

PATRÍCIA RIBEIRO DOS SANTOS

**ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES USOS
EM PERÍMETRO IRRIGADO DO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

**RECIFE - PE
MARÇO - 2010**

PATRÍCIA RIBEIRO DOS SANTOS

**ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES USOS
ADOTADOS EM PERÍMETRO IRRIGADO DO SERTÃO DE
PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

**RECIFE - PE
MARÇO – 2010**

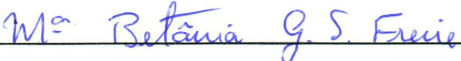
PATRÍCIA RIBEIRO DOS SANTOS

**ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES USOS EM
PERÍMETRO IRRIGADO DO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural
de Pernambuco, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo.

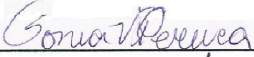
Tese de Doutorado defendida e aprovada pela banca examinadora, 12 de março de 2010.

Orientadora:

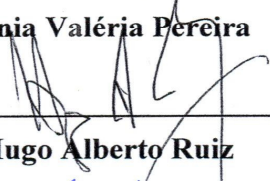


Dr^a Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

Examinadores:



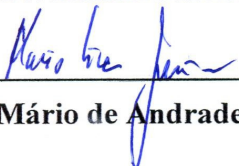
Dr. Sônia Valéria Pereira



Dr. Hugo Alberto Ruiz



Dr. Rossini Mattos Corrêa



Dr. Mário de Andrade Lira Júnior

Ficha catalográfica

S237a Santos, Patrícia Ribeiro dos
Atributos do solo em função dos diferentes usos em
perímetro irrigado do sertão de Pernambuco / Patrícia
Ribeiro dos Santos. 2010.
112 f. : il.

Orientadora: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire.
Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Agronomia, Recife, 2010.
Referências.

1. Qualidade do solo 2. Perímetro irrigado 3. Semiárido
I. Freire, Maria Betânia Galvão dos Santos, orientadora
II. Título

CDD 631.4

BIOGRAFIA DO AUTOR

PATRÍCIA RIBEIRO DOS SANTOS, filha de Evameire Ribeiro dos Santos, nasceu em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, em 26 de dezembro de 1973. Em agosto de 1997 ingressou na Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde, em agosto de 2003, recebeu o título de Engenheira Agrônoma. Durante o período de julho de 2000 a agosto de 2003 desenvolveu trabalhos de pesquisa na área de Solos como Bolsista de Iniciação Científica/CNPq.

Em março de 2004, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, em nível de Mestrado, pela Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, onde concluiu o curso em março de 2006. Logo em seguida, ingressou no programa de Pós Graduação da Universidade Federal rural de Pernambuco, recebendo o título de Doutora em Ciência do Solo, em março de 2010.

Uma das coisas que aprendi é que se deve viver apesar de. Apesar de, se deve comer. Apesar de, se deve amar. Apesar de, se deve morrer. Inclusive muitas vezes é o próprio apesar de que nos empurra para a frente.

Clarice Lispector

Àqueles alunos que em algum momento se sentiram preteridos neste programa de Pós Graduação, mas que, *apesar de*, conseguiram se desviar dos maus exemplos no ensino público com serenidade e inteligência para continuar, de forma honesta e consciente, em busca do melhor para suas vidas.

Aos professores Evaldo Pereira e Mailson Lira, da Faculdade de Ciências Humanas – ESUDA e Guilherme Neves, do Núcleo de Cursos Especial - NUCE, que na figura de educadores, sem pretensões, me receberam como aluna; coisa rara de se ver no ensino superior público.

Às famílias brasileiras sem terra, sem teto, sem saúde, sem educação, mas que não perderam a esperança de um futuro melhor.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Na oportunidade reporto meu especial agradecimento ao povo brasileiro que custeou toda minha formação acadêmica.

Aos amigos de todas as horas Adriana Guimarães, Cristiane Santos, Caroline Biondi, Eduardo Silva, Eulene Silva, Janaína Barbosa, Josicleda Galvêncio, Josimar Fernandes, Goédhi Antas, Guilherme Pessoa, Luiz Antônio Zanão, Maristela Zanão, Margareth Mendes e Wagner Pessoa, por estarem sempre presentes em minha vida, pelos bons momentos compartilhando e por serem leais escudeiros em momentos difíceis, muito obrigada pelo carinho e amizade.

Aos não menos importantes Daniela Rodrigues, Felizarda Bebé, Francisco Lima, George Brito, Karen Fialho, Marcelo Miranda, Márcio Fléquisson, Monalisa Silva e a tantas outras pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos professores Sônia Oliveira e Newton Stanford pela amizade e pelos ensinamentos que me iniciaram no ramo acadêmico, profissionais a quem admiro e respeito.

À professora Maria Betânia Freire pela tranquilidade dos últimos quatro anos, pelas orientações prestadas e por todo apoio na condução deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco por me graduar em Agronomia, título no qual reconheço minha real vocação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo desta instituição, no qual não desperdicei nenhuma oportunidade de aprender a viver.

MUITO OBRIGADA.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE BREVIATURAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRAT.....	xvii
1.INTRODUÇÃO	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1. Região Semi árida do Brasil	21
2.2. Importância da agricultura irrigada no Nordeste brasileiro.....	22
2.3. Desenvolvimento sustentável e qualidade do solo.....	24
2.4 Atributos do solo	25
2.4.1. Atributos químicos	25
2.4.2. Atributos físicos do solo	27
2.4.3. Atributos biológicos e matéria orgânica do solo (MOS)	29
2.5. Procedimento estatístico multivariado	35
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Área de estudo	39
3.2. Descrição do estudo e método de amostragem de campo	40
3.3. Estatística descritiva e teste de normalidade	47
3.4. Análise de componentes principais e análise de agrupamento	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1. Solos com teores de argila abaixo de 8% (Classe 1).....	49
4.2. Solos com teores de argila entre 8 e 12% (Classe 2).....	63
4.3. Solos com teor de argila acima de 12% (Classe 3).....	76
4.4. Análise conjunta das classes de solos.....	90
5. CONCLUSÕES.....	95
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes no município de Petrolândia-PE.....	40
Figura 2. Distribuição dos pontos de coleta dos lotes amostrados no Perímetro Irrigado Icó-Mandantes, Petrolândia-PE.....	43
Figura 3. Representação gráfica dos <i>scores</i> dos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V) nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos da Classe 1. Proximidade entre usos indica semelhança de acordo com a análise de componentes principais.....	58
Figura 4. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento (C = ciclo curto; D = área descartada; F = Fruticultura; P = pastagem; V = vegetação nativa)	61
Figura 5. Representação gráfica dos <i>scores</i> referentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V) nos dois primeiros componentes principais obtidos com as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2).....	73
Figura 6. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2), utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento. C = ciclo curto; D = área descartada; F = Fruticultura; P = pastagem; V = vegetação nativa.....	75
Figura 7. Representação gráfica dos <i>scores</i> dos solos com teores de argila superiores a 12% (Classe 3) referentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V) nos dois primeiros componentes principais obtidos com as variáveis químicas, físicas e biológicas.....	86

Figura 8. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos nos solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3), utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento..... 88

Figura 9. Escores dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), entre 9 e 15% (Classe 2) e superiores a 15% (Classe 3) referentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V) nos dois primeiros componentes principais obtidos com as variáveis químicas, físicas e biológicas..... 92

Figura 10. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes, utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento. C = ciclo curto; D = área descartada; F = Fruticultura; P = pastagem; V = vegetação nativa. 1-teor de argila inferior a 9%, 2-teor de argila entre 9 e 15% e 3-teor de argila superior a 15%..... 93

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1. Variáveis químicas analisadas nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes – Petrolândia (PE) e métodos utilizados.....	44
Quadro 2. Variáveis físicas analisadas nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes – Petrolândia (PE) e métodos utilizados.....	45
Quadro 3. Variáveis biológicas analisadas nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes – Petrolândia (PE) e métodos utilizados.....	46
Quadro 4. Matriz de correlação de Pearson das variáveis obtidas com os solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1) do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes (PE)	50
Quadro 5. Medidas estatísticas descritivas dos atributos químicos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), correspondentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	52
Quadro 6. Medidas estatísticas descritivas dos atributos físicos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), correspondentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)...	54
Quadro 7. Medidas estatísticas descritivas dos atributos biológicos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), correspondentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	55
Quadro 8. Autovalores e variâncias das componentes principais obtidas dos atributos químicos, físicos e biológicos.....	56
Quadro 9. Correlações (<i>loadings</i>) dos atributos químicos, físicos e biológicos analisadas com as componentes principais (CPs) obtidas para os solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1)	57
Quadro 10. Matriz de correlação das variáveis obtidas com os solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) do perímetro irrigado Icó-Mandantes Petrolândia/PE)	64

Quadro 11. Medidas estatísticas descritivas das variáveis químicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	65
Quadro 12. Medidas estatísticas descritivas das variáveis físicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	68
Quadro 13. Medidas estatísticas descritivas das variáveis biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	70
Quadro 14. Autovalores e variâncias das componentes principais obtidas das variáveis químicas, físicas e biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2)	71
Quadro 15. Correlações das variáveis analisadas com as componentes principais (CPs) obtidas das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2).....	72
Quadro 16. Matriz de correlação de Pearson das variáveis obtidas com os solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3) do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes-PE.....	77
Quadro 17. Medidas estatísticas descritivas dos atributos químicos dos solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	78
Quadro 18. Medidas estatísticas descritivas dos atributos físicos dos solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	81
Quadro 19. Medidas estatísticas descritivas dos atributos biológicos dos solos com teores de argila acima de 12% (Classe 3) correspondentes aos estratos	83

ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)	
Quadro 20. Autovalores e variâncias dos componentes principais obtidos com os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos com teores de argila superiores a 15% (Classe 3)	84
Quadro 21. Correlações das variáveis analisadas com as componentes principais (CPs) obtidas das variáveis químicas, físicos e biológicas dos solos com teores de argila acima de 12% (Classe 3)	85
Quadro 22. Autovalores e variâncias dos componentes principais obtidos das variáveis químicas, físicas e biológicas dos solos das três classes de solos estudados (1-teor de argila inferior a 9%, 2-teor de argila entre 9 e 15% e 3-teor de argila superior a 15%).....	90
Quadro 23. Correlações das variáveis analisadas com os componentes principais (CPs) obtidos das variáveis químicas, físicos e biológicas das três classes de solos estudados (1-teor de argila inferior a 9%, 2-teor de argila entre 9 e 15% e 3-teor de argila superior a 15%).....	91

LISTA DE SIGLAS

ACP.....	Análise de Componentes Principais
CP.....	Componente Principal
C.....	Ciclo curto
F.....	Fruticultura
P.....	Pastagem
V.....	Vegetação nativa
D.....	Áreas descartadas
pH H ₂ O.....	pH em água
pHes.....	pH do extrato de saturação
CEes.....	Condutividade elétrica do extrato de saturação
Ksol.....	Potássio solúvel
Nasol.....	Sódio solúvel
Ca.....	Cálcio trocável
Mg.....	Magnésio trocável
K.....	Potássio trocável
Na.....	Sódio trocável
P.....	Fósforo disponível
CTC.....	Capacidade de troca de cátions
PST.....	Porcentagem de sódio trocável
SB.....	Soma dos cátions trocáveis
UA.....	Umidade da amostra no momento da coleta
CC.....	Umidade da amostra na capacidade de campo
Dp.....	Densidade das partículas do solo
Ds.....	Densidade do solo
RBS.....	Respiração basal do solo
CBM.....	Biomassa microbiana do solo
qCO ₂	Quociente metabólico
COT.....	Carbono orgânico total
qMIC.....	Quociente microbiano
ECBM.....	Estoque de carbono da biomassa microbiana
EC.....	Estoque de Carbono orgânico

SANTOS, PATRÍCIA RIBEIRO DOS; Doutora em Ciência do Solo. Universidade Federal Rural de Pernambuco, março de 2010. **Atributos do solo em função dos diferentes usos em perímetro irrigado do Sertão de Pernambuco.** Orientadora: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire.

RESUMO

O semiárido do Nordeste brasileiro, representado pelo bioma Caatinga, caracteriza-se como ambiente de pouca disponibilidade hídrica e solos rasos, que demandam da comunidade científica regional, o aprofundamento de estudos direcionados para o conhecimento e gestão desses recursos, visando sua preservação de forma sustentável. Deste modo, este trabalho tem por objetivo avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes – PE. O perímetro integra uma área irrigada de 1.300 ha distribuídos em lotes agrícolas que apresentam registros de informações relativas ao tipo(s) de cultura(s), sistema de irrigação, utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas, situação de produção do lote, identificação de área degradada etc. Utilizando-se o mapa de classificação dos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes foram selecionadas áreas para o estudo separando-se os solos pelo teor de argila, sendo: Classe 1 – solos com teor de argila abaixo de 9%; Classe 2 – solos com teor de argila de 9 e 15%; e Classe 3 – solos com teor de argila acima de 15%. Os usos estudados foram classificadas em cultivo de CICLO CURTO (C), FRUTICULTURA (F), PASTAGEM (P) e VEGETAÇÃO NATIVA (V). Adicionalmente foi incorporado ao estudo mais um tratamento, composto pelas ÁREAS DESCARTADAS (D). As amostras de solo foram coletadas lotes sorteados aleatoriamente, de acordo com o uso e classe de solo e em áreas vizinhas sem histórico de utilização agropecuária, visando comparar com as propriedades de solos incorporados no processo de utilização antrópica, bem como comparar os diferentes usos agrícolas. Nas amostras de solos foram feitas análises dos atributos químicos, físicos e biológicos. Os dados foram submetidos à estatística descritiva e multivariada (análise de componentes principais e agrupamento). Observaram-se alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos em todos os usos analisados. Para os solos com teores de argila abaixo de 9%, o uso F foi o que apresentou maior semelhança como V, com menores perturbações dos atributos estudados, agrupando-se pela menor CEes, níveis mais equilibrados de

cátions trocáveis e menor densidade do solo, e melhores condições para a microbiota do solo. Nos solos com teores de argila entre 9 e 15 %, a introdução da agricultura irrigada promoveu aumentos no teor de Na solúvel e queda da atividade microbiana dos solos em todos os usos estudados. Os solos do uso C apresentaram os maiores níveis de salinidade, em relação à área de vegetação nativa, implicando na redução da atividade microbiana e do carbono da biomassa microbiana, nas três classes de solos estudadas. A análise conjunta das classes de solo, em todos os usos estudados, resultou em separação por classe de solo, confirmando-se que a composição granulométrica do solo é um fator que deve ser considerado na seleção de práticas de manejo do solo e da água de irrigação.

SANTOS, PATRÍCIA RIBEIRO DOS. D.Sc. at Universidade Federal Rural de Pernambuco, in March 2010. **Soil properties for different uses in irrigated perimeter of Sertão in Pernambuco State.** Adviser: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire.

ABSTRAT

The semiarid Northeast Brazil, represented by the Caatinga biome is characterized as an environment of low water availability and shallow soils, which require regional scientific community, further studies directed at understanding and managing these resources, for their preservation in a sustainable way. Thus, this study aims to evaluate the chemical, physical and biological soil of Irrigated Perimeter Icó-Mandantes. The perimeter includes an irrigated area of 1.300 hectares distributed in agricultural lots that have records of information on the type (s) of crop (s), irrigation system, use of fertilizers and pesticides, the batch production situation, identification of area so degraded. Using the map of soil classification of Irrigated Perimeter Icó-Mandantes were selected for the study areas separating the soil by the clay content, as follows: Class 1 - soils with clay content below 9%, Class 2 - Soil with clay content of 9 and 15%, and Class 3 - soils with clay content above 15%. Uses studied were classified as short-cycle crops (C), FRUTICULTURA (F), pasture (P) and native vegetation (V). Addition was built to study further treatment, consisting of the discarded lands (D). Soil samples were collected randomly selected plots, according to the use and soil class and surrounding areas with no history of agricultural use, to compare with the properties of soil incorporated into the process of using manmade and compare the different agricultural uses. Soil samples were analyzed for the chemical, physical and biological. Data were submitted to descriptive statistics and multivariate analysis (principal component analysis and clustering). Observed changes in the chemical, physical and biological analysis in all uses. For soils with clay content below 9%, using F showed the greatest similarity to V, with less disruption of the attributes studied, grouping by electrical conductivity smaller, more balanced levels of exchangeable cations and a lower density, and better conditions for soil microbes. In soils with clay contents between 9 and 15%, the introduction of irrigated agriculture promoted increases in soluble Na content and decreased soil microbial activity in all uses studied. The use of soil carbon had higher levels of salinity in relation to the area of native vegetation, resulting in the reduction of microbial activity and microbial biomass carbon in the

three classes of soils studied. The analysis of soil classes in all uses studied, resulted in separation by class of soil, confirming that the granulometric composition of soil is one factor that should be considered in the selection of management practices of soil and water irrigation.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos que permitem explorar os recursos naturais disponíveis trouxeram grandes mudanças no manejo agrícola e, conseqüentemente, muitos benefícios aos seres humanos. Juntamente com essas mudanças surgiram os desequilíbrios ambientais. A utilização inadequada dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, viola os ecossistemas naturais, prejudica ou mesmo destrói suas capacidades de auto-regulação, resultando em progressiva diminuição da biodiversidade, aumento da degradação ambiental e redução da qualidade de vida (Bechara, 2006).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2007), em 34 anos, a população brasileira dobrou em relação aos 90 milhões de habitantes da década de 1970 e, somente entre 2000 e 2004, aumentou em 10 milhões de pessoas. Em 2050, seremos aproximadamente 260 milhões de brasileiros. Essas projeções reaquecem as discussões sobre o aumento da população e seus efeitos sobre o meio ambiente. A máxima produtividade biológica natural não atende à demanda de alimentos, sendo necessária a inserção de tecnologias para garantir produtividades desejáveis. Contudo, os cultivos agrícolas e a pecuária são atividades que promovem o desmatamento e, a menos que o sistema produtivo inclua ações de sustentabilidade, o uso intensivo dos recursos não-renováveis resultará em degradação de extensas áreas de terras produtivas.

