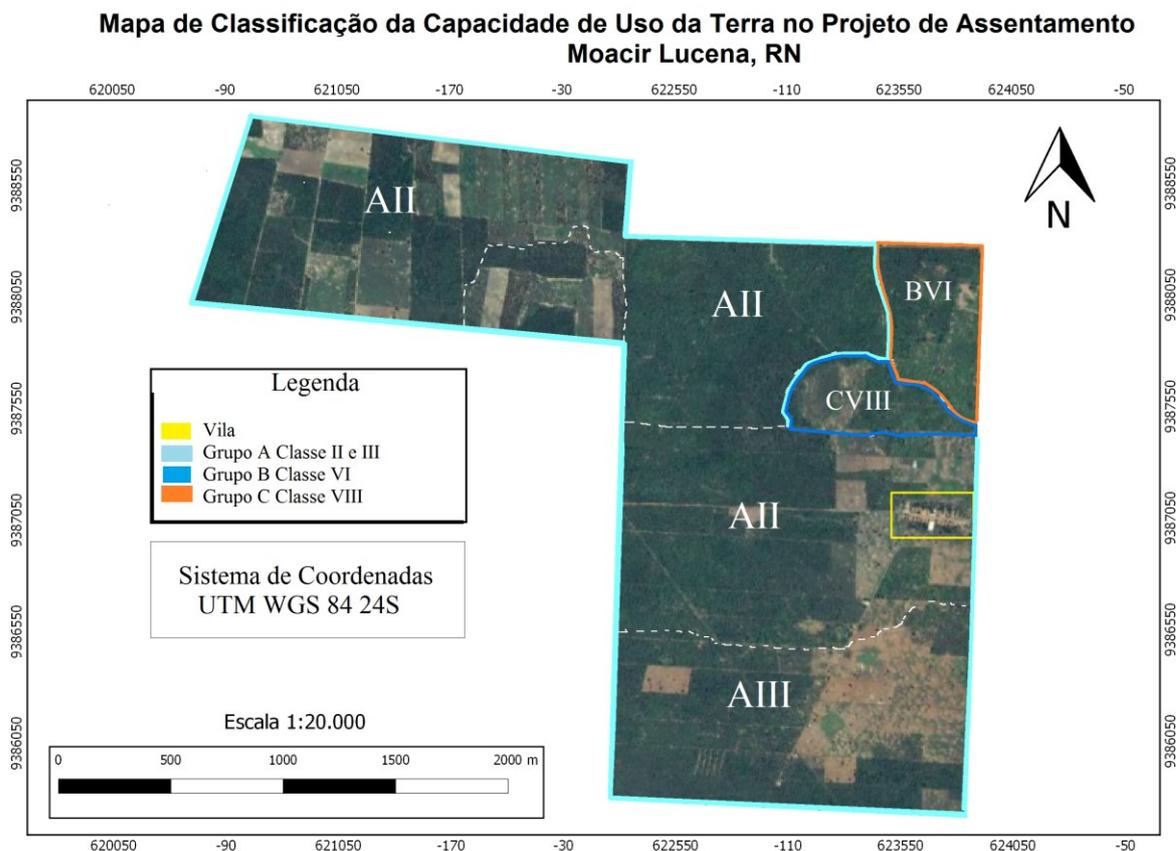


Figura 27. Mapa de classificação da capacidade de uso da terra no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN.

Fonte: Acervo de Pesquisa (2018).

A área de APP, também chamada de área do IBAMA, foi classificada como sendo do Grupo A, terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre e Classe II, são terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos, porém, como o próprio nome sugere, é a área destinada a conservação da mata nativa, podendo ser aceito apenas uso de pastejo dos animais no período de seca, onde o alimento se encontra escasso e criação de abelhas.

A área de manejo agroecológico, está inserida dentro de um lote, porém essa mancha de solos abrange uma área maior, foi classificada como sendo do Grupo A, com terras passíveis de utilização com culturas anuais e/ou reflorestamento e vida silvestre e Classe III, são terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de

melhoramentos. Por ser uma área de classificação textural mais argilosa e apresentar adensamento, requer uma atenção maior quanto ao manejo do mesmo, necessitando de cobertura do solo para reduzir impactos da precipitação pluvial e do pisoteio de animais.