O Nordeste brasileiro abrange uma região semiárida cujas características edafoclimáticas incluem solos rasos, regime pluviométrico anual irregular e uma elevada evapotranspiração, elementos ambientais que, entre outros fatores, dificultam a manutenção de uma atividade agrícola sustentável e o desenvolvimento local. Deste modo, a grande demanda de ações que viabilizem a expansão das fronteiras agrícolas no ecossistema Caatinga tornou o suprimento extra de água uma ferramenta agrícola de grande interesse. No entanto, o conhecimento do impacto da irrigação em zonas semi áridas é ainda incipiente, sendo necessárias investigações mais refinadas sobre o uso da irrigação e quais as mudanças ambientais geradas pela inclusão de tais áreas no processo produtivo (Franca-Rocha *et al.*, 2007).

A inclusão de áreas na atividade agrícola na região semiárida do Nordeste brasileiro por meio da irrigação deve assegurar a sustentabilidade ambiental, sem a qual não haverá viabilidade econômica do empreendimento. A sustentabilidade de um perímetro irrigado está condicionada, entre outros aspectos, à manutenção da produtividade dos solos, que dentro dos sistemas de produção sofrem modificações nos seus atributos biológicos, físicos e químicos

pela aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, tráfego de máquinas e alteração do regime hídrico nas bacias hidrográficas (Corrêa, 2007).

Em função dos usos, diferentes manejos são aplicados aos solos, os quais modificam seus atributos de maneira diferenciada melhorando algumas propriedades e degradando outras. O conhecimento das alterações sofridas pelos solos pode indicar o que deverá ser melhorado para que se mantenham produtivos. Por outro lado, a investigação de atributos dos solos em perímetros irrigados, em operação, trará informações importantes sobre a qualidade do solo e sua capacidade produtiva, modificada de acordo com o uso, subsidiando a implantação de novos perímetros e o manejo do solo em perímetros em atividade.

Sendo assim, atributos químicos, biológicos e físicos foram avaliados em solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes instalado no município de Petrolândia-PE, localizado na região semi árida do Nordeste do Brasil. Com o objetivo de comparar entre si diferentes usos dos solos: sistemas de fruticultura, culturas de ciclo curto, pastagem e áreas consideradas inaptas à agricultura (descartadas) e áreas de vegetação nativa circunvizinhas, baseado nas hipóteses:

Hp1 - o uso e o manejo do solo alteram seu conteúdo de material orgânico e, conseqüentemente, interferem na atividade da microbiota e no ciclo do carbono; e na estrutura do solo;

Hp2 - os atributos físicos, químicos e biológicos apresentam valores distintos entre amostras de solo coletadas sob diferentes usos;

Hp3 - solos de classes texturais variadas respondem diferentemente aos usos e manejos adotados, quanto aos atributos químicos, biológicos e físicos;

Hp4 - por apresentarem respostas rápidas a fatores externos, os atributos biológicos são mais sensíveis ao manejo adotado, deste modo, usos mais impactantes do solo prejudicam mais os atributos biológicos do que os químicos ou físicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Região Semiárida do Brasil

A Região Semiárida do Brasil abrange 969.589,4 km², correspondendo a quase 90% da Região Nordeste, que compreende os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, e Norte de Minas Gerais (MI, 2009). O Semi Árido apresenta períodos de secas intercalados com chuvas de alta intensidade e má distribuição. A precipitação média se encontra numa amplitude que varia de 268 a 800 mm anuais, distribuídos durante três a cinco meses, com elevadas taxas de evapotranspiração, em média 2.000 mm ano⁻¹, proporcionando déficit de umidade no solo durante a maioria dos meses do ano (Silva, 2006).

Do ponto de vista geológico, existem dois conjuntos estruturais no Nordeste: as Bacias Sedimentares e o Escudo Cristalino. Nas primeiras, em geral, os solos são profundos (mais de 2 até 6 m), com alta capacidade de infiltração, reduzido escoamento superficial, boa drenagem natural e baixa fertilidade natural. No Escudo Cristalino, os solos são, em geral, rasos (cerca de 0,60 m), com baixa capacidade de infiltração, alto escoamento superficial, reduzida drenagem natural e boa fertilidade natural. Os escudos cristalinos correspondem a 45% da superfície do Nordeste, ou seja, a 720 mil km², no semiárido esse percentual chega a aproximadamente 70% (Suassuna, 1994).

O bioma Caatinga é o principal ecossistema existente na Região Nordeste, estendendo-se pelo domínio do clima semiárido, numa área de 73.683.649 ha, 6,83% do território nacional. A Caatinga é dominada por tipos de vegetação com características xerofíticas, com folhas pequenas que reduzem a transpiração, caules suculentos para armazenar água e sistema radicular bem desenvolvido para capturar o máximo de água durante as chuvas (Silva, 2006). A vegetação é representada por gramíneas, arbustos e árvores de porte baixo ou médio (3 a 7 metros de altura), caducifólias, com grande quantidade de plantas espinhosas, intercaladas com outras espécies como as cactáceas e bromeliáceas. Porém, a paisagem encontra-se bastante alterada devido à substituição de espécies vegetais nativas pela atividade agrícola e pecuária. O desmatamento e as queimadas, práticas comuns no preparo do solo, além de destruir a cobertura vegetal, prejudicam a manutenção da fauna silvestre, a qualidade da água, e o equilíbrio do clima e do solo. Segundo dados do IBAMA (2009), aproximadamente 80% dos ecossistemas originais do bioma caatinga já foram antropizados.

O município de Petrolândia apresenta uma área de 1.083,7 km², estando localizado na Mesorregião do São Francisco-PE, microrregião Itaparica, Região de desenvolvimento Sertão

do Itaparica, limitando-se ao Norte com Floresta, ao sul com Jatobá, a leste com Tacaratu e a Oeste com o Estado da Bahia. A sede Municipal encontra-se a 282 metros de altitude em relação ao nível do mar e tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de 09° 04' 08" E e 38° 18' 11" S (IBGE, 2009).

A geologia da área inclui formações geológicas arenosas que integram a Bacia Sedimentar do Jatobá em cujos depósitos foram modeladas as chapadas que compõem o relevo plano e suave ondulado da área, com altitude variando de 500m, no topo das chapadas, a pouco mais de 300m, na borda do lago (Sobral et al., 2006). Os solos formados sob tais condições são, em geral, de baixa fertilidade e de potencial muito baixo para irrigação (Silva *et al.*, 2006). São constituídos, na maior parte, por Neossolos quartzarênicos latossólicos e não latossólicos (40 a 60%), Latossolos vermelhos álicos, Argissolos vermelho-amarelos, Cambissolos vérticos, Planossolos, Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rocha (CODEVASF, 2003 e 2004; EMBRAPA, 2001). Os solos da região de Petrolândia a Ibimirim, em Pernambuco, são, em sua maioria, arenosos (Neossolos quartzarênicos), muito profundos e excessivamente drenados, mas que apresentam uso agrícola limitado, devido às características químicas e mineralógicas. São solos fortemente ácidos e de baixa a muito baixa fertilidade natural, semelhantes aos encontrados na área do Perímetro de Icó- Mandantes (Cavedon, 1986).

2.2. A agricultura irrigada no Nordeste brasileiro

O sucesso no agronegócio pode promover alterações favoráveis no PIB regional, refletindo na diminuição do fluxo migratório rural-urbano, no aumento do PIB per capita e no crescimento demográfico mais equilibrado. A região do semiárido brasileiro apresenta altos índices de temperatura e luminosidade, além de uma baixa umidade relativa do ar, fatores que contribuem para uma alta taxa fotossintética das culturas, ou seja, pleno desenvolvimento e baixa incidência de doenças, condições favoráveis ao pleno desenvolvimento vegetal. No entanto, o caráter insuficiente e irregular do regime pluviométrico do Semiárido nordestino induz à adoção de práticas alternativas de suprimento hídrico às culturas. Neste contexto, a irrigação torna-se um fator de grande interesse para os produtores de alimentos em diversas partes do mundo, e na região semiárida do Nordeste brasileiro.

O semiárido brasileiro tem um potencial de área apta para irrigação de mais de 2,4 milhões de ha, por apresentarem áreas que, se trabalhadas com tecnologia adequada, constituir-se-iam num grande potencial para o agronegócio, transformando-se no principal

indutor de desenvolvimento regional (MI, 2009). Ao longo dos anos, a iniciativa pública e a privada implantaram infra-estrutura para irrigação em, respectivamente, 136.000 e 315.300 ha no Nordeste semiárido do Brasil (MI-SIH, 2005; Christofidis, 2003).

A irrigação é uma alternativa viável para o suprimento de água às culturas, especialmente em regiões de baixo regime pluviométrico, desde que aplicada de forma adequada, visando preservar os atributos do solo e garantir uma utilização sustentável dos perímetros irrigados. As principais vantagens da irrigação são: aumento na produtividade e produção de alimentos; geração de emprego e renda de forma consistente e estável; diminuição do êxodo rural; auxílio no desenvolvimento regional, do estado e do país (Mantovani et al., 2007). A agricultura irrigada cumpre um importante papel na região do semiárido brasileiro, gerando em 1 hectare irrigado 0,8 a 1,2 empregos direto e 1,0 a 1,2 indireto, de forma consistente e estável, contra 0,22 empregos diretos na agricultura de sequeiro, constituindo-se num importante fator que contribui para a redução da pobreza (Mantovani et al., 2007). Por meio da irrigação, grande desenvolvimento econômico tem sido alcançado em pólos irrigados como os de Juazeiro (BA), Petrolina (PE) e do Baixo Assú (RN).

Contudo, o emprego de técnicas inadequadas de irrigação tem levado áreas anteriormente produtivas a sua exclusão do setor agrícola devido à degradação dos solos. Vale ressaltar que a escolha de áreas para compor perímetros irrigados nem sempre foi suficientemente embasada em critérios técnico-econômicos. A falta de habilidade dos irrigantes no manejo da irrigação, sem levar em consideração as características edafoclimáticas da região, tem contribuído para o processo de degradação dos solos em perímetros irrigados da Região Semiárida do Nordeste brasileiro. Exemplos de fracassos na implantação de perímetros irrigados podem ser observados em Moxotó – PE (Sampaio et al., 2005), Custódia – PE (Oiveira et al., 2002), Ibimirim – PE e Serra Talhada – PE (Fernandes, 2008), nos Perímetros Irrigados Engenheiro Arcoverde e São Gonçalo, em Condado (Leão et al., 2009) e Souza – PB (Chaves et al., 2005) e o Califórnia, em Canindé do São Francisco – SE (Aguiar-Netto et al., 2007), entre outros, onde grandes somas de recursos financeiros foram investidas.

De acordo com Von Sperling (1997), citado por Mantovani et al. (2007), a água apresenta duas características marcantes: capacidade de dissolver uma enorme quantidade de substâncias que lhe conferem características peculiares; e capacidade de transporte de substâncias e partículas pelos cursos de água, conferindo-lhe um caráter fortemente dinâmico. Esta capacidade de dissolução e transporte inerente à água interfere em sua qualidade, a qual é resultante dos processos que ocorrem na bacia hidrográfica.

Segundo Bernardo et al. (2005), os principais impactos ambientais negativos gerados pela irrigação são: modificação do meio ambiente; movimentação de material fino no solo; contaminação dos recursos hídricos com agroquímicos; redução da disponibilidade hídrica para outros setores, como consumo humano; salinização e sodificação, que se constituem nos problemas mais sérios que os irrigantes enfrentam, especialmente em regiões de clima seco.

2.3. Desenvolvimento sustentável e qualidade do solo

O solo é um recurso natural vital para a conservação dos ecossistemas terrestres, desempenhando um importante papel na nutrição e sustentação dos vegetais. Os principais componentes do solo são os elementos químicos, partículas de areia, silte e argila, formas estáveis da matéria orgânica, a biota residente e gases como O₂, CO₂, N₂, NO_x (Foth, 1990; Tan, 1998). Porém, a capacidade do solo em fornecer nutrientes às plantas depende dos seus atributos físicos, químicos e biológicos e suas interações dentro da cadeia produtiva.

A preocupação com a qualidade do solo tem crescido à medida que seu uso e mobilização intensiva passaram a resultar em diminuição da sua capacidade produtiva e sustentável ao longo dos anos, despertando a atenção da comunidade científica. Em poucas décadas o tema “qualidade do solo” tornou-se um importante foco de estudo em diversas partes do mundo. Contudo, a seleção de índices qualitativos de ampla aplicação para definir qualidade do solo é uma tarefa difícil, visto que, cada ambiente em particular apresenta características próprias (Bastida et al., 2008).

Embora ainda não exista um conceito amplamente aceito, a qualidade do solo pode ser compreendida como a capacidade de um solo para responder a um determinado uso, cuja eficiência depende das condições de formação e, especialmente, do manejo adotado (Melo Filho & Silva, 1993; Corrêa et al., 2004). Karlen et al. (2003) descrevem qualidade do solo como “a forma de um solo funcionar dentro de sua capacidade e de um ecossistema natural ou sob manejo, sustentar a produtividade vegetal e animal, manter ou aumentar a qualidade da água e ar, e suportar saúde humana e habitação”. Esses conceitos sugerem que o solo atua como um mitigador dos impactos causados pela atividade humana e que o manejo deve colaborar com a sustentabilidade do agroecossistema.

Um bom indicador ambiental da qualidade dos solos deve integrar vários processos e propriedades do solo, ser de fácil determinação, preciso e exato em descrever uma função particular que expresse mudanças no ambiente (Tótola & Chaer, 2002). Diversas propriedades químicas, físicas, e biológicas têm sido sugeridas como indicadores potenciais da qualidade

dos solos (Doran & Parkin, 1994; Santana & Bahia Filho, 1998; Karlen et al., 2003). Por muitos anos, o papel dos microrganismos como indicador de qualidade do solo foi negligenciado e maior enfoque foi dado aos dois primeiros grupos de propriedades. Atualmente, a comunidade científica tem conhecimento de que a maioria desses atributos de algum modo é influenciada pelos microrganismos e seus processos bióticos, o que evidencia sua importância no funcionamento e sustentabilidade dos agroecossistemas.

2.4. Atributos do solo

A substituição de um sistema em equilíbrio, como a vegetação nativa, por cultivos agrícolas implica em alterações dos atributos dos solos. Estas alterações são dependentes de fatores como o clima, solo, cultura implantada e manejo adotado. Nesse contexto, os solos podem sofrer grandes variações de seus atributos químicos, físicos e biológicos e a vegetação nativa pode ser utilizada como referencial na avaliação da qualidade dos solos por meio desses atributos.

2.4.1. Atributos químicos

O conhecimento dos atributos químicos dos solos permite uma melhor compreensão da dinâmica de liberação dos nutrientes para as plantas e pode fornecer subsídios à adequação das recomendações de adubação e manejo da irrigação, de modo a aumentar o rendimento agrícola.

O pH é um atributo químico indicador das alterações nos processos do solo que implicam na disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas. A capacidade do solo em manter os elementos essenciais disponíveis às plantas é governada pela CTC, quantidade total de cátions retidos nos colóides minerais e orgânicos do solo (Chaves et al., 2004). Da mesma forma, os teores de nitrogênio total, o fósforo disponível, e as formas trocáveis de K, Ca e Mg indicam se as reservas do solo atenderão às necessidades nutricionais das plantas. Os atributos químicos do solo são largamente explorados na literatura especializada e bastante citados como indicativos de sua fertilidade (Teixeira et al., 2001; Vaz, e Gonçalves, 2001; Gatiboni et al., 2003; Souza et al., 2004; Silva et al., 2007).

Carvalho et al. (2007) avaliaram as alterações dos indicadores químicos de qualidade do solo em quatro sistemas de manejo para a cultura de citros. O pH do solo no sistema de manejo com cobertura vegetal diferiu significativamente dos tratamentos com capinas

manuais. A fração orgânica foi responsável pela maior parte da CTC dos solos estudados e o sistema com cobertura nas entrelinhas apresentou um incremento na CTC do solo de 21,7% na linha de plantio da cultura e 28,6% na entrelinha, quando comparado ao manejo convencional.

O estudo dos atributos químicos é importante também na detecção de elementos em excesso, especialmente aqueles cuja presença pode ter efeito prejudicial tanto à planta como ao solo. O manejo inadequado da irrigação pode levar a acúmulos de íons solúveis, aumentando o nível de salinidade. Em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento com diferentes níveis de salinidade e práticas diferenciadas de manejo, Dias et al. (2004) observaram que o aumento da salinidade teve uma evolução temporal e que este aumento foi proporcional a concentração de sais na água utilizada, independente da frequência de irrigação.

O uso de águas salinas é o principal fator diretamente relacionado à ocorrência de salinidade em perímetros irrigados, especialmente em regiões áridas e semiáridas onde dificilmente se encontra água de boa qualidade para a agricultura. O regime hídrico escasso não apresenta volume de água suficiente para estabelecer um sistema de drenagem que promova a lixiviação do excesso de sais que são liberados durante o processo de intemperismo das rochas e formação dos solos, o que eleva a concentração salina das águas disponíveis na região. Outro fator relevante é a elevação do lençol freático, muitas vezes, salino. Irrigações excessivas conduzem a perdas de água por infiltração, saturando canais e reservatórios do solo que, em ocorrência de deficiências de drenagem elevam o lençol freático, trazendo juntamente os sais à zona radicular (Bernardo et al., 2005; Mantovani et al., 2007).

A salinidade exibe seus efeitos adversos sobre as plantas pelo decréscimo do potencial osmótico, por toxicidade devido ao excesso de íons específicos absorvidos e, ou, por distúrbios nutricionais. Esses efeitos variam com a espécie vegetal e o estágio de desenvolvimento, com o tempo de exposição e a concentração salina e com a natureza dos sais presentes na solução do meio de crescimento (Levitt, 1972; Mansour & Salama, 2004). Nos solos, os efeitos nocivos da salinidade se devem ao excesso de íons específicos, especialmente sódio (Na^+). Atraídos pelas cargas negativas do complexo sortivo do solo, o Na em excesso na solução do solo passa a competir com outros cátions presentes no sistema. Deste modo, cátions que apresentam caráter floculante, com o Ca^{++} e o Mg^{++} , passam a ser substituídos pelo Na^+ , cátion de forte ação dispersante. A água de irrigação remove os cátions floculantes e as partículas dispersas de argila, implicando em destruição dos agregados, perda da estrutura do solo e obstrução de poros do solo. Em decorrência disso, as propriedades

hídricas são afetadas. Ocorre a redução da porosidade, aumento da densidade, de modo que a condutividade hidráulica torna-se drasticamente prejudicada, dificultando a infiltração de água no perfil do solo (Bernardo et al., 2005; Mantovani et al., 2007).

2.4.2. Atributos físicos

Solo sob cultivo apresenta alterações de suas propriedades físicas, quando comparado com aquele encontrado em áreas nativas, sem cultivo agrícola. Tais alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do que nos conservacionistas, manifestando-se, geralmente, na densidade do solo, profundidade do perfil, volume e tamanho de poros e estabilidade de agregados, que influenciam a infiltração e capacidade de retenção de água, erosão hídrica, crescimento radicular e emergência de plântulas (Mendes et al., 2006).

O uso de máquinas e implementos agrícolas pesados exerce pressões que podem causar um rearranjo dos componentes sólidos do solo, desestruturando e compactando-o, diminuindo sua porosidade. Com o tempo, verifica-se o aumento da densidade do solo sob manejo agrícola quando comparado ao solo em condições naturais (Anjos et al., 1994; Barber et al., 1996). Paralelamente, os sistemas convencionais de cultivo, com intenso revolvimento do solo, rompem os agregados na camada preparada e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo negativamente na resistência dos agregados do solo (Carpenedo e Mielniczuk, 1990).

Há uma estreita relação entre o manejo agrícola adotado e a qualidade do solo, a qual pode ser avaliada pelo comportamento das propriedades físicas. A introdução de alguns sistemas agrícolas, especialmente aqueles que fazem uso intensivo do solo sem aplicação de qualquer atividade sustentável, promovem alterações dos atributos físicos, induzindo a deterioração de sua capacidade produtiva, em decorrência da retirada da cobertura vegetal existente e do excessivo uso da mecanização (Longo et al., 1999; Argenton et al., 2005;). Silva et al. (2005) avaliaram as alterações de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico, sob diferentes sistemas de manejo em relação ao cerrado nativo. Estes autores observaram que nos sistemas de plantio que prezavam pelo menor revolvimento do solo e a presença de gramíneas em rotação foram os mais eficientes na manutenção das condições físicas e da qualidade do solo, proporcionado inclusive maior acúmulo de matéria orgânica e ação agregante do sistema radicular das gramíneas.

O manejo racional, ajustando-se às necessidades de cada cultura e tipo de solo, pode trazer muitos benefícios à agricultura e garantir a sustentabilidade do sistema. Secco et al.

(2005) relacionaram a densidade do solo e o espaço poroso com a produtividade das culturas da soja, trigo e milho em um Latossolo Vermelho distrófico típico sob diferentes sistemas de manejo. Estes autores observaram que a mobilização anual do solo ou a cada três anos em áreas cultivadas sob sistema plantio direto não alterou significativamente os atributos físicos do solo, como também as produtividades das culturas da soja e milho não foram modificadas pelos sistemas de manejo adotados. Contudo, a cultura do trigo demonstrou maior sensibilidade ao estado estrutural do solo, indicando que sistemas de manejo com maior mobilização proporcionam condições físicas mais adequadas a esta cultura.

Centurion et al. (2001) compararam as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho cultivado com diferentes culturas em relação ao solo em seu estado natural (mata), observando que a degradação das propriedades químicas foi maior quando cultivado com as culturas de cana-de-açúcar e milho, do que com a pastagem. Contudo, a degradação das propriedades físicas causou níveis críticos mais limitantes ao desenvolvimento das culturas que aqueles referentes às propriedades químicas.

Cunha et al. (2001) observaram que as densidades nos horizontes superficiais e sub-superficiais aumentaram em solos cultivados com soja por um ano, por dois anos em consórcio soja-milho e por três anos com soja-milho-soja, quando comparado ao solo sob vegetação nativa de cerrado, atribuindo o aumento à ação de implementos agrícolas utilizados (arados e grades), seja pulverizando os agregados nos horizontes superficiais e aumentando a densidade por adensamento do solo, seja promovendo a compactação mecânica dos horizontes sub-superficiais.

O manejo do solo pode influenciar na compactação e adensamento, dificultando a movimentação de água e ar no perfil. Apesar de Stirzaker et al. (1996) defenderem que o aumento na densidade do solo melhora o contato solo-raiz, sendo fundamental para a absorção de nutrientes e crescimento saudável das plantas, em solos de densidades elevadas ou muito compactados ocorre alteração da estrutura e, conseqüentemente, decréscimo da porosidade, especialmente da macroporosidade, que reduz a disponibilidade de água e nutrientes e a difusão de gases no solo, prejudicando o desenvolvimento das raízes que passam a explorar uma área menor (Taylor e Brar, 1991).

Os solos do Brasil apresentam ampla variação de textura e teor de matéria orgânica do solo - MOS. Isso implica em variação de outras características dos solos, tais como a densidade de partícula, porosidade total, tamanho e continuidade dos poros, capacidade de retenção de água, adsorção de nutrientes, entre outras. Alterações marcantes destas propriedades podem comprometer a produtividade agrícola. O processo de desagregação das partículas, por exemplo, promove a obstrução dos poros do solo e o adensamento de camadas

subsuperficiais, dificultando a movimentação de água e ar ao longo do perfil, limitando o crescimento das raízes e o desenvolvimento normal das plantas (Freire, 2001). O efeito da compactação sobre o movimento da água no solo foi verificado por Stone et al. (2002) em colunas de solo compactadas artificialmente, para produzir densidades do solo de 1,0; 1,2; 1,4 e 1,6 kg dm⁻³ pelas quais foram percoladas águas sob cargas de tensão de -0,5; -2,0 e -6,0 cm de água. O aumento da densidade do solo restringiu a infiltração de água e reduziu linearmente a porosidade total e a macroporosidade. Houve ainda, redução no tamanho dos poros para o fluxo de água, reduzindo a condutividade hidráulica do solo. Esta redução foi mais acentuada na maior carga de tensão testada.

Nos perímetros irrigados do Vale do São Francisco há cultivos de fruticultura e pastagem, com pouca movimentação de solo, além de cultivos de ciclo curto, com manejo convencional de aração e gradagem do solo. A comparação desses usos entre si e com a vegetação nativa poderá fornecer informações importantes para a avaliação da qualidade dos solos sob esses sistemas de cultivo. Da mesma forma que o conhecimento das propriedades físicas dos solos irrigados no Semiárido poderá fornecer subsídios para a compreensão dos processos em andamento, informação que poderá contribuir em futuros ajustes das técnicas de manejo adotadas, evitando a degradação de solos produtivos, recurso natural que ainda é tão limitador no Nordeste brasileiro.

2.4.3. Atributos biológicos e matéria orgânica do solo (MOS)

O solo é habitat natural de microrganismos responsáveis por inúmeras funções, cuja influência pode ser direta (decomposição de materiais orgânicos ou inorgânicos, ciclagem de nutrientes) ou indireta (modificação da textura, da estrutura e da capacidade de retenção de água) garantindo assim o fluxo de energia aos diferentes níveis tróficos (Schmidt, 2006). Contudo, os microrganismos sofrem influência, dentre outros fatores, da temperatura, pH, umidade, aeração e disponibilidade de substrato, fertilidade, força iônica (Moreira & Siqueira, 2006). Como muitos desses fatores estão relacionados com o uso do solo, a atividade dos microrganismos torna-se um reflexo do manejo adotado (Tótola & Chaer 2002; Cardoso, 2004).

A microbiota do solo compreende microrganismos de diâmetro corporal de até 100 µm cuja atividade biológica é concentrada nos primeiros centímetros de profundidade, onde diversos grupos são encontrados. Dentre eles estão os eucarióticos (algas, fungos filamentosos e leveduriformes), os procarióticos (bactérias e algas), além de actinobactérias e vírus. São as

actinobactérias, os fungos e grande parte das bactérias os microrganismos mais abundantes nos solos, tanto em termos de densidade e como em diversidade (Moreira & Siqueira, 2006).

Sendo os microrganismos do solo os principais responsáveis pelos processos de decomposição de resíduos orgânicos e aumento da disponibilidade de nutrientes às plantas; fixação biológica de nitrogênio; aumento no crescimento vegetativo; produção de hormônios; proteção contra patógenos; biodegradação de xenobióticos; aumento da tolerância à acidez do solo; formação de agregados e melhoria da estrutura do solo; entre outras atividades, seu potencial de utilização como indicadores da qualidade do solo vem conquistando espaço no campo científico.

A diversidade de microrganismos presentes em sistemas naturais está relacionada à conservação e restauração biológica de organismos superiores, revelando, inclusive, o grau de sustentabilidade dos solos dessas áreas. Nestes sistemas, o solo é habitat natural de populações de microrganismos muito importantes para a fertilidade dos solos e qualidade ambiental, como micorrizas, fixadores de nitrogênio atmosférico, decompositores, mineralizadores de nutrientes, entre outros que mantêm o equilíbrio e a sustentabilidade. Portanto, manejos que mantenham a atividade biológica são de fundamental importância para a manutenção da qualidade dos solos nos diferentes sistemas de cultivo, bem como para recuperação de áreas em processo de degradação.

Alguns ciclos biogeoquímicos importantes regulam a mineralização e a disponibilidade de elementos essenciais limitantes para as plantas, como ferro, fósforo e enxofre. Todas essas transformações são mediadas, sobretudo, por bactérias quimiolitotróficas, que obtêm energia a partir da oxidação de compostos inorgânicos (Nahas, 1999).

Existem grupos de microrganismos que desenvolvem interações benéficas com plantas, formando um eficiente mecanismo biótico promotor de crescimento e sanidade vegetal. Alguns deles vivem na interface solo-raiz (rizobactérias) promovendo interações que são responsáveis por forte impacto na funcionalidade dos solos agrícolas e melhoria da produtividade vegetal (Mariano et al., 2004).

A matéria orgânica do solo (MOS) compõe um sistema complexo de substâncias cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas, incluindo restos de plantas e animais em vários estádios de decomposição, microrganismos vivos e o húmus, que é relativamente estável. A fração orgânica do solo está em contínuo processo de transformação devido à ação de fatores biológicos, químicos e físicos. A MOS tem grande influência sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, a qual pode ser

observada principalmente sobre a capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes, estabilidade de agregados e atividade microbiana (Bayer & Mielniczuk, 2008).

Considerando as particularidades de cada ecossistema, o principal problema dos ambientes tropicais é a degradação do solo e a carência de nutrientes. Os solos tropicais são formados sob intensa atuação do intemperismo, tornando a MOS uma importante fonte de nutrientes para o crescimento vegetal e sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

A decomposição e a mineralização da MOS são processos naturais que garantem a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera. Mediados pelos microrganismos do solo, estes processos são de grande importância para a manutenção da produtividade dos setores agrícolas, especialmente para as regiões semi-áridas onde o baixo nível tecnológico da agricultura tem como principal forma de adubação a aplicação de materiais orgânicos ao solo. Durante a decomposição da MOS são liberados nutrientes que podem ser utilizados pelas plantas. No entanto, esta liberação deve ocorrer lentamente, de forma a minimizar as perdas e aumentar a eficiência de absorção. A quantidade de MOS e taxa de liberação dos nutrientes pode ser influenciada pelo uso e manejo do solo. Giacomini et al. (2003) avaliaram a liberação de fósforo (P) e potássio (K) de resíduos culturais de aveia-preta (AP), ervilhaca comum (EC) e nabo forrageiro (NF) em consórcios de aveia e ervilhaca em sistemas de plantio direto. Estes autores comprovaram a importância da contribuição da MOS no fornecimento de nutrientes às plantas, principalmente potássio cuja liberação atingiu valores expressivos, sendo 4,5 vezes maior do que a do fósforo.

O que determina a decomposição das frações de MOS são os fatores relacionados ao clima, práticas de manejo e as características químicas intrínsecas ao próprio material orgânico (Christensen, 2001). Vale ressaltar que a inserção da irrigação no semi árido altera todo o sistema original de manejo do solo. A umidade, os sais introduzidos juntamente com a água de irrigação, bem como o maior revolvimento dos solos certamente contribuem para uma maior alteração dos atributos físicos, químicos e biológicos, criando um ambiente mais oxidativo para o carbono orgânico do solo (COS).

Regiões semiáridas apresentam características climáticas desfavoráveis à manutenção do COS, encontrando-se valores bem reduzidos, como os divulgados por alguns pesquisadores: 0,8 dag kg⁻¹ (Tiessen et al., 1998), 0,24 dag kg⁻¹ (Silva e Chaves, 2001), 0,48 dag kg⁻¹ (Su et al., 2004), 1,05 dag kg⁻¹ (Francelino et al., 2005), 0,4 dag kg⁻¹ (Chaves et al., 2006), 3,48 dag kg⁻¹ (Maia et al., 2006). Obviamente, tais observações para o COS não dependem essencialmente do clima em questão. Essa idéia é corroborada por Paul et al. (2002), que concluíram que, além do clima, os fatores que mais afetaram as mudanças no COS foram o tipo de uso anterior do solo e a espécie de planta cultivada.

A eficiência das espécies em conservar o carbono do solo deve-se, principalmente, às diferenças nas estratégias de alocação do carbono, o que afeta sensivelmente o seu tempo de ciclagem no ambiente. As pastagens alocam cerca de 30 a 50% do carbono fixado via fotossíntese para a formação e manutenção de um sistema radicular volumoso e profundo (Kuzyakov & Domanski, 2000), que apresentam uma rápida ciclagem, enquanto que as raízes grossas de arbóreas têm tempo de ciclagem longo. Além disso, as espécies arbóreas também depositam resíduos vegetais na superfície, onde as condições para sua decomposição são mais favoráveis (Post & Kwon, 2000), enquanto que as pastagens alocam a maior parte de sua biomassa nas camadas subsuperficiais do solo.

A partir do COS podem ser feitas inferências sobre a qualidade de um solo e avaliar sua capacidade de manter-se produtivo, razão pela qual sua medida é amplamente utilizada em estudos do impacto de sistemas agrícolas, principalmente em comparação com ambientes naturais. Influências do manejo no teor de COS foram observadas por Maia et al. (2006), que compararam os impactos de sistemas agroflorestais e convencionais sobre a qualidade do solo, tendo como referência caatinga nativa, após cinco anos de uso na região semi árida do Ceará. Dentre os sistemas estudados (agrossilvipastoril-AGP; silvipastoril-SILV; tradicional cultivado em 1998 e 1999-TR98; tradicional cultivado em 2002-TR02; cultivo intensivo-CI, e duas áreas de mata nativa-MN-1 e MN-2), os tratamentos AGP, TR98 e CI, com maior revolvimento do solo, provocaram a redução nos teores de COS. O tratamento AGP mostrou-se eficiente na ciclagem de nutrientes, entretanto, o revolvimento do solo e a gradativa perda do COT geraram também diminuição na estabilidade de agregados. Os resultados ainda evidenciaram que o tratamento SILV mantém a qualidade do solo, sendo o melhor indicado na produção de alimentos para a região semiárida cearense, ressaltando-se que este sistema preservou 38% da cobertura vegetal original de caatinga.