A área de uso coletivo, de forma geral, foi subdividida em área coletiva na qual é semeado culturais anuais, principalmente o sorgo para alimentação dos animais do próprio assentamento e, área do cajueiro, onde existem fileiras da cajueiro disposta no local. A área coletiva é subdividida em parte com mata nativa em recuperação e em parte destinada a plantio anual de plantas forrageiras, foi classificada como sendo do Grupo A, com terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre e Classe II, são terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos, sendo sugerido o controle da cobertura vegetal, uma vez que parte da área fica maior parte na com solo exposto, além do que, os solo considerado pouco intemperizado (Cambissolo), pouco profundo, apresenta fração de argila considerável, que pode contribuir para a redução da porosidade e aumento da densidade. A área dos cajueiros, foi classificada como sendo do Grupo A, apresentado terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre e Classe II, são terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos. Na área dos cajueiros, o solo é mais arenoso, de rápida infiltração de água, na qual, durante o período chuvoso, são semeadas culturas anuais, como por exemplo, feijão para consumo nos assentados e venda, sendo sugerido periodicamente a poda de limpeza e manutenção para incorporação da matéria orgânica ao solo e incremento do aporte nutricional da cultura e cobertura do solo, uma vez que a cultura é mantida em sequeiro.

Rampim et al (2012) ao classificar uma área localizada em Londrina, PR quanto a capacidade de uso, constaram necessidade de modificações em algumas glebas do uso atual para um uso conservacionista, devido à restrição quanto a a erosão, profundidade efetiva do solo e presença de pedregosidade e variação considerável no relevo da área. Os períodos de estiagem prejudicam produção e acúmulo de matéria orgânica, comprometendo parte da agregação das partículas de solo (RAMPIM et al, 2012; Franandes et al, 2008).

Há necessidade de considerar o clima local para escolha de espécies e cultivares para implantação e manejo dentro da capacidade de uso do solo, conforme Mota et al (2008). O MAPA (2010), recomenda não implantação de culturas de importância econômicas em área de solos rasos (profundidade efetiva > 50 cm) e pedregosos.

De modo geral, estes tipos de solos, Latossolo, Cambisol e Argissolo, apresentam restrições voltadas para os atributos físicos e dificuldade de uso devido a pouca disponibilidade de água, precisando de orientação de técnicas de usos, como por exemplo, expansão do sistema agroflorestal implantado e mantido na área de manejo agroecológico.

7. CONCLUSÕES

Foram encontradas três classes distintas de solo no Projeto de Assentamento Moacir Lucena, RN, com predominância de Latossolo, seguido de Cambissolo e Argissolo, onde as sete áreas representativas, foram classificadas da seguinte maneira: Perfil 1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico; Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático típico; Perfil 3 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico; Perfil 4 - ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico; Perfil 5 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico; Perfil 6 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico e Perfil 7 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico argissólico.

De modo geral, os solos são pouco intemperizados, com limitações físicas referentes a profundidade efetiva e resistência mecânica do solo à penetração.

A velocidade de infiltração básica (VIB) calculada variou de média para o Argissolo (Perfil 4), alta para Latossolo (Perfil 1), muito alta para os demais perfis (Cambissolos (Perfil 2), Cambissolo (Perfil 5), Latossolo (Perfil 7, Perfil 3 e Perfil 6).

Ocorreu variação quanto a resistência mecânica do solo à penetração, entre 1332 a 6769 kPa, e sua classificação de baixa a muito alta, mostrando variabilidade para as diferentes profundidades, classes de solo e usos.

O assentamento apresenta intensidade de uso considerada abaixo da capacidade, a área de APP em recuperação, pertence ao Grupo B, terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para reflorestamento e vida silvestre e, Classe VI, são terras adaptadas no caso do assentamento, área de reflorestamento para preservação, com problemas simples de conservação e cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo, a área da lagoa pertence ao Grupo C, são as terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água, principalmente no período chuvoso e, Classe VIII, sendo impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, que podem servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água, a área de uso coletivo e áreas de cajureiros pertence ao Grupo A, com terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre e Classe II, são terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos. No entanto, por

área de preservação permanente (APP), as áreas do IBAMA, da lagoa e preservação permanente (APP) em recuperação não podem ser exploradas economicamente.

Diante do apresentado, constatou-se que a pesquisa foi de relevante importância para o conhecimento das manchas de solo do assentamento, juntamente com as particularidades locais, tanto com relação a pedogênese, como também ao uso destinado pelos assentados. Entretanto, apesar da contribuição, a presente pesquisa apresentou dificuldades devido ao tempo e a escassez de recursos.