De modo geral, solos mais argilosos apresentaram menores taxas de mineralização do carbono (Mendham et al., 2002) e, conseqüentemente, maiores teores de COS, enquanto que maiores perdas são observadas nas frações texturais mais grosseiras (Rawls et al., 2003), as quais possuem menor proteção coloidal do carbono. De fato, alguns autores (Koutika et al., 1999; Martinez-Mena et al., 2002; Solomon et al., 2002; Lal, 2003) têm verificado que a MOS associada às frações mais grosseiras é a que mais decresceu em solos onde a vegetação nativa é substituída pelos mais variados cultivos.

A diminuição do teor de MOS causa o declínio da atividade microbiana, trazendo conseqüências negativas para a estabilidade de agregados. A interação de microrganismos com as partículas minerais tem influência marcante no desenvolvimento da estrutura do solo, sendo a presença da matéria orgânica indispensável à seqüência desse processo.

Polissacarídeos de alta viscosidade e substâncias húmicas, produzidos principalmente por bactérias, interligam as partículas minerais mais finas do solo (argilas), formando microagregados de alta estabilidade. Por sua vez, as hifas de fungos e actinobactérias, ocupam os espaços entre esses microagregados, que, juntamente com as raízes, formam e estabilizam os macroagregados. A formação e estabilização de micro e macro-agregados melhoram as condições de aeração e infiltração de água nos solos (Moreira e Siqueira, 2006). Salton et al. (2008) estudaram a agregação e a estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários no Mato Grosso do Sul. Estes autores observaram estreita relação entre a estabilidade dos agregados e o teor de carbono no solo, o qual é mais abundante sob pastagem de gramíneas, atribuindo à maior formação de agentes ligantes, produto de uma maior atividade biológica do solo. Constataram também que a maior estabilidade dos agregados sob pastagem deveu-se não só à presença de polissacarídeos, como também à ação das raízes e à liberação de exsudatos por hifas de micorrizas associadas.

Os atributos microbiológicos apresentam alta sensibilidade à atividade antrópica e por sua simplicidade de determinação, tem grande potencial de utilização como indicadores da qualidade de solos (Tótola et al., 2002). Com a avaliação desses atributos, tendo como referencial uma área nativa ou isenta de atividade antrópica, podem ser identificadas as principais limitações de ecossistemas impactados e sugeridas estratégias para a manutenção da sustentabilidade destes (Cardoso, 2004). Os principais processos biológicos indicadores de qualidade do solo discutidos na literatura científica são a biomassa microbiana, a respiração e o quociente respiratório (Araújo & Monteiro, 2007).

A biomassa microbiana varia consideravelmente em termos temporais e espaciais, sendo regulada por fatores abióticos e bióticos. Proporcionalmente, representa uma fração do COS e constitui uma parte significativa e potencialmente mineralizável do N disponível para as plantas (Moreira & Siqueira, 2006). Apresenta rápida ciclagem, respondendo intensamente a flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao tipo de uso e manejo do solo (Tótola et al., 2002). Desta forma, é possível utilizar atributos relacionados à microbiota do solo como indicadores dos níveis de MOS ou como índices de qualidade do solo.

A biomassa microbiana do solo é definida como componente microbiano vivo, composto por bactérias, fungos, microfauna e algas, sendo a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, fluxo de energia, transformação da MOS e imobilização temporária de nutrientes e carbono (Tótola & Chaer, 2002). A biomassa microbiana é medida pela quantificação do COT que está ligado ao tecido vivo microbiano (carbono da biomassa microbiana - CBM). A atividade microbiana é medida pela quantidade de C-CO₂ (respiração basal - RBS) liberado no processo de decomposição da

MOS. A partir desses elementos é possível calcular o quociente metabólico (qCO_2) através da relação que existe entre a RBS e o CBM, a qual expressa o quanto do C incorporado ao solo é perdido para atmosfera pela biomassa ativa para manter o carbono microbiano. Outra medida interessante é o quociente microbiano ($qMIC$), calculado pela relação entre o C-CBM e o COT, na qual é possível analisar o quanto do COT está na forma microbiana (Fhightto & Valarini, 2000).

Os atributos microbianos tem sido empregados em estudos qualitativos da dinâmica da MOS, avaliando processos de ciclagem e disponibilização de nutrientes, bem como, para indicar possíveis padrões de qualidade dos solos, considerando o importante papel da biomassa microbiana nos agroecossistemas, identificando mudanças decorrentes do manejo adotado (Baretta et al., 2005; Silveira et al., 2006; Casalinho et al., 2007; Chaer e Tótola, 2007; Chacón et al., 2009).

Através de medidas ligadas à microbiota do solo (COT, CBM, RSB, qCO_2 e $qMIC$), Maluche-Barreta (2007) comparou os sistemas floresta nativa de araucária (FN), reflorestamento de araucária (RF) e reflorestamento de araucária com queima acidental (RQ) e concluiu que a área FN apresentou maiores teores de CBM, RBS e $qMIC$, quando comparada ao RF e RQ, enquanto que os maiores valores de qCO_2 foram encontrados no RQ. A análise canônica discriminante identificou o atributo microbiano qCO_2 e químicos, Mg e pH, como sendo responsáveis pela discriminação das áreas estudadas, seguidos do teor de fósforo.

Usos e manejos distintos foram avaliados por Ferreira (2008), em três épocas de amostragem, quanto ao teor de matéria orgânica, a atividade microbiana em duas frações de agregados. Os tratamentos incluíram: cultura anual em sistema semeadura direta com oito anos e vinte anos de implantação, cultura anual em plantio convencional, cultura anual com uso de lodo de esgoto em três doses de aplicação, cultura permanente de seringueira e mata nativa. Neste estudo observou-se que o uso dado ao solo influenciou mais a microbiota do solo que os microhabitats definidos pelos macro e microagregados. A mata nativa diferenciou-se dos demais tratamentos, demonstrando que sua substituição por usos e manejos altera a qualidade do solo de origem.

Pela maior sensibilidade a mudanças e por sua influência sobre as propriedades químicas e físicas, o estudo da atividade biológica dos solos pode dar um indicativo antecipado da degradação a que um solo pode estar sendo submetido. Isso ajudaria na tomada de decisões que viessem a minimizar, ou mesmo interromper, o processo de degradação. Contudo, estudos envolvendo os atributos biológicos dos solos são escassos, sobretudo em ambientes sob clima árido e semiárido.

2.5. Procedimento estatístico multivariado

Situações em que muitas variáveis se correlacionam entre si, quanto maior o número de variáveis, mais complexo torna-se a análise por métodos univariados. Contudo, a estatística multivariada apresenta um conjunto de técnicas que permite analisar simultaneamente medidas de variáveis múltiplas referentes a indivíduos em estudo. A partir de um conjunto de variáveis obtidas numa mesma unidade experimental, em cada elemento amostral, técnicas de análises multivariadas podem ser empregadas para investigar a dependência entre variáveis e a importância de cada uma delas no estudo, permitindo que se faça uma síntese da dimensão de análises com múltiplas respostas com objetivo de simplificar o seu entendimento, sua visualização e interpretação e ainda reter informações suficientes para uma adequada representação dos resultados. Outras possibilitam o agrupamento de indivíduos semelhantes a partir de um grupo de variáveis com capacidades discriminantes.

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica de análise multivariada que permite a redução da dimensionalidade dos dados, onde um conjunto de variáveis originais é transformado em um pequeno número de combinações lineares chamados componentes principais (CPs) não correlacionados, que apresentam dimensões equivalentes e propriedades importantes (Moita Neto, 2008). Os CPs encontrados explicam a variabilidade dos dados originais e são tanto mais eficientes quanto maior for a sua estrutura de correlação com as variáveis originais (Ferreira, 2008). Graficamente, os CPs formam eixos cartesianos, de forma a se obter um gráfico bidimensional representando dois CPs, ou tridimensional, com três. Nesta técnica, a variabilidade dos dados é ordenada pelo número de CPs definidos pelo usuário do método. Contudo, alguns critérios básicos podem ser adotados para definir quantos CPs serão usados para a interpretação dos resultados da pesquisa. Um deles baseia-se na escolha de componentes com autovalores maiores que a unidade (>1). Este número pode ser definido também pela escolha de tantos componentes até que se consiga explicar em torno de 70% da variância dos dados. Outra forma é escolher CPs que apresentem pelo menos uma variável com “loading” a acima de 0,70 (valor absoluto) (Moita Neto & Moita, 1998).

O procedimento matemático de elaboração da ACP garante que o primeiro CP retido explique a maior parte da variação total dos dados, sendo responsável pela maior discriminação das unidades de um determinado estudo. O segundo componente é o segundo mais importante. Os demais explicarão a variação restante dos dados, em ordem decrescente de importância (Ferreira, 2008). Vale lembrar que os componentes principais não são relacionados entre si, indicando que a variação dos dados explicada por um dos componentes não o é por um segundo e assim sucessivamente, de modo que cada fator explica diferentes e

excludentes fontes ou causas da variação dos dados. Deste modo, variáveis que apresentam baixa correlação com componentes mais importantes podem ser eliminadas com o mínimo de perda da informação. Os atributos químicos, físicos e biológicos em solo de ambientes sob diferentes manejos foram avaliados por Ribeiro (2007), através da ACP, técnica pela qual foi possível diferenciar os ambientes estudados sugerindo que diferentes estratégias de manejos adotadas têm efeito sobre as propriedades do solo.

Com a ACP é possível obter variáveis ou conjunto de variáveis que retenham o máximo possível de informações nelas contidas que expliquem a maior parte da variabilidade total dos dados, revelando que tipo de relacionamento existe entre eles (Mingoti, 2005; Ferreira, 2008). É, portanto, uma técnica que se presta fundamentalmente como um passo intermediário nas investigações científicas exploratórias (Martel et al., 2003; Andrade et al., 2003; Bertolini et al., 2008;)

A análise de agrupamentos (AA) ou análise de cluster é uma técnica cujo objetivo é encontrar e separar objetos em grupos similares, de tal forma que a semelhança seja máxima dentro dos grupos e mínima entre grupos, em termos das variáveis estudadas (Mingoti, 2005). O procedimento básico deste método inicia-se com o cálculo de uma matriz de distâncias entre as variáveis dos indivíduos em estudo, e finaliza-se com um gráfico, no qual é possível verificar as fusões sucessivas dos indivíduos, até que formem um único grupo.

A aplicação da AA engloba a utilização de uma variedade de técnicas de junção e outras de aglomeração para gerar um esquema de classificação que agrupa objetos em estudo (Albuquerque, 2005). Técnicas de agrupamento são amplamente utilizadas em estudos científicos (Cargnelutti Filho et al. (2009); Sena et al. (2002); Ramos et al.(2007); Nakatani et al. (2008); Martel et al. (2003); Bertolini et al. (2008); Souza & Souza (2006); Andrade et al. (2003)).

O passo inicial na utilização dessa técnica consiste em formular o problema de aglomeração, definindo as variáveis nas quais se baseará o processo de aglomeração. Este é um passo muito importante da AA, pois é onde se fixa o critério de homogeneidade. A inclusão de uma ou mais variáveis sem importância poderá vir a distorcer o resultado final da análise e levar a grupos homogêneos distintos. Portanto, o conjunto de variáveis escolhido deve descrever a semelhança entre objetos, em termos relevantes para os objetivos a serem alcançados pela pesquisa.

O passo seguinte é definir o coeficiente de semelhança, um critério aplicado a matriz dos dados que quantifica o quanto dois objetos são parecidos. Este critério de medida é dividido em duas categorias, similaridade ou dissimilaridade. Na medida de similaridade, quanto maior for o valor observado, mais parecidos serão os objetos. Já na medida de

dissimilaridade, quanto maior for o valor observado, menos parecidos serão os objetos. Uma medida de similaridade é o coeficiente de correlação. Dentre as várias medidas de dissimilaridade a mais empregada em AA é a distância euclidiana – quanto maior seu valor, menos parecidos são os indivíduos.

Em seguida é preciso definir um processo de aglomeração que será aplicado sobre a matriz dos dados, com a escolha do algoritmo a ser utilizado na análise, cuja função é identificar e conectar grupos homogêneos. A maioria dos algoritmos utilizados na formação de agrupamentos é do tipo hierárquico ou de partição, no qual os grupos são organizados dentro de um dendograma, diagrama em forma de árvore que representa graficamente as sucessivas junções por ordem de semelhança ou proximidade (Mingoti, 2005; Ferreira, 2008). Na interpretação dos resultados, esse gráfico é de grande utilidade para a comparação e discussão de agrupamentos. Um método é melhor do que outro quando o dendograma fornece uma imagem menos distorcida da realidade.

Os métodos aglomerativos englobam aqueles por encadeamento (ligação simples ou completa), métodos de variância (Ward) e métodos do centróide, entre outros. Albuquerque (2005) mostrou significativa estabilidade entre os métodos de: ligação simples, ligação completa, centróide, mediana, média das distâncias e Ward, relacionando-os com a distância de Mahalanobis, em dados de vegetação. O método aglomerativo da variância inclui o algoritmo hierárquico de Ward, o qual usa uma análise de variância para avaliar as distâncias entre grupos. Este método minimiza o quadrado da distância euclidiana às médias dos grupos, de modo que, um grupo será unido a outro se essa união proporcionar a menor variância intra-grupo. O método de WARD é altamente eficiente na formação de grupos e bastante empregado em investigações científicas de naturezas distintas (Mingoti, 2005).

A AA é concluída com a identificação dos grupos. Cada vez que se obtém variação expressiva nos valores de distância euclidiana entre os objetos, considerando um conjunto de variáveis, é possível fazer uma divisão de grupos. Contudo, o corte feito no dendograma que determina o número de grupos, geralmente, é realizado em relação à maior distância (maior salto) em que os grupos foram formados, levando-se em consideração os objetivos de cada pesquisa e os critérios do pesquisador. O gráfico das distâncias de ligação, com os sucessivos passos da AA pode ser adotado como critério para definição do número de grupos quando não é possível identificar com clareza a posição do corte no dendograma. Esta técnica pode ser um ponto ótimo de corte no dendograma, determinando de forma eficiente o número de grupos formados (Ferreira, 2008).

Trabalhos que demonstram a aplicabilidade da análise de agrupamento na avaliação da qualidade do solo são amplamente encontrados na literatura [Silveira et al., (2006); Casalinho

et al., (2007); Freddi et al., (2008); Nakatani et. al., (2008)]. Nakatani et.al, (2008) utilizaram o algoritmo de Ward e distância euclidiana como unidade de medida para analisar a estrutura da comunidade microbiana do solo em sistema de “landfarming” de resíduos petroquímicos. Tal técnica permitiu a identificação de grupos distintos de microrganismos formados pela influência de seis espécies de plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O perímetro irrigado em estudo está situado na zona rural do Município de Petrolândia - PE, região do submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, as margens do Lago de Itaparica (Figura 1). Este perímetro faz parte do Sistema Itaparica de Projetos de Irrigação, construído pelo Governo Federal, através da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF, para compensar as famílias deslocadas pela construção da Usina Hidroelétrica Luiz Gonzaga (Usina de Itaparica), no final da década de 1980.

Com a construção da usina Hidroelétrica de Itaparica, 834 km² de terras foram inundadas, implicando no deslocamento de 5.542 pessoas somente na margem esquerda do Rio São Francisco, no estado de Pernambuco. Em março de 1986 a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) iniciou um estudo de viabilidade para o reassentamento das famílias atingidas pela inundação do lago. Os trabalhos incluíram pedologia detalhada, sendo descritos e coletados 200 perfis de solos para análises, efetuadas prospecções por tradagens em mais de 1.000 locais e teste de infiltração e permeabilidade em perfis representativos (THEMAG, 1986). Em função da força familiar, foram definidos lotes de irrigação de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 ha, em que as maiores famílias receberam os maiores lotes.

O Perímetro está dividido em duas áreas, Bloco 03 e Bloco 04, compondo 16 agrovilas. Cada Bloco consiste em lotes irrigados, agrovilas, área de sequeiro e reserva legal. No Bloco 03 foram reassentadas 397 famílias de produtores rurais e no Bloco 04, 260 famílias. O clima da região do lago de Itaparica, segundo a classificação de Köppen é caracterizado como BSw^h, clima semiárido com curta estação chuvosa. O total médio anual de chuvas é de 460 mm, a umidade relativa do ar média é 67 % e a média anual de temperatura é de 25,6°C. Os dados de evapotranspiração do tanque classe “A” mostram um total médio anual evaporado de 2.773 mm (Sobral et al., 2006). A vegetação nativa da região é a caatinga hiperxerófila, típica das zonas mais secas (sete a dez meses secos), do tipo arbustiva, com árvores de menor porte e distribuídas de forma irregular. As mais comumente encontradas são as catingueiras (*Caesalpinia microphylla* e *Caesalpinia gardneriana*), jurema (*Mimosa ophtalmocentra*) e pinhão (*Jatropha* sp.), apresentando-se ora agrupadas ora bastante espaçadas. Os arbustos são formados principalmente por crótons (*Croton* spp.) e moleque-duro (*Cordia leucocephala*) (Farias, 2007).