Na perspectiva, de realizar estudos sobre a temática solos em áreas de agricultura familiar sugere-se como trabalhos futuros a continuidade de levantamentos detalhados de solos da Chapada do Apodi, como também a avaliação do uso atual com sugestões de melhores quando necessário, promovendo a troca e disseminação de conhecimento.

8. REFERÊNCIAS

- Alencar, E. L. L. **Química e mineralogia de três pedons originários de calcário da Chapada do Apodi – CE**. 2002. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002
- Almeida Papa, R. de; Lacerda, M. P. C.; Campos, P. M.; Goedert, W. J.; Gerosa Ramos, M. L.; Kato, E. Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos sob vegetação nativa de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 564 – 571, 2011.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; De Moraes, G.; Leonardo, J.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- Alves, A. R.; Nascimento, P. S. O.; Lima, W. G., Viana, S. S.; Ribon, A. A. Influência do manejo na densidade relativa de um latossolo amarelo sob diferentes usos e manejos de pastagens e mata nativa. **Anais... Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)(ISSN 2447-8687)**. 2015.
- Alves, J. J. A.; Araújo, M. A. de; Nascimento, S. S. do. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 2009.
- Amaro Filho, J. **Contribución al estudio del clima del Rio Grande do Norte**. 1991. 311 f. Tese (Doutorado em Edafologia e Climatologia) – Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1991.
- American Society of Agricultural and Biology Engineering. ASABE STANDARDS 2006 93: Andrade, Ilza Araújo Leão de. **A Terra e o Homem n Nordeste**. São Paulo: Atlas, 1986.
- Angelim, L. A. A.; Angelim, V. C.; Nesi, J. R. **Programa Geologia do Brasil –PLGB**. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala. Recife: CPRM/FAPERN, 2006. 119p.
- ASAE S313.1 FEB 04 Soil cone penetrometer, 2006
- ASAE-American Society of Agricultural Engineers. Procedures for using and reporting data obtained with the soil cone penetrometer: ASAE standard EP 542. St. Joseph: ASAE, 2004.
- Batista, M. de; J. Novaes, F. de; Santos, D. G. dos. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. 2.ed., Brasília: CODEVASF, 2002. 216p. (Série Informes Técnicos).
- Bernardo, S; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2008. 625p.

- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone,1993. 355p.
- Bono, J. A. M, Macedo, M. C. M., Tormena, C. A., Nanni, M. R., Gomes, E. G., Müller, M. M. L. Infiltração de água no solo em um Latossolo Vermelho da Região Sudoeste dos Cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, 2012.
- Brady, N.C.; Weil, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, DNPEA. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, Convênio MA/DNPES-SUDENE/DRN, MA/USAID/BRASIL, 1971. 530p. (Boletim Técnico, 21).
- BRASIL. SUDENE. **Nordeste** – capacidade de uso das terras – 1ª aproximação por Jurandir Gondim Reis e Manoel Ferreira dos Santos. Recife. SUDENE – Div. Editoração e Reprodução, 1974. 80p.
- Buckman, H. O.; Brady, N. C. Natureza e propriedade dos solos. 5 ed. Trad. A. B. N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro: Biblioteca Universitária Freitas Bastos. 1979, 647p.
- Busscher, W.J.; Bauer, P.J.; Camp, C.R.; Sojka, R.E. **Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil**. Soil and Tillage Research, v. 43, p. 205-217, 1997.
- Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novack, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco R. F.; Knopk, A. E. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, v.58, p.1240-1248, 1994.
- Centeno, L. N.; Guevara, M. D. F.; Cecconello, S. T.; De Sousa, R. O.; Timm, L. C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.
- Costa, A. S. da. **Levantamento da capacidade de uso da terra na Fazenda Afluente do Quipauá, em Ouro Branco (RN)**. 2009. 41 f. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, PB. 2009.
- Cunha, J.P.A.R.; Vieira, L.B.; Magalhães, A.C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Revista engenharia na Agricultura** v.10, n.1-4, p.7, 2002.
- Dalchiavon, F. C.; Carvalho, M. D. P.; Andreotti, M.; Montanari, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.
- Dantas, J. d'Arc N.; Oliveira, T. S.; Mendonça, E. S.; Assis, C. P. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, v. 16, n. 1, p. 18 – 26, 2012.

Dexter, A.R. Mechanics of root growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.98, n.3, p.303-312, 1987.