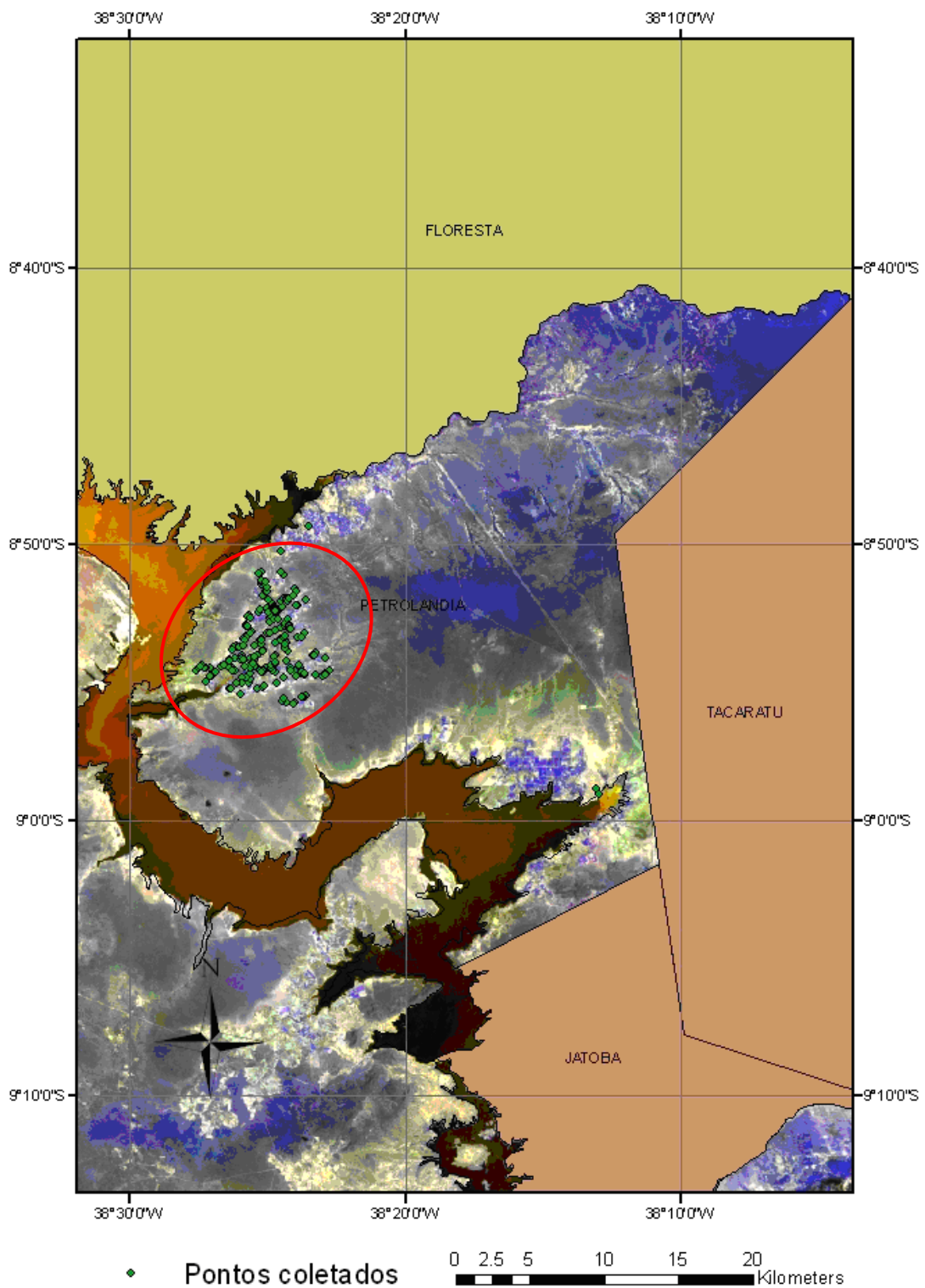


Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes no município de Petrolândia-PE.

3.2. Descrição do estudo e método de amostragem de campo

Este estudo foi realizado na área que compreende o Bloco 03, que apresenta 1.315 ha de área irrigada e 14.981 ha de sequeiro, cujas atividades foram iniciadas em março de 1998, além de áreas circunvizinhas cobertas com vegetação nativa.

A irrigação é feita pelo método de aspersão convencional, em sistemas portáteis e permanentes, ou do tipo localizada, por meio de micro-aspersão ou gotejamento. As aplicações de água são feitas de forma ininterrupta, ao longo do dia e sem horários pré-definidos. Não há cobrança pelo uso da água e não se sabe ao certo se as lâminas de água aplicadas são compatíveis com a necessidade da cultura ou tipo de solo, sendo comuns eventuais flagrantes de desperdícios de água nos lotes. O manejo inadequado da irrigação, com aplicações excessivas de água, elevou o lençol freático em alguns lotes que, naturalmente, apresentavam pouca profundidade ou adensamento de camadas subsuperficiais. Com o tempo, surgiram problemas com encharcamento e salinização do solo, culminando em realocação do assentado, sendo os lotes, então, abandonados e caracterizados, pela CHESF, como área descartada. Eventualmente, observa-se o uso desses lotes descartados pelos agricultores, que os utilizam para o plantio de culturas de ciclo curto, sob manejo mínimo da irrigação, em períodos de não ocorrência de chuvas.

A principal atividade econômica da população reassentada é a agricultura irrigada, que vem se desenvolvendo, de modo geral, com base na organização familiar. A agricultura de sequeiro ainda é praticada, mas de forma pouco expressiva. As culturas de maior densidade de renda são cebola, cebola semente e coentro semente. A fruticultura está crescendo com plantios de banana, manga, goiaba e coco. Mas as culturas de ciclo curto como feijão, melancia, milho, abóbora, amendoim, são as que concentram a preferência dos agricultores, basicamente, pelas facilidades de apropriação e aplicação da tecnologia, por oferecerem menor risco financeiro na sua comercialização e apresentar um retorno rápido. Plantios comerciais de culturas mais rentáveis como cebola, melão, tomate e coentro semente estão crescendo entre os agricultores, especialmente aqueles mais tecnificados. A pecuária predominante é a criação de caprinos, ovinos (ambas, em sistema extensivo), aves (de corte e postura), e em menor escala a criação de bovinos e a apicultura (CHESF, 1996).

Os usos estudados no perímetro irrigado Icó-Mandantes foram classificados em cultivo de CICLO CURTO (C), FRUTICULTURA (F), PASTAGEM (P) e a área de referência, VEGETAÇÃO NATIVA (V). Adicionalmente foi incorporado ao estudo mais um estrato, composto pelas ÁREAS DESCARTADAS (D), representado por lotes que, após alguns anos de cultivo, foram considerados pela CHESF com restrição ao pleno desenvolvimento das culturas por apresentarem algum tipo de limitação à implantação de culturas. A CHESF possui registros do estudo de avaliação dos solos no perímetro Icó-Mandantes, que contêm a localização dos lotes descartados, o que possibilitou sua identificação e amostragem.

O critério de identificação dos estratos baseou-se nos usos e manejos adotados na área de estudo. No manejo de CICLO CURTO aplica-se, de modo geral, uma aração e duas

gradagens no preparo do solo, no início de cada cultivo, duas ou três vezes ao ano. As culturas mais representativas deste estrato são abóbora, melancia, coentro, milho e feijão. Os restos culturais são mantidos na superfície do solo até serem posteriormente incorporados em ocasião do preparo para o próximo ciclo de cultivo. No manejo FRUTICULTURA há movimentação do solo por aração e gradagem apenas na implantação do pomar, cujas culturas mais representativas são banana, coco, goiaba e manga. O tipo de irrigação usual é a micro-aspersão. As entrelinhas são mantidas cobertas por vegetação nativa ou restos culturais. Eventualmente ocorre a queima dos restos culturais, especialmente em pomares de coco. O uso PASTAGEM envolve lotes que se encontram em pousio, período entre os cultivos de culturas anuais em que os lotes são utilizados com pastagem, ocorrendo movimentação mínima do solo e que tem por objetivo o restabelecimento da capacidade produtiva comprometida por anos de cultivo contínuo. Durante o período de pousio é feita, inicialmente, uma super-irrigação e a adubação química desses lotes para formação da pastagem natural, a qual posteriormente é mantida com reduzido manejo da irrigação.

O estudo apresenta uma área de referência, a VEGETAÇÃO NATIVA, representada por áreas de mata circunvizinha aos lotes irrigados, escolhidas após verificação, em campo, de sua existência e estado de conservação. A vegetação nativa apresenta áreas de caatinga preservada de qualquer manejo agrícola.

Utilizando-se o mapa de classificação dos solos do perímetro Irrigado Icó-Mandantes foram selecionadas áreas para o estudo separando-se os solos pelo teor de argila, sendo: Classe 1 – solos com teor de argila abaixo de 9%; Classe 2 – solos com teor de argila de 9 a 15%; e Classe 3 – solos com teor de argila acima a 15%. Os solos arenosos ocupam aproximadamente 50% da área irrigada sendo, portanto, mais representativos do perímetro. Esta medida visou o estudo e comparação dos estratos em solos com valores próximos de teor de argila, uma vez que os usos e manejos do solo podem provocar alterações diferentes dependendo da fração argila, mais fina e reativa do solo.

Assim, após a definição e localização dos lotes de cada uso no mapa, foram agrupadas áreas de amostragem que apresentassem solos com teores de argila dentro das Classes 1, 2 e 3, sendo estes pontos amostrados e georreferenciados utilizados para a montagem do mapa da Figura 2.

Cada unidade amostral marcada no mapa tinha uma coordenada geográfica tomada em campo com uso de um GPS de navegação. Em cada classe (1, 2 e 3) e para cada um dos cinco usos do solo foram feitas 10 coletas (repetições), representadas por amostras simples, retiradas da camada de 0-10cm, totalizando 150 amostras. As amostras destinadas às análises químicas (Quadro 1) e físicas (Quadro 2) foram secas ao ar, destorroadas e passadas em

peneira de 2 mm de malha e acondicionadas em sacos plásticos até o procedimento das análises. As amostras destinadas às análises biológicas foram acondicionadas em recipientes refrigerados durante a coleta e transporte ao laboratório. Em sequência, foram destorroadas, passadas em peneira de 2 mm e mantidas em sacos plásticos sob refrigeração a 6°C até o momento das análises (Quadro 3).

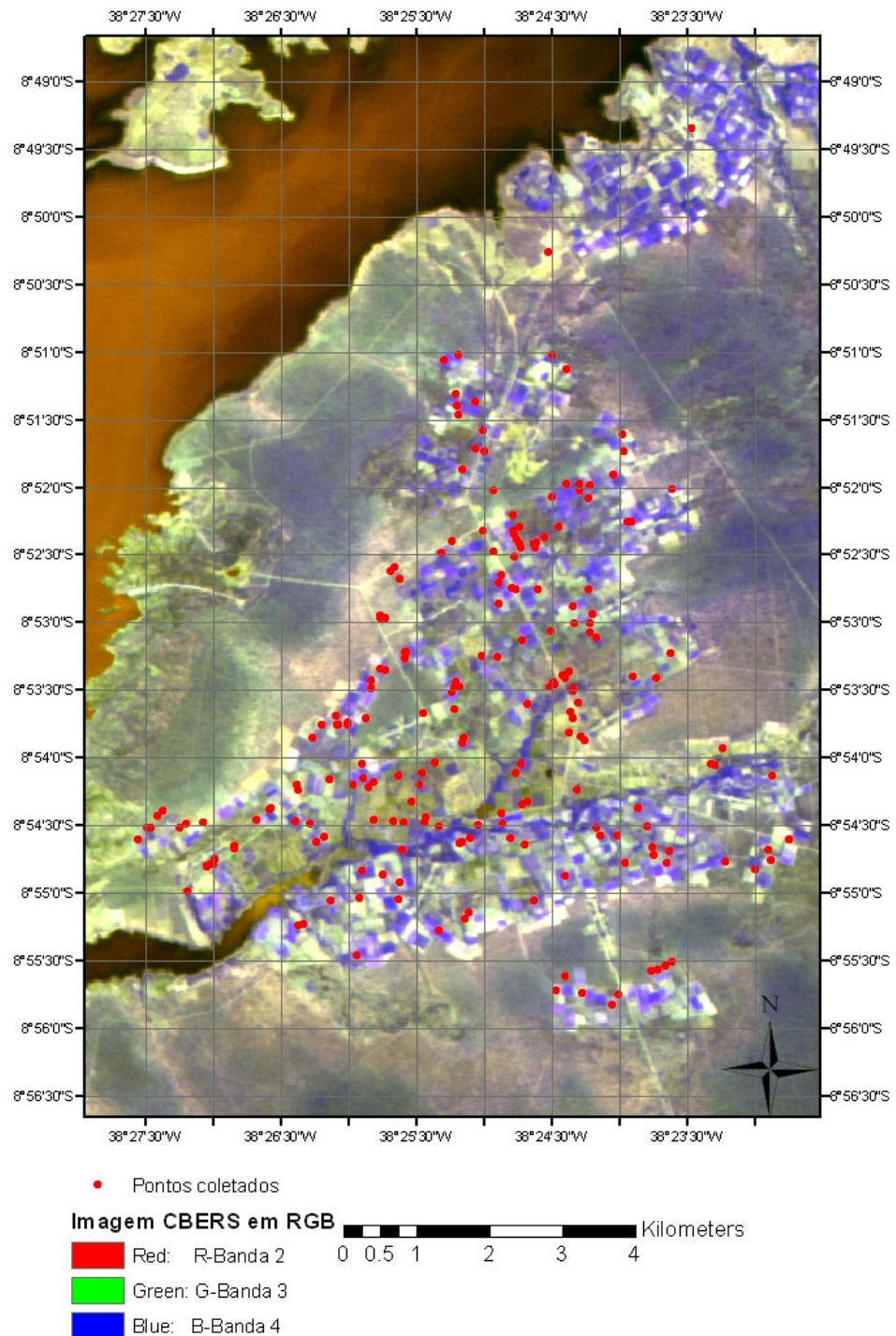


Figura 2. Distribuição dos pontos de coleta dos lotes amostrados no Perímetro Irrigado Icô-Mandantes, Petrolândia-PE.

Quadro 1. Variáveis químicas analisadas nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes – Petrolândia (PE) e métodos utilizados.

VARIÁVEIS QUÍMICAS	DESCRIÇÃO E MÉTODO DE ANÁLISE
pH do solo - $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	pH em água – determinado potenciométricamente na suspensão cuja proporção solo-líquido foi de 1:2,5, com tempo de reação de 30 minutos e agitação da suspensão antes da leitura (EMBRAPA, 1997).
pH do extrato de pasta saturada - pH_{es}	pH do extrato de saturação – medido no extrato da pasta de saturação preparada de acordo com método descrito por RICHARDS (1954).
Condutividade elétrica - CE_{es} (dS m^{-1})	Condutividade elétrica do extrato de saturação – medida no extrato da pasta de saturação preparada segundo método descrito por RICHARDS (1954).
K solúvel - K_{sol} ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	Potássio solúvel – determinado no extrato da pasta saturada, por fotometria de emissão de chama.
Na solúvel - Na_{sol} ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	Sódio solúvel – determinado no extrato da pasta saturada, por fotometria de emissão de chama.
Ca trocável - Ca ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	Cálcio trocável – extraído do solo com solução de acetato de amônio 1mol L^{-1} e determinado por espectrofotometria de absorção atômica (RICHARDS, 1954).
Mg trocável - Mg ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	Magnésio trocável – extraído do solo com solução de acetato de amônio 1mol L^{-1} e determinado em espectrofotômetro de absorção atômica (RICHARDS, 1954).
K trocável - K ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	Potássio trocável – extraído do solo com solução de acetato de amônio 1mol L^{-1} e determinado por fotometria de emissão de chama (RICHARDS, 1954).
Na trocável - Na ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	Sódio trocável – extraído solo com solução de acetato de amônio 1mol L^{-1} e determinado por fotometria de emissão de chama (RICHARDS, 1954).
P disponível – P_{disp} (mg kg^{-1})	Fósforo disponível – extraído com Mehlich-1 e determinado por colorimetria em presença do ácido ascórbico como catalisador (EMBRAPA, 1997).
Capacidade de troca de cátions - CTC ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	Capacidade de troca de cátions – determinada pelo método do acetato de sódio e acetato de amônio 1mol L^{-1} (RICHARDS, 1954).
Porcentagem de sódio trocável - PST (%)	Porcentagem de sódio trocável – obtida pela fórmula: $\text{PST} = (\text{Na}^+) * 100/\text{CTC}$.
Soma de bases trocáveis - SB ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	Soma dos cátions trocáveis – valor obtido segundo a fórmula: $\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$.

Quadro 2. Variáveis físicas analisadas nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes – Petrolândia (PE) e métodos utilizados

VARIÁVEIS FÍSICAS	DESCRIÇÃO E MÉTODO DE ANÁLISE
AREIA SILTE ARGILA (%)	A caracterização física das amostras de solo determinou a composição granulométrica das amostras em proporções de areia, silte e argila a partir de análise realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).
Umidade da amostra - UA (%)	Umidade da amostra no momento da coleta – determinada pela diferença de pesagem da amostra úmida e após secagem em estufa (EMBRAPA, 1997).
Umidade na capacidade de campo - CC (%)	Umidade da amostra na capacidade de campo – capacidade máxima de retenção de água do solo, determinada pela diferença de pesagem da amostra úmida e após secagem em estufa (Silva et al., 2007).
Densidade das partículas - Dp (g cm ⁻³)	Densidade das partículas do solo – determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997).
Densidade do solo - Ds (g cm ⁻³)	Densidade do solo – determinada pelo método da proveta (amostra deformada) (EMBRAPA, 1997).

Quadro 3. Variáveis biológicas analisadas nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes – Petrolândia (PE) e métodos utilizados.

VARIÁVEIS BIOLÓGICAS	DESCRIÇÃO E MÉTODO DE ANÁLISE
Respiração basal - RBS (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo hora ⁻¹)	Respiração basal – determinada pelo método de Isermeyer, descrito por Alef & Nampieri (1995), que quantifica o dióxido de carbono (CO ₂) liberado no processo de respiração microbiana.
Carbono da biomassa microbiana - CBM (mg de C-CBM kg ⁻¹ solo seco)	Biomassa microbiana do solo – determinado por fumigação-extração segundo Vance et al. (1987).
Quociente metabólico - qCO ₂ (mg C-CO ₂ mg ⁻¹ C-CBM dia ⁻¹)	Quociente metabólico – representado pela razão: (respiração basal)/(biomassa microbiana).
Carbono orgânico do solo - COT (dag kg ⁻¹)	Carbono orgânico total – determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio, segundo método Walkley-Black descrito por Mendonça & Matos (2005).
Quociente microbiano - qMIC (%)	Quociente microbiano – calculado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo, segunda a expressão: qMIC = CBM/COT.
Estoque de carbono da biomassa - ECBM (g ha ⁻¹)	Estoque de carbono da biomassa microbiana na camada de 0–10cm – calculado pela expressão: ECBM = (C-CBM × Ds × e)/10, onde C-CBM é o teor de carbono microbiano do solo (g kg ⁻¹); Ds é a densidade do solo (kg dm ⁻³); e é a profundidade considerada (cm).
Estoque de carbono - EC (Mg ha ⁻¹)	Estoque de C-orgânico na camada de 0–10cm – calculado pela expressão: EC = (C-orgânico × Ds × e)/10, onde C-orgânico é o teor de carbono orgânico total do solo (g kg ⁻¹); Ds é a densidade do solo (kg dm ⁻³); e é a espessura da camada considerada (cm).

3.3. Estatística descritiva e teste de normalidade

Os atributos químicos, físicos e biológicos do solo sob cultivo de ciclo curto (C), fruticultura (F), pastagem (P), áreas descartadas(D) ou áreas com vegetação nativa (V) foram analisados através das medidas de estatística descritiva, onde os resultados foram avaliados considerando os parâmetros média (tendência central), desvio padrão e coeficiente de variação (variabilidade).

A hipótese de normalidade dos dados foi verificada ($p < 0,05$) pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO & WILK, 1965), considerando a hipótese de que as amostras provêm de populações normais, em que H_0 : a população tem distribuição normal (N); H_1 : a população tem distribuição não normal (N-N).

3.4. Análise de componentes principais e análise de agrupamento

Neste trabalho, a análise de componentes principais (ACP) foi aplicada como técnica de análise intermediária e a análise de agrupamento (AA) se constituiu em um método finalizador e conclusivo. Todos os procedimentos estatísticos multivariados foram realizados com o software STATISTICA 8.0, sendo os métodos aplicados aos valores médios dos dados originais, visando comparar os usos existentes no Perímetro Irrigado Icó-Mandante para cada textura do solo separadamente, bem como em conjunto, comparando-se assim, também, as três texturas.

A ACP e a AA são influenciadas pelas unidades de medida dos dados. Como as variáveis apresentadas foram medidas em unidades diferentes, foi necessária a padronização. Portanto, os dados foram centralizados e normalizados para média zero e variância um, de modo a assegurar que as variáveis contribuíssem igualmente para os modelos multivariados utilizados.

A ACP possibilita avaliar o grau de relacionamento existente entre as variáveis e os componentes principais (CPs) gerados, sendo, portanto, aplicada neste estudo como uma técnica intermediária que objetivou identificar e selecionar componentes principais e variáveis com eles correlacionadas capazes de reter o máximo de informações possíveis, que pudessem explicar a maior parte da variabilidade total dos dados. Desta forma, com a ACP foi possível identificar quais variáveis químicas, biológicas e físicas foram mais discriminantes na comparação dos usos adotados no Perímetro Irrigado Icó-Mandantes, permitindo que aquelas

menos importantes fossem excluídas das etapas posteriores (Análise de Aglomeração) sem muita perda de informação.

O critério de decisão adotado para definir o número de componentes principais (CPs) a serem usados para interpretação dos resultados foi o da escolha de tantas componentes até que fosse obtido em torno de 70% da explicação da variância dos dados. O grau de importância de uma variável na discriminação dos usos foi avaliado pelo seu coeficiente de correlação com as CPs selecionadas, de modo que, aquelas que apresentaram valores em torno de 0,6 (em módulo) ou mais foram consideradas mais discriminantes na comparação dos usos do solo (culturas de ciclo curto (C), fruticultura (F), pastagem (P), áreas descartadas (D) e áreas ocupadas com vegetação nativa (V)). Contudo, aquelas variáveis que apresentaram baixos coeficientes de correlação com os CPs selecionados foram consideradas como fracas na explicação da variação dos dados, sendo excluídas das etapas posteriores da análise de agrupamento.

Em seqüência, foi aplicada a análise de agrupamento (AA) àqueles atributos mais discriminantes, visando agrupar os usos que implicaram em propriedades mais semelhantes dos solos. A medida de dissimilaridade utilizada foi a distância euclidiana e o algoritmo de WARD como método de aglomeração. O conjunto de variáveis utilizado na AA foi definido a partir dos resultados da ACP, sendo escolhidas aquelas que apresentaram alta correlação com os CPs selecionados. O resultado da AA foi apresentado em forma de dendrograma que auxiliou na identificação dos agrupamentos dos usos mais semelhantes. O número de grupos foi definido pela partição do dendrograma na primeira maior distância de ligação obtida, identificada no gráfico das distâncias de ligação nos sucessivos passos da análise de agrupamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1)

A análise de componentes principais (ACP) tem como objetivo principal o estudo de um conjunto de variáveis correlacionadas, sendo uma técnica sensível a correlações fracas. Sendo assim, as variáveis estudadas precisam apresentar uma boa estrutura de ligação entre elas para que a análise dos dados não seja prejudicada. Pode-se observar na matriz de correlação obtida (Quadro 4) que houve um número significativo de altas correlações entre as variáveis, comprovando a viabilidade do uso desta técnica na análise das variáveis químicas, biológicas e físicas dos solos da Classe 1 (teores de argila inferiores a 9%) coletados no Perímetro Irrigado Icó-Mandantes (Petrolândia/PE).

Os atributos biológicos estão correlacionados negativamente com os atributos químicos e boa parte dos físicos (Quadro 4). Pelos valores das correlações encontradas, é possível verificar que os atributos químicos, possivelmente, interferiram mais no comportamento da biota do solo que os físicos. Valores altos e negativos para muitas destas correlações com os atributos biológicos foram encontrados para pH do solo, pH do extrato de pasta satura - pH_{es}, condutividade elétrica do extrato de pasta saturada - CE_{es}, K solúvel, Ca e Mg trocáveis, P disponível e soma das bases trocáveis - SB.

O termo atividade biológica é uma denominação genérica para a ação dos organismos vivos do solo, tanto animais quanto vegetais. Determinada no solo, a respiração basal - RBS quantifica a liberação de CO₂ decorrente do processo de decomposição dos resíduos orgânicos incorporados, representando a atividade biológica do solo, a qual responde sensivelmente às mudanças dos fatores externos. Os resultados encontrados sugerem que a atividade dos microrganismos foi de alguma forma prejudicada por eventuais incrementos dos atributos químicos do solo. O sistema Icó-Mandantes caracteriza-se por ser um perímetro irrigado em atividade há mais de 10 anos, no qual ocorrem entradas periódicas de fertilizantes químicos em solos arenosos com baixa capacidade de troca de cátions - CTC e superfície específica das partículas, localizados em uma região onde as características climáticas e a granulometria dos solos contribuem para uma maior evaporação, tornando os íons mais disponíveis e susceptíveis a eventuais alterações de sua concentração e atividade na solução do solo, fatores que, ocasionalmente, podem tornar o solo um ambiente mais hostil à atividade biológica.

Quadro 4. Matriz de correlação de Pearson das variáveis obtidas com os solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1) do Perímetro Irrigado Icô-Mandantes (PE)

	pH _{H2O}	pH _{es}	CE	Ksol	Nasol	Ca	Mg	K	Na	Pdisp	CTC	PST	SB	RBS	CBM	qCO ₂	COT	qMIC	ECBM	EC	AREIA	SILTE	ARGILA	UA	CC	Dp	Ds
pH _{H2O}	1,00																										
pH _{es}	0,95	1,00																									
CE _{es}	0,31	0,48	1,00																								
Ksol	0,19	0,47	<u>0,83</u>	1,00																							
Nasol	0,23	0,18	<u>0,62</u>	0,28	1,00																						
Ca	<u>0,67</u>	<u>0,84</u>	<u>0,61</u>	<u>0,79</u>	0,28	1,00																					
Mg	<u>0,85</u>	<u>0,95</u>	<u>0,60</u>	<u>0,64</u>	0,36	<u>0,95</u>	1,00																				
K	0,22	0,49	0,41	<u>0,83</u>	-0,19	<u>0,80</u>	<u>0,61</u>	1,00																			
Na	0,16	0,20	0,41	0,46	<u>0,73</u>	0,57	0,49	0,30	1,00																		
Pdisp	<u>0,66</u>	<u>0,84</u>	<u>0,71</u>	<u>0,84</u>	0,31	<u>0,99</u>	<u>0,95</u>	<u>0,79</u>	0,52	1,00																	
CTC	-0,02	0,29	0,59	<u>0,93</u>	-0,03	<u>0,68</u>	0,46	<u>0,93</u>	0,33	<u>0,71</u>	1,00																
PST	0,17	0,11	0,10	0,13	<u>0,65</u>	0,39	0,36	0,08	<u>0,93</u>	0,31	0,03	1,00															
SB	<u>0,65</u>	<u>0,82</u>	<u>0,61</u>	<u>0,80</u>	0,27	<u>1,00</u>	<u>0,94</u>	<u>0,82</u>	<u>0,57</u>	<u>0,99</u>	<u>0,70</u>	0,39	1,00														
RBS	<u>-0,60</u>	<u>-0,76</u>	<u>-0,92</u>	<u>-0,78</u>	-0,42	<u>-0,73</u>	<u>-0,78</u>	-0,49	-0,22	<u>-0,82</u>	-0,54	0,06	<u>-0,72</u>	1,00													
CBM	-0,12	-0,34	<u>-0,66</u>	<u>-0,62</u>	0,11	-0,28	-0,26	-0,42	0,36	-0,40	-0,56	0,65	-0,28	<u>0,74</u>	1,00												
qCO ₂	-0,21	-0,04	0,56	0,42	-0,06	-0,08	-0,11	0,12	-0,44	0,06	0,37	<u>-0,71</u>	-0,08	-0,52	<u>-0,91</u>	1,00											
COT	-0,00	-0,30	<u>-0,72</u>	<u>-0,97</u>	-0,21	<u>-0,71</u>	-0,51	<u>-0,85</u>	-0,51	<u>-0,75</u>	<u>-0,97</u>	-0,20	<u>-0,73</u>	<u>0,61</u>	0,50	-0,34	1,00										
qMIC	0,20	0,19	-0,04	0,17	0,38	0,50	0,42	0,30	<u>0,86</u>	0,39	0,17	<u>0,94</u>	0,50	0,12	<u>0,65</u>	<u>-0,80</u>	-0,26	1,00									
ECBM	-0,13	-0,33	<u>-0,65</u>	-0,58	0,11	-0,25	-0,24	-0,38	0,39	-0,38	-0,51	<u>0,68</u>	-0,25	<u>0,73</u>	<u>1,00</u>	<u>-0,92</u>	0,46	<u>0,68</u>	1,00								
EC	-0,01	-0,30	<u>-0,71</u>	<u>-0,97</u>	-0,23	<u>-0,73</u>	-0,52	<u>-0,86</u>	-0,54	<u>-0,75</u>	<u>-0,97</u>	-0,23	<u>-0,74</u>	<u>0,60</u>	0,47	-0,31	<u>1,00</u>	-0,30	0,43	1,00							
AREIA	0,16	-0,14	-0,31	<u>-0,77</u>	0,32	-0,53	-0,27	<u>-0,92</u>	-0,17	-0,53	<u>-0,95</u>	0,07	-0,55	0,29	0,45	-0,28	<u>0,85</u>	-0,15	0,40	<u>0,85</u>	1,00						
SILTE	0,36	0,45	0,25	0,53	0,33	<u>0,80</u>	<u>0,68</u>	<u>0,64</u>	<u>0,85</u>	<u>0,71</u>	0,51	<u>0,80</u>	<u>0,80</u>	-0,23	0,29	-0,55	-0,58	<u>0,91</u>	0,33	<u>-0,60</u>	-0,44	1,00					
ARGILA	-0,10	0,19	0,28	<u>0,61</u>	-0,55	0,33	0,15	<u>0,75</u>	-0,33	0,37	<u>0,78</u>	-0,57	0,34	-0,38	<u>-0,77</u>	<u>0,62</u>	<u>-0,62</u>	-0,37	<u>-0,74</u>	<u>-0,60</u>	<u>-0,84</u>	-0,02	1,00				
UA	0,42	0,58	<u>0,62</u>	0,54	-0,11	0,39	0,44	0,40	-0,38	0,50	0,43	<u>-0,63</u>	0,38	<u>-0,81</u>	<u>-0,95</u>	<u>0,77</u>	-0,37	<u>-0,60</u>	<u>-0,95</u>	-0,34	-0,31	-0,24	<u>0,67</u>	1,00			
CC	0,35	0,14	-0,22	<u>-0,61</u>	-0,11	-0,42	-0,15	<u>-0,66</u>	<u>-0,66</u>	-0,37	<u>-0,74</u>	-0,51	-0,44	-0,00	-0,09	0,14	<u>0,77</u>	<u>-0,61</u>	-0,15	<u>0,78</u>	<u>0,76</u>	<u>-0,70</u>	-0,31	0,28	1,00		
Dp	-0,05	0,11	-0,30	0,13	<u>-0,91</u>	0,11	-0,02	0,56	-0,54	0,09	0,40	-0,58	0,12	0,08	-0,35	0,17	-0,16	-0,27	-0,33	-0,15	<u>-0,62</u>	-0,07	<u>0,80</u>	0,35	-0,11	1,00	
Ds	-0,07	0,21	<u>0,72</u>	<u>0,79</u>	-0,06	0,36	0,24	<u>0,60</u>	-0,13	0,47	<u>0,78</u>	-0,47	0,37	<u>-0,69</u>	<u>-0,93</u>	<u>0,86</u>	<u>-0,74</u>	-0,45	<u>-0,92</u>	<u>-0,72</u>	<u>-0,68</u>	-0,08	<u>0,83</u>	<u>0,80</u>	-0,26	0,34	1,00

pH_{H2O} – pH do solo; pH_{es} – pH do extrato da pasta saturada; CE_{es} – condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (dS m⁻¹); Ksol – potássio solúvel (cmol_c L⁻¹); Nasol – Sódio solúvel (cmol_c L⁻¹); Ca - cálcio trocável (cmol_c kg⁻¹); Mg – magnésio trocável (cmol_c kg⁻¹); K – Potássio trocável (cmol_c kg⁻¹); Na – sódio trocável (cmol_c kg⁻¹); Pdisp – fósforo disponível (mg kg⁻¹); CTC – capacidade de troca de cátions (cmol_c kg⁻¹); PST – porcentagem de sódio trocável (%); SB – Soma de bases trocáveis (cmol_c kg⁻¹); RBS – Respiração basal (mg C-CO₂ kg⁻¹ solo hora⁻¹); CBM – carbono da biomassa microbiana (mg de C-CBM kg⁻¹ solo seco); qCO₂ – quociente metabólico (mg C-CO₂ mg⁻¹ C-CBM dia⁻¹); COT – carbono orgânico total do solo (dag kg⁻¹); qMIC – quociente microbiano (%); ECBM – Estoque de carbono da biomassa (g ha⁻¹); EC – estoque de carbono do solo (t ha⁻¹); AREIA – porcentagem de areia do solo (%); SILTE – porcentagem de silte do solo (%); ARGILA – porcentagem de argila do solo (%); UA – umidade atual do solo (%); CC – umidade na capacidade de campo (%); Dp – densidade das partículas do solo (g cm⁻³); Ds – densidade do solo (g cm⁻³).