Dou F, Soriano J, Tabien RE, Chen K. Soil Texture and Cultivar Effects on Rice (*Oryza sativa*, L.) Grain Yield, Yield Components and Water Productivity in Three Water Regimes. **PloS one**, v. 11, p. 1-12, 2016.

Ernesto Sobrinho, F. **Caracterização, gênese e interpretação para uso de solos derivados de calcário da região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte**. Viçosa: UFV, 1979. 133p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Fabrcio, A. C.; Salton, J. C. **Alterações no teor de matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de produção**. Embrapa-CPAO, Dourados. 4 p. (Comunicado Técnico 7).

Farias, Phamella Kalliny Pereira. **Gênese e levantamento de solos da Serra de Santana no Seridó Potiguar**. Dissertação (MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA). UFERSA, Mossoró. 2016. 87f.

Ferrari, J. M. S.; Gabriel, C. P. C.; Silva, T. B. G.; Mota, F. D.; Gabriel Filho, L. R. A.; Tanakat, E. M. Análise da Variabilidade Espacial da Resistência à Penetração do Solo em Diferentes Profundidades/Analysis of the Spatial Variability of Resistance to Soil Penetration at Different Depths. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 2, p. 164-175, 2018.

Ferreira, E. P. **Gênese e classificação de solos em ambiente cárstico na Chapada do Apodi** [dissertação]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2013.

Ferreira, M. M. **Caracterização física do solo**. In: Física do Solo. Ed. LIER, Q. J. Viçosa, MG: SBCS, p. 1-27, 2010.

Ferreira, R. R. M.; Tavares Filho, J.; Ferreira, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

Fonseca, G. C.; Carneiro, M. A. C.; Costa, A. R. Da; Oliveira, G. C. De; Balbino, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.22-30, 2007.

Forsythe, W. **Física de suelos**. Costa Rica: IICA, 1975. 212p.

Franandes, L. A.; Lopes, P. S. Do N.; D'Angelo, S.; Dayrell, C. A.; Sampaio, R. A. Relação entre o conhecimento local, atributos químicos e físicos do solo e uso das terras. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**: Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1355-1365, 2008.

- Freitas Pessoa, M. de; Moura Guerra, A. M. N. de; Maracajá, P. B.; Lira, J. F. B. de; Diniz Filho, E. T. Estudo da cobertura vegetal em ambientes da Caatinga com diferentes formas de manejo no assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 40 – 48, 2008.
- Gomes, F. P.; Garcia, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- Gondim, J. E. F., Rebouças, C. A. M., Portela, J. C., Cavalcante, J. S. J., da Silva, S. Y. A. M., & Dias, M. C. C. Resistência mecânica do solo à penetração em diferentes manejos do solo e da caatinga em Governador Dix-Sept Rosado-RN. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 11, n. 2, p. 72-76, 2015.
- IBGE. **Atlas nacional do Brasil Milton Santos** / IBGE, Diretoria de Geociências. – Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 307 p. : il., mapas colors.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010 - Resultados do universo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 07 de março de 2016.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2015**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 07 de março de 2018.
- IDEMA. **Perfil do seu município: Apodi**. Natal, 2008. V.10. p. 1-23. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>. Acesso em: 07 de julho de 2018.
- Iori, P.; Dias Júnior, M. de S; Silva, R. B. da. Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**, p. 185-195, 2012.
- Jacomine, P. K. T. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. SUDENE-DRN, p. 531, 1971.
- Ker, J. C.; Curi, N.; Schaefer, C. E. G. R.; Vidal-Torrado, P. (Eds.). **Pedologia: fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- Lemos Filho, L. C. A.; Oliveira, E. L.; Faria, M. A.; Bastos, L. A. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 2, p. 193-202, 2008.
- Lepsch, I. F.; Bellinazzi Jr., R.; Bertolini, D.; Espíndola, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991, 175p.
- Lepsch, I. F.; Espíndola, C. R.; Vischi Filho, O. J.; Hernani, L. C.; Siqueira, D. S. (editores) **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa. MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170 p.