A correlação negativa encontrada entre a RBS e a CE_{es} indicam que o aumento da salinidade prejudicou a atividade dos microrganismos do solo. De acordo com a EMBRAPA (2006), o caráter salino do solo é a propriedade referente à presença de sais solúveis em quantidade que interfere no desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas, sendo indicada pela CE_{es} igual ou superior a 4 dS m^{-1} e inferior a 7 dS m^{-1} . Apesar da versatilidade que possibilita que os microrganismos possam ser encontrados em quase todos os ecossistemas terrestres, limitações de suas atividades por condições estressantes são observadas em sistemas naturais e agrícolas (Moreira & Siqueira, 2006). De acordo com Okur et al. (2002), os efeitos dos sais sobre a atividade microbiana do solo são devidos à toxicidade por íons específicos, elevação da pressão osmótica ou pelo aumento da alcalinidade que podem restringir a disponibilidade de água ou influenciar a fisiologia e os processos metabólicos. Decréscimo na porcentagem de colonização de fungos micorrízicos devido ao aumento da salinidade foi relatado por Asghari et al. (2005), Saint-Etienne et al. (2006), e por Medeiros et al. (2008).

No uso C (ciclo curto) ocorre um manejo pesado do solo, composto de uma aração e duas gradagens no preparo do solo, no início de cada cultivo, sendo três ciclos anuais. A irrigação é feita por gotejamento, com água do rio São Francisco cuja classificação C1S1 a qualifica como de boa qualidade e sem riscos de salinização e sodificação para os solos (Richards, 1954). Este uso envolve o plantio de culturas de ciclo curto, tais como abóbora, melancia, milho e feijão, sendo crescente o cultivo de culturas mais rentáveis como cebola, melão, tomate e coentro semente, que incitam entradas pesadas de fertilizantes químicos, indicando que a maior salinidade encontrada no uso C está relacionada ao manejo adotado. Já os usos F (fruticultura) e D (áreas descartadas), caracterizados por mínima movimentação do solo, apresentaram um menor nível de salinidade, assim como o uso V (vegetação nativa), representado por áreas de mata nativa circunvizinhas, preservadas de qualquer atividade antrópica. Os valores médios das variáveis analisadas (Quadro 5, 6 e 7) ajudaram a compreender os resultados encontrados para as correlações mais significativas encontradas entre atributos biológicos e químicos.

A CE_{es} dos solos estudados, por exemplo, variou de $0,25 \text{ dS m}^{-1}$ para o uso V a $0,97 \text{ dS m}^{-1}$ no C (Quadro 5), valores menores que 1 dS m^{-1} , nível de salinidade a partir do qual pode ser prejudicial tanto ao desenvolvimento de plantas quanto a microbiota do solo (Sardinha et al., 2003; Wichern et al., 2006; Yuan et al., 2007). Observou-se que, mesmo baixos tais valores foram suficientes para reduzir drasticamente a atividade biológica dos solos estudados, em que os maiores valores da CE_{es} para cada uso acompanharam reduções da RBS (Quadro 7), de modo que a maior CE_{es} encontrada no uso C resultou na menor atividade

biológica quatro vezes menor para este uso quando comparada ao V, usado neste estudo como padrão comparativo de qualidade do solo. Neste raciocínio, o uso C foi seguido do D e P, com valores intermediários para este atributo, ao passo que os usos F e V apresentaram as maiores atividades biológicas e níveis menores de salinidade. As variáveis químicas K solúvel, cátions trocáveis Ca, Mg, K e Na, P disponível e SB mostraram este mesmo comportamento frente a atividade biológica.

Quadro 5. Medidas estatísticas descritivas dos atributos químicos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), correspondentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS QUÍMICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
pH do solo - pH _{H2O}	Ciclo curto	6,06	6,20	4,80	6,70	0,37	0,61	10,09	0,27	6,06
	Descartado	6,48	6,20	5,70	7,20	0,26	0,51	7,94	0,38	6,48
	Fruticultura	6,68	6,55	5,60	7,80	0,54	0,74	11,04	0,67	6,68
	Pastagem	6,21	6,10	5,30	7,30	0,41	0,64	10,34	0,88	6,21
	Vegetação nativa	5,12	4,80	4,30	6,60	0,60	0,78	15,18	0,08	5,12
pH da pasta de saturação - pH _{pasta}	Ciclo curto	6,78	6,75	6,10	7,50	0,21	0,46	6,81	0,84	6,78
	Descartado	7,36	7,40	6,10	8,20	0,50	0,71	9,59	0,55	7,36
	Fruticultura	7,00	6,90	6,30	8,00	0,35	0,59	8,49	0,30	7,00
	Pastagem	6,79	6,65	5,70	7,80	0,40	0,63	9,27	0,88	6,79
	Vegetação nativa	5,43	5,10	4,40	7,30	1,15	1,07	19,74	0,01	5,43
Condutividade elétrica - CE dS m ⁻¹	Ciclo curto	0,97	0,69	0,12	2,71	0,74	0,86	88,44	0,13	0,97
	Descartado	0,58	0,48	0,30	1,08	0,07	0,26	45,53	0,14	0,58
	Fruticultura	0,39	0,38	0,20	0,55	0,02	0,13	32,55	0,38	0,39
	Pastagem	0,79	0,58	0,36	2,33	0,35	0,59	74,03	0,00	0,79
	Vegetação nativa	0,25	0,19	0,10	0,46	0,01	0,12	47,63	0,23	0,25
K solúvel cmol _c L ⁻¹	Ciclo curto	0,15	0,14	0,03	0,30	0,01	0,10	67,50	0,29	0,15
	Descartado	0,14	0,12	0,04	0,31	0,01	0,09	62,58	0,62	0,14
	Fruticultura	0,07	0,06	0,02	0,15	0,00	0,04	60,33	0,45	0,07
	Pastagem	0,14	0,12	0,04	0,32	0,01	0,09	62,26	0,33	0,14
	Vegetação nativa	0,08	0,06	0,04	0,15	0,00	0,05	56,69	0,04	0,08
Na solúvel cmol _c L ⁻¹	Ciclo curto	0,15	0,10	0,04	0,50	0,02	0,14	95,62	0,00	0,15
	Descartado	0,10	0,06	0,05	0,26	0,01	0,08	78,15	0,00	0,10
	Fruticultura	0,14	0,14	0,04	0,24	0,01	0,08	57,91	0,20	0,14
	Pastagem	0,19	0,11	0,03	0,75	0,04	0,21	110,98	0,00	0,19
	Vegetação nativa	0,11	0,07	0,06	0,25	0,01	0,07	65,28	0,00	0,11
Ca trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	2,37	1,91	1,49	5,27	1,33	1,15	48,59	0,00	2,37
	Descartado	3,18	2,61	1,59	9,15	5,32	2,31	72,48	0,00	3,18
	Fruticultura	2,03	1,93	0,94	3,70	0,54	0,74	36,23	0,25	2,03
	Pastagem	2,94	2,19	1,18	10,03	6,94	2,63	89,73	0,00	2,94
	Vegetação nativa	1,32	1,15	0,73	2,47	0,42	0,65	48,94	0,08	1,32

Quadro 5 continuação

Mg trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	0,31	0,23	0,16	0,86	0,05	0,21	69,04	0,00	N-N
	Descartado	0,40	0,39	0,22	0,54	0,02	0,13	32,59	0,15	N
	Fruticultura	0,31	0,24	0,16	0,93	0,05	0,23	72,95	0,00	N-N
	Pastagem	0,38	0,20	0,15	1,37	0,15	0,38	100,95	0,00	N-N
	Vegetação nativa	0,12	0,09	0,05	0,31	0,01	0,08	66,46	0,01	N-N
K trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	0,29	0,33	0,00	0,60	0,03	0,18	63,39	0,95	N
	Descartado	0,43	0,46	0,20	0,64	0,03	0,16	37,49	0,39	N
	Fruticultura	0,16	0,16	0,00	0,30	0,01	0,09	55,86	0,93	N
	Pastagem	0,30	0,28	0,00	0,61	0,05	0,22	73,14	0,44	N
	Vegetação nativa	0,22	0,21	0,15	0,33	0,00	0,05	24,93	0,50	N
Na trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	0,04	0,02	0,00	0,17	0,00	0,05	146,66	0,00	N-N
	Descartado	0,05	0,04	0,01	0,10	0,00	0,04	73,10	0,30	N
	Fruticultura	0,03	0,01	0,00	0,15	0,00	0,05	145,21	0,00	N-N
	Pastagem	0,12	0,06	0,01	0,58	0,03	0,17	145,18	0,00	N-N
	Vegetação nativa	0,03	0,03	0,00	0,09	0,00	0,03	87,70	0,14	N
P disponível mg kg ⁻¹	Ciclo curto	3,49	2,99	2,04	7,99	3,12	1,77	50,64	0,00	N-N
	Descartado	4,63	3,79	1,94	7,54	4,98	2,23	48,15	0,09	N
	Fruticultura	2,28	1,66	0,58	7,43	4,08	2,02	88,51	0,00	N-N
	Pastagem	4,15	3,90	0,99	11,94	9,94	3,15	76,01	0,03	N-N
	Vegetação nativa	0,76	0,69	0,34	1,32	0,09	0,30	39,71	0,90	N
CTC cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	3,07	2,11	0,93	8,79	6,06	2,46	80,03	0,01	N-N
	Descartado	3,37	3,02	1,16	6,25	3,12	1,77	52,44	0,64	N
	Fruticultura	2,04	1,82	1,31	3,43	0,47	0,69	33,81	0,24	N
	Pastagem	2,99	2,45	1,08	5,72	2,62	1,62	54,19	0,31	N
	Vegetação nativa	2,60	2,15	1,58	4,73	0,99	0,99	38,19	0,14	N
PST %	Ciclo curto	0,87	0,86	0,06	1,93	0,43	0,65	75,07	0,42	N
	Descartado	1,40	1,16	0,49	2,55	0,58	0,76	54,34	0,29	N
	Fruticultura	1,49	0,50	0,10	8,11	6,06	2,46	165,30	0,00	N-N
	Pastagem	2,78	1,77	0,00	10,19	9,91	3,15	113,12	0,03	N-N
	Vegetação nativa	1,32	0,95	0,06	3,22	1,24	1,11	84,30	0,34	N
SB cmol _c Kg ⁻¹	Ciclo curto	3,00	2,40	1,84	6,90	2,20	1,48	49,41	0,00	N-N
	Descartado	4,07	3,63	2,03	10,06	5,67	2,38	58,54	0,00	N-N
	Fruticultura	2,53	2,31	1,64	4,88	0,85	0,92	36,32	0,01	N-N
	Pastagem	3,74	2,64	1,59	12,60	10,97	3,31	88,61	0,00	N-N
	Vegetação nativa	1,69	1,50	0,96	2,88	0,49	0,70	41,36	0,12	N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Quadro 6. Medidas estatísticas descritivas dos atributos físicos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), correspondentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS FÍSICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN(0,05)
Areia %	Ciclo curto	89,62	89,63	85,70	91,90	Z22	2,06	2,29	0,33	N
	Descartado	89,06	89,10	86,00	92,30	Z23	2,18	2,45	0,72	N
	Fruticultura	90,48	90,39	88,11	92,70	Z24	1,26	1,39	0,61	N
	Pastagem	89,70	90,41	84,68	93,41	Z25	2,69	3,00	0,69	N
	Vegetação nativa	89,71	89,69	87,98	91,76	Z26	1,20	1,34	0,88	N
Silte %	Ciclo curto	2,75	2,46	1,15	5,58	1,79	1,34	48,64	0,26	N
	Descartado	3,29	3,49	0,80	6,88	2,98	1,73	52,44	0,42	N
	Fruticultura	2,85	2,60	0,85	5,77	2,01	1,42	49,85	0,62	N
	Pastagem	3,46	2,51	1,96	6,57	2,64	1,62	46,88	0,04	N-N
	Vegetação nativa	2,79	3,41	0,10	5,56	4,18	2,05	73,23	0,30	N
Argila %	Ciclo curto	7,46	8,46	4,26	8,90	3,08	1,76	32,00	0,01	N-N
	Descartado	7,67	7,56	4,49	8,92	2,03	1,43	32,00	0,04	N-N
	Fruticultura	6,71	6,69	4,59	8,87	1,87	1,37	32,00	0,98	N
	Pastagem	6,82	7,42	1,26	8,95	5,20	2,28	32,00	0,02	N-N
	Vegetação nativa	7,14	7,60	4,52	8,92	2,28	1,51	32,00	0,57	N
Umidade da amostra - UA %	Ciclo curto	3,29	1,96	0,48	9,54	11,40	3,38	102,72	0,01	N-N
	Descartado	2,41	1,17	0,45	5,36	4,66	2,16	89,73	0,01	N-N
	Fruticultura	1,54	0,94	0,50	5,86	2,55	1,60	103,50	0,00	N-N
	Pastagem	0,77	0,41	0,19	3,38	0,91	0,95	123,51	0,00	N-N
	Vegetação nativa	0,53	0,39	0,24	1,50	0,17	0,41	76,25	0,01	N-N
Umidade da Capacidade de Campo %	Ciclo curto	6,80	6,62	2,45	11,76	8,12	2,85	41,92	1,00	N
	Descartado	5,61	4,54	2,51	9,65	6,76	2,60	46,33	0,28	N
	Fruticultura	8,20	8,04	2,85	15,35	19,09	4,37	53,27	0,45	N
	Pastagem	5,06	4,36	1,22	9,80	8,48	2,91	57,58	0,31	N
	Vegetação nativa	5,94	5,72	1,37	13,08	19,88	4,46	75,08	0,17	N
Densidade das Partículas - Dp g cm ⁻³	Ciclo curto	2,56	2,56	2,44	2,70	0,01	0,11	4,28	0,08	N
	Descartado	2,61	2,63	2,47	2,67	0,00	0,07	2,55	0,03	N-N
	Fruticultura	2,55	2,47	2,38	2,78	0,02	0,16	6,13	0,05	N
	Pastagem	2,52	2,47	2,44	2,78	0,01	0,11	4,43	0,01	N-N
	Vegetação nativa	2,57	2,53	2,44	2,82	0,02	0,15	5,65	0,08	N
Densidade do solo - Ds g cm ⁻³	Ciclo curto	1,67	1,64	1,56	1,91	0,01	0,10	5,95	0,10	N
	Descartado	1,63	1,64	1,48	1,75	0,01	0,08	4,94	0,78	N
	Fruticultura	1,55	1,55	1,46	1,66	0,00	0,06	3,90	0,45	N
	Pastagem	1,58	1,59	1,45	1,73	0,01	0,10	6,42	0,21	N
	Vegetação nativa	1,58	1,57	1,49	1,77	0,01	0,09	5,52	0,22	N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Quadro 7. Medidas estatísticas descritivas dos atributos biológicos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), correspondentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS BIOLÓGICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
Respiração basal - RBS mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo hora ⁻¹	Ciclo curto	0,47	0,43	0,15	1,06	0,08	0,28	59,39	0,32	N
	Descartado	0,89	0,60	0,22	1,88	0,30	0,54	61,11	0,38	N
	Fruticultura	1,24	0,82	0,28	3,52	1,10	1,05	84,88	0,01	N-N
	Pastagem	0,95	1,02	0,47	1,31	0,10	0,31	33,05	0,19	N
	Vegetação nativa	1,88	1,73	0,70	2,92	0,59	0,77	40,98	0,58	N
Carbono da biomassa microbiana - CBM mg de C-CBM kg ⁻¹ solo seco	Ciclo curto	122,32	52,36	13,86	453,19	24469,89	156,43	127,88	0,00	N-N
	Descartado	232,99	182,18	14,44	517,73	28718,98	169,47	72,74	0,64	N
	Fruticultura	340,59	298,78	104,21	645,05	36555,07	191,19	56,14	0,47	N
	Pastagem	354,59	358,44	110,23	601,15	28636,01	169,22	47,72	0,63	N
	Vegetação nativa	343,21	391,84	100,21	594,64	32788,96	181,08	52,76	0,25	N
Quociente metabólico - qCO ₂ mg C-CO ₂ mg ⁻¹ C-CBM h ⁻¹	Ciclo curto	0,33	0,20	0,02	1,32	0,19	0,44	132,68	0,00	N-N
	Descartado	0,15	0,09	0,03	0,37	0,01	0,11	76,33	0,19	N
	Fruticultura	0,10	0,06	0,03	0,31	0,01	0,09	86,40	0,00	N-N
	Pastagem	0,09	0,05	0,03	0,26	0,01	0,08	86,12	0,00	N-N
	Vegetação nativa	0,16	0,16	0,08	0,32	0,01	0,07	46,93	0,05	N
Carbono orgânico total do solo - COT dag kg ⁻¹	Ciclo curto	0,57	0,61	0,29	0,79	0,02	0,15	26,00	0,50	N
	Descartado	0,51	0,44	0,32	0,80	0,03	0,17	34,00	0,20	N
	Fruticultura	1,28	0,90	0,46	2,74	0,72	0,85	65,99	0,03	N-N
	Pastagem	0,53	0,47	0,32	0,82	0,03	0,17	32,41	0,25	N
	Vegetação nativa	0,96	0,74	0,50	1,80	0,24	0,49	51,20	0,04	N-N
Quociente microbiano - qMIC %	Ciclo curto	2,21	0,84	0,24	6,98	6,68	2,59	26,00	0,00	N-N
	Descartado	4,99	4,06	0,28	11,66	14,81	3,85	34,00	0,60	N
	Fruticultura	4,02	1,80	0,80	9,38	12,06	3,47	65,99	0,01	N-N
	Pastagem	6,96	7,11	3,05	14,52	12,05	3,47	32,41	0,18	N
	Vegetação nativa	3,92	3,51	1,35	6,54	4,54	2,13	51,20	0,13	N
Estoque de carbono microbiano - ECBM g ha ⁻¹	Ciclo curto	0,20	0,09	0,03	0,75	0,07	0,26	127,78	0,00	N-N
	Descartado	0,38	0,30	0,02	0,85	0,08	0,28	73,12	0,50	N
	Fruticultura	0,52	0,45	0,17	1,01	0,09	0,30	56,47	0,37	N
	Pastagem	0,57	0,55	0,18	0,95	0,08	0,28	49,60	0,37	N
	Vegetação nativa	0,54	0,61	0,16	0,88	0,08	0,28	51,88	0,19	N
Estoque de carbono do solo - EC t ha ⁻¹	Ciclo curto	9,50	10,54	4,69	12,22	5,43	2,33	24,52	0,15	N
	Descartado	8,29	7,18	5,44	13,96	9,34	3,06	36,87	0,10	N
	Fruticultura	19,55	14,41	7,28	40,35	152,60	12,35	63,18	0,04	N-N
	Pastagem	8,42	7,59	4,71	13,54	8,59	2,93	34,79	0,29	N
	Vegetação nativa	14,90	11,40	8,18	27,73	50,52	7,11	47,70	0,04	N-N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Na análise de componentes principais, a variância contida em cada componente principal gerado é expressa pelos autovalores da matriz padronizada, de tal forma que o maior autovalor está associado ao primeiro componente principal (CP), o segundo maior autovalor ao segundo CP, e assim por diante, até que o menor autovalor esteja associado ao último CP, colocando os primeiros como os mais importantes. Sendo assim, os primeiros componentes principais gerados pela ACP explicam a maior parte da variância dos dados originais. Conforme critérios de seleção das componentes, citados anteriormente, esta pesquisa adotou a retenção dos componentes que explicaram mais de 70% da variância.