- Lima, I. M. A.; Araújo, M. C.; Barbosa, R. S. Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, estado do Piauí. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, PB, v. 9, n. 1, p. 117-124, 2013.
- Lisboa, H.; Timm, L. C.; Reisser Junior, C.; Tavares, V. E. Q.; Manke, G.; Tavares, L. C.; Lemos, F. D.; Prestes, R. B. Determinação das curvas de velocidade de infiltração da água de três solos representativos da persicultura irrigada na região de Pelotas-RS. In: XVI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e IX ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2007.
- Maia, R. P. **Planície Fluvial do Rio Jaguaribe: Evolução Geomorfológica, Ocupação e Análise Ambiental**. Dissertação de Mestrado Geografia Física UFC Fortaleza – CE, 2005.
- Mancuso, M. A.; Flores, B. A.; Rosa, G. M. Schroeder, J. K.; Pretto, P. R. P. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n.1, Edição Especial p. 2890–2998, 2014.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. COORDENAÇÃO-GERAL DE ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO 2010. **Zoneamento Agrícola para a cultura da soja para o estado do Paraná Safra 2010/2011**. Portaria Nº 220, de 14 de julho de 2010. 2010.
- Melo, G. W. Adubação e manejo do solo para a cultura da videira. Acesso em 17 fevereiro de 2019. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/adubvid.html>.
- Menezes, M. D. **Levantamento de solos em sub-bacia hidrográfica como apoio para avaliação do uso da terra e da potencialidade de recarga de aquíferos**. 2007. p. 107. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- Miller, F. P. Soil Science: A scope broader than its identity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 299 e 564, 1993.
- Minasny, B.; Mcbratney, A. B.; Whelan, B. M. VESPER VERSION 1.62. Australian Centre for Precision Agriculture, McMillan Building A05. The University of Sydney, NSW. (<http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa>), 2006.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação/** José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica
- Tavares da Fonseca, Livia Vanucci Lins (organizadores) – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 382 p.
- Morais, F. A. de S. L. Estudos de perfis representativos do município de Mossoró - RN. Mossoró: ESAM, 1998. 55P. (Monografia de graduação).

- Mota, A. R. P.; Cardoso, M. E. S.; Santos, D. H. **Erosão e Conservação dos Solos na Microbacia do Córrego do Veado**. Colloquium Agrarie: Presidente Prudente, v. 4, n. 1, p. 9-17, 2008.
- Mota, J. C. A.; Assis Júnior, R. N. D.; Amaro Filho, J.; Libardi, P. L. Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na chapada do Apodi, RN, cultivados com melão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 49-58, 2008.
- Mota, J. C. A.; Assis Júnior, R. N.; Amaro Filho, J.; Romero, R. E.; Mota, F. O. B.; Libardi, P. L. Atributos mineralógicos de três solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi – RN. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p. 445-454, 2007.
- Muramoto, J.; Sparovek, G.; Lepsch, I. F.; Vidal-Torrado, P. **Adequação do uso das terras de Piracicaba (SP)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.
- Neptune, A. M. L. **Fertilidade do solo** – II Parte. Piracicaba: USP/ESALQ/DSG/CES, 1976. 203p.
- Nunes, Alessandro Antonio Lopes. **Qualidade do solo em unidades de manejo agroflorestal e mata nativa em neossolo flúvico no município de Irauçuba-CE**. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.
- Oliveira, D. P. **Gênese de cambissolos desenvolvidos de rocha calcária na Chapada do Apodi - CE**. 2012. 103P. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- Oliveira, S. B. P.; Leite, F. R. B.; Barreto, R. N. C. **Sistemas e subsistemas ambientais do município de Itapipoca-CE**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBSR, 2007.
- Pacheco, Cleudia Bezerra. **Apodi: um olhar em sua diversidade** / Cleudia Bezerra Pacheco e J. Callos Baumann. – Natal, 2006.
- Pedrotti, A.; Pauletto, E. A.; Crestana, S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25:521-529, 2001.
- Pereira, L. C.; Tôsto, S. G. **Capacidade do uso das terras como base para a avaliação do desenvolvimento rural sustentável**. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 25 de janeiro de 2016.
- Pinheiro, A.; Teixeira, L. P.; Kaufmann, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009.

- Raij, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- Raij, B. van. **A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos**. Campinas: IAC, 1967. 67p. (Tese de doutorado).
- Rampim, L.; Tavares Filho, J.; Behlau, F.; Romano, D. Determinação da capacidade de uso do solo visando o manejo sustentável para uma média propriedade em Londrina-PR. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, 2012.
- Ranzani, G. **Manual de Levantamento de Solos**. 2ª edição. Ed. Edgard Blucher LTDA. São Paulo, SP. 1969. 167P.
- Ribeiro, C. A. **Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)**. Dissertação de Mestrado. Jaboticabal: FCAV, 2010. 85P.
- Rolim Neto, F. C.; Schaefer, C. E. G. R.; Fernandes Filho, E. I.; Corrêa, M. M.; Costa, L. M da; Parahyba, R. da B. V.; Guerra, S. M. S.; Heck, R. Topolitossequências de solos do Alto Paranaíba: atributos físicos, químicos e mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1795-1809, 2009.
- Rosa, D. P. da. **Relação solo-máquina-planta num Argissolo cultivado e sob campo nativo**. 2009. 109P. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
- Santana Júnior, H. E. **Zoneamento agroecológico do município de Apodi (RN)**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2010. 121P.
- Santos, C. S. dos; Silva, P. F. da; Santos, D. P. dos; Santos, J. C. C. dos; Santos, M. A. L dos. Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 161-165, 2013.
- Santos, H. G. dos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/ Humberto Gonçalves dos Santos... [et al.]**. - 5.ed. ver. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 590P.
- Santos, R. D. dos. **Manual de descrição e coletas de solo no campo / Raphael David dos Santos... [et al.]**. - 7. ed. rev. ampl. – Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101p.
- Sherman G. E.; Sutton, T.; Blazek, R.; Holl, S.; Dassau, O.; Morely, B.; Mitchell, T.; Luthman, L. 2017. Quantum GIS User Guide - Version 2.14.8. Disponível em: http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-2.14.8_user_guide_en.pdf.
- Silva, A. R.; Dias Junior, M. de S.; Leite, F. P. Propriedades físicas e mecânicas de latossolos em diferentes manejos florestais. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

- Silveira, D. C.; Melo Filho, J. F.; Sacramento, J. A. A. S.; Silveira, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocóeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 659-667, 2010.
- Soler, M.A.; Horn, D.; Baretta, D.; Leite, D.; Pereira, J.A.; Mafra, A.L.; Albuquerque, J.A.; Nagaoka, A.; Bertol, I. 2002. Profundidade de sulcamento na semeadura direta de pastagens anuais e modificações na taxa de infiltração e resistência a penetração de um Cambissolo Húmico. p. 4. In **Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**, 4. Porto Alegre. (Resumos-CD Rom.).
- Sousa, D. M. G; Miranda, L. N; Oliveira, S. A. Acidez do Solo e sua correção. In: Novais, R. F; Alvarez, V. H; Barros, N. F; Fontes, R. L; Cantarutti, R. B; Neves, J. C. L. Fertilidade do solo. 2007. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, 2007. Cap. 5. p. 205-274.
- Souza, Z. M.; Silva, M. L. S.; Guimarães, G. L.; Campos, D. T. S.; Carvalho, M. P.; Pereira, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.699-707, 2001.
- STATISTICA (Data analysis software system), versão 7.0, StatSoft. Disponível em: www.statsoft.com, 2004.
- Teixeira, C., Damé, R., Terra, V., Reisser Junior, C., Simonete, M., Brixner, G. Estimativa da infiltração de água através de modelos empíricos em um argissolo vermelho amarelo sob cultivo de pessegueiro, cv Maciel, em Pelotas/RS. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 8., 2010, Santa Maria. A ciência do solo frente à diversidade da agricultura: do saraquá à agricultura de precisão. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFSM, 2010. 1 CD-ROM.
- Teixeira, P. C. **Manual de métodos de análise de solos**. / organizadores, Palulo César Teixeira... [et al.]. – 3ª ed. rev. e ampl. Dados eletrônicos. — Brasília - DF: Embrapa, 2017. 573 p. : il. color - (Documentos / Embrapa, ISBN 978-85-7035-771-7).
- Tisdall, J. M.; Oades, J. M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. J. **Soil Sci.**, v. 33, p. 141 - 163, 1982.
- Tormena, C. A.; Silva, A. P.; Libarde, P. L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. **Soil and Tillage Research**, 52:223-232, 1999.
- Torres, J. L. R.; Costa, D. D. A; Silva Neto, O. F.; Araújo, A. S.; Silva, V. R.; Vieira, D. M. S. Avaliação da resistência à penetração e densidade do solo num latossolo sob semeadura direta há doze anos. **Global Science and Technology**, Rio Verde-GO, v. 8, n. 1, p. 131-140, 2015.
- Vieira, M. De N. F.; Vieira, L. S.; Santos, P. C. T. C. dos; Chaves, R. de S. **Levantamento e conservação do solo**. Belém: FCAP. Serviço de Documento e Informação, 1996. 320p.