Os autovalores, as percentagens das variâncias associadas aos CPs gerados e as percentagens das variâncias acumuladas são apresentadas no Quadro 8. Neste quadro pode-se verificar que o primeiro e o segundo componente principal explicam 47,04% e 28,10% da variação dos dados, respectivamente, totalizando, juntos, 75,10% da variação encontrada. Isto indica que as 27 variáveis estudadas podem ser substituídas por estes dois componentes, com perda mínima de informação.

Quadro 8. Autovalores e variâncias das componentes principais obtidas dos atributos químicos, físicos e biológicos

Componentes principais	Autovalor	% variância total	Autovalor cumulativo	% Cumulativa
CP1	12,70	47,04	12,70	47,00
CP2	7,59	28,10	20,29	75,10
CP3	4,02	14,90	24,31	90,00
CP4	2,69	9,96	27,00	100,0

A importância de uma variável é analisada pela sua correlação com as CPs selecionadas. Essa avaliação é feita através dos *loadings* (pesos) das variáveis calculados pela ACP, de forma que, quanto maior o valor modular do *loading* da variável analisada, maior a correlação com a CP a ela associada. Deste modo, é possível identificar quais variáveis estão correlacionadas com cada CP e qual a importância de cada variável para os objetivos da pesquisa. No caso dos solos da Classe 1 do perímetro em estudo, as variáveis mais importantes na distinção dos usos C, D, F, P, e V foram aquelas que apresentaram as maiores correlações (maiores *loadings*) com a CP1 ou CP2.

O Quadro 9 mostra que a CP1 está mais associada aos grupos das variáveis químicas e físicas dos solos, enquanto que as variáveis físicas e biológicas se alternaram entre CP1 e CP2. As variáveis mais discriminantes dos usos estudados foram: químicas – a condutividade elétrica do extrato de pasta saturada (CE_{es}), o K solúvel, os cátions trocáveis: Ca, Mg, K e Na,

o P disponível, a capacidade de troca de cátions - CTC e a soma de bases trocáveis - SB; físicas – as percentagens de areia – AREIA% e silte – SILTE % e a densidade do solo - Ds; biológicas – respiração basal - RBS, carbono da biomassa microbiana - CBM, quociente metabólico - qCO₂, carbono orgânico total do solo - COT, quociente microbiano - qMIC, estoque de carbono microbiano - ECBM, e estoque de carbono do solo - EC.

Quadro 9. Correlações (*loadings*) dos atributos químicos, físicos e biológicos analisadas com as componentes principais (CPs) obtidas para os solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1)

Variáveis	CP1	CP2
pH do solo – pH _{H2O}	-0,379	0,253
pH do extrato – pH _{es}	<u>-0,643</u>	0,159
Condutividade elétrica do extrato de saturação - CE _{es}	<u>-0,785</u>	-0,048
Potássio solúvel – K sol	<u>-0,972</u>	0,009
Sódio solúvel – Na sol	-0,181	0,539
Cálcio trocável – Ca	<u>-0,879</u>	0,374
Magnésio trocável – Mg	<u>-0,765</u>	0,366
Potássio trocável – K	<u>-0,882</u>	0,047
Sódio trocável – Na	-0,387	<u>0,858</u>
Fósforo disponível – P	<u>-0,922</u>	0,271
Capacidade de troca de cátions – CTC	<u>-0,902</u>	-0,070
Porcentagem de sódio trocável – PST	-0,085	<u>0,979</u>
Soma de bases trocáveis – SB	<u>-0,885</u>	0,373
Respiração basal – RBS	<u>0,825</u>	0,139
Carbono da biomassa – CBM	0,634	<u>0,741</u>
Quociente metabólico – qCO ₂	-0,357	<u>-0,831</u>
Carbono orgânico total do solo – COT	<u>0,912</u>	-0,068
Quociente microbiano – qMIC	-0,171	<u>0,957</u>
Estoque de carbono da biomassa – ECBM	0,599	<u>0,760</u>
Estoque de carbono do solo – EC	<u>0,910</u>	-0,101
Porcentagem de areia do solo – AREIA%	<u>0,752</u>	0,135
Porcentagem de silte do solo – SILTE%	-0,554	<u>0,795</u>
Porcentagem de argila do solo – ARGILA%	<u>-0,646</u>	-0,615
Umidade do solo – UA	-0,622	<u>-0,663</u>
Umidade na capacidade de campo – CC	0,500	-0,415
Densidade das partículas do solo – Dp	-0,237	-0,501
Densidade do solo – Ds	<u>-0,754</u>	-0,595

As variáveis que apresentam baixa correlação com as CPs selecionadas são consideradas menos discriminantes na distinção dos tratamentos (Mingoti, 2005). Nos solos estudados, as variáveis que apresentaram baixo poder discriminante foram: pH do solo, sódio solúvel - Nasol, umidade na capacidade de campo - CC e densidade das partículas do solo - Dp, sendo, portanto, consideradas menos discriminantes dos usos estudados.

Baseado nas variáveis analisadas, para cada componente principal (CP) gerado, a ACP calcula os valores (*scores*) dos tratamentos, com os quais é possível mostrar a localização gráfica de cada um deles. Com as propriedades químicas, físicas e biológicas estudadas, a seleção de dois CPs permitiu a representação bidimensional dos usos dos solos da Classe 1 do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes (Figura 3).

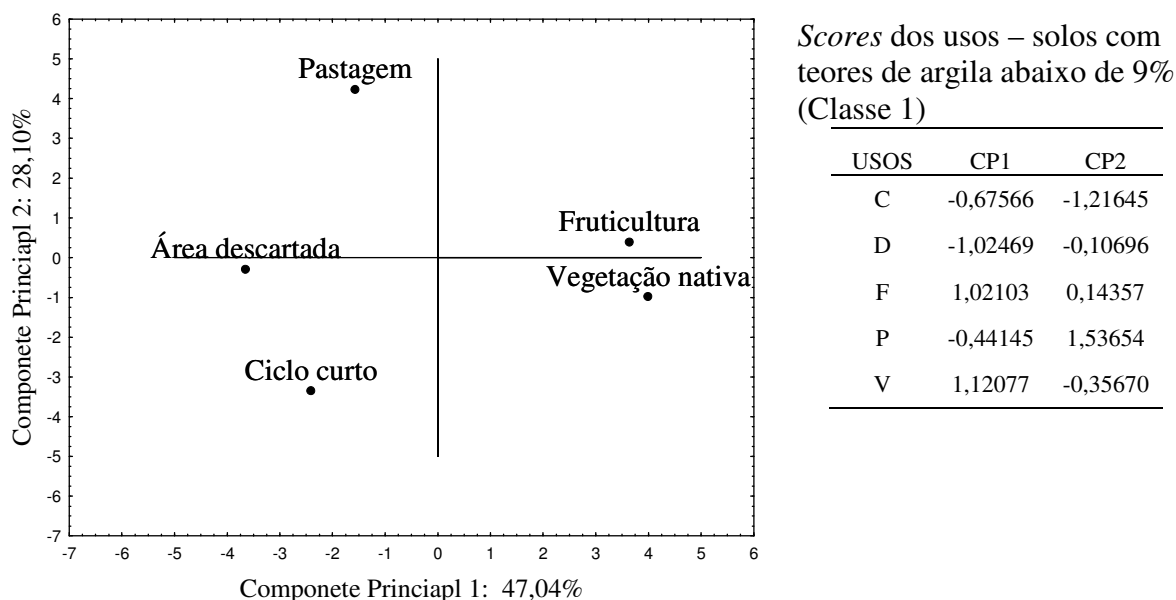


Figura 3. Representação gráfica dos *scores* dos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V) nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos da Classe 1. Proximidade entre usos indica semelhança de acordo com a análise de componentes principais.

Com relação ao componente principal 1 - CP1, variáveis com valores de *loadings* positivos indicam forte influência sobre os pontos que se localizam a direita do gráfico de dispersão dos tratamentos, enquanto que os negativos estão associados àqueles pontos que se encontram a esquerda do referido gráfico. Da mesma forma, as variáveis que mantêm correlações positivas com o componente principal 2 - CP2 influenciam os pontos da região mais acima do gráfico, enquanto que aquelas com correlações negativas influenciam os pontos localizados mais abaixo do gráfico.

Correlações negativas entre o CP1 (Quadro 9) e as variáveis CE_{es} , K solúvel, os cátions K, Ca e Mg trocáveis, P disponível, CTC, SB e Ds indicam que os valores médios dessas variáveis aumentam na direção da direita para a esquerda no gráfico (Figura 3). As variáveis que se correlacionaram positivamente com o CP1 foram RBS, COT e EC, AREIA% cujos

valores médios crescem da esquerda para a direita. Analisando o CP2, as variáveis qCO_2 e UA, por se correlacionarem negativamente, seus valores crescem de cima para baixo do gráfico, enquanto que correlações positivas sugerem aumentos do Na trocável, da PST, do CBM, Da $qMIC$, do ECBM e %SILTE na direção de baixo para cima no gráfico. Portanto, de acordo com os resultados encontrados (Quadro 5, 6, 9 e Figura 3), os solos sob os usos F e V apresentaram menores níveis de salinidade, bases trocáveis e P disponível, bem como maiores carbono orgânico do solo, biomassa microbiana e atividade biológica quando comparados aos solos dos usos C, D e P.

O CBM representa a parte viva do solo e a RBS sua atividade. Com a relação RBS/CBM destes dois atributos foi possível calcular o quociente metabólico (qCO_2), o qual estima a taxa de liberação diária do C- CO_2 por unidade de C incorporado à biomassa microbiana. A qCO_2 representa o quanto do carbono incorporado é perdido durante o processo de decomposição dos resíduos orgânicos incorporados (Li & Pariente, 2003). O qCO_2 foi o atributo biológico que mais influenciou a alocação do uso C na região inferior do gráfico. Dentre os usos, este foi o que apresentou a maior qCO_2 que, associada ao baixo conteúdo do COT encontrado para o uso C, indica que grande parte do carbono incorporado é perdida na forma de CO_2 . Para uma melhor compreensão dos resultados da ACP, a análise dos resultados pode ser complementada pelos valores médios encontrados para as variáveis estudadas em cada uso adotado (Quadros 5 e 6).

Os valores médios da CE_{es} (Quadro 5), aliados aos resultados dos *loadings* (Quadro 9), indicam que o aumento da salinidade foi influenciado pelo uso do solo, sendo maior no uso C, seguido do P, D, F e V, que apresentou o menor nível de salinidade.

Dentre os usos, o C foi o que apresentou a maior CE_{es} e a menor RBS e CBM, sendo os valores acompanhados pelos do ECBM (Quadros 5 e 7). Os valores encontrados para cada uso indicam que pequenos incrementos da CE_{es} reduziram a atividade e a população dos microrganismos do solo (Quadro 5).

A razão CBM/Corg ($qMIC$) foi calculada para avaliar os aportes de carbono e a conversão de substratos orgânicos em carbono da biomassa microbiana. Tendo as áreas de mata nativa (V) como referência, o $qMIC$ do P foi 44% maior que o V, enquanto no C foi 44% menor que este. A baixa $qMIC$ do C pode estar associada a menor disponibilidade de substrato no solo ou a uma menor eficiência de sua utilização pelos microrganismos (Yuan et al., 2007). De acordo com Wardle (1992), a $qMIC$ é uma estimativa indireta da qualidade da matéria orgânica, indicando que quanto menor o valor desta relação, menor deve ser a qualidade da matéria orgânica e, conseqüentemente, menor a eficiência da biomassa microbiana na imobilização do carbono. É possível que o tipo de resíduo vegetal incorporado

pelo cultivo de ciclo curto, caracterizado por restos culturais facilmente decomponíveis, associado ao manejo mais intenso do solo tenham contribuído para o aumento do qCO_2 do solo, o que favorece a perda de carbono para a atmosfera, resultando em menor fixação deste no solo.

A cobertura vegetal é a principal fonte de resíduos orgânicos do solo e muitos processos radiculares influenciam a composição química da rizosfera e a magnitude das alterações é governada pela quantidade e tipo de carbono liberado pela raiz (Liu et al., 2003). As raízes metabolicamente ativas excretam várias formas de compostos orgânicos, o que constitui um considerável fluxo de carbono de grande influência na formação da estrutura de comunidades microbianas presentes no solo (Marriell et al., 2005). Desta forma, a matéria orgânica e a biomassa microbiana dos solos podem ser alteradas pelo sistema de cultivo implantado. Os teores de COT do uso P foram equivalentes aos do C, no entanto, os maiores valores do CBM encontrados para o uso P indicam que grande parte do carbono do solo sob este uso deve estar associado à biomassa microbiana. Além do manejo adotado no uso P, o tipo de cobertura do solo pode ter favorecido à atividade microbiana, gerando associações entre populações de microrganismos e as raízes da pastagem implantada, imobilizando parte do carbono do solo na biomassa microbiana.

Raízes de plantas podem estimular a microbiota do solo e melhorar sua qualidade, sendo a magnitude desses efeitos dependente do tipo de cobertura vegetal. Segundo Landi et al. (2006), a qualidade e a quantidade de exsudados radiculares, bem como a morfologia radicular, variam entre as espécies vegetais, e isso tem grande influência sobre as propriedades microbiológicas da rizosfera. Nakatani et al. (2008) avaliaram aspectos biológicos da rizosfera de seis espécies de plantas de ocorrência espontânea em solo de sistema de *landfarming* de resíduos petroquímicos e observaram que as plantas estimularam a densidade microbiana total quando comparado com o solo sem planta. As plantas de crescimento espontâneo em solo de *landfarming* favoreceram a densidade microbiana do solo, porém esses efeitos foram diferenciados para grupos microbianos e espécie vegetal, destacando-se a *Brachiaria decumbens* com a espécie que apresentou maior colonização micorrízica das raízes e a maior densidade de esporos nos solos rizosféricos, enquanto bactérias e fungos totais e foram mais favorecidos por *Bidens pilosa* e *Eclipta Alba*.

O maior valor de CBM foi verificado para o uso P e o ECBM acompanhou este resultado, enquanto que o COT foi o mais baixo dentre os usos. Desse modo, a elevada $qMic$ indicou que grande parte do carbono do solo encontra-se na forma associada à biomassa microbiana. Altos valores de $qMic$ promoveram o maior distanciamento do uso P dos demais usos (Figura 3).

Elevados valores de qMIC indicam uma maior eficiência na mineralização do carbono adicionado, o que foi verificado no uso P, seguido pelo D. No entanto, os baixos valores de CBM encontrados para o uso D reforçam a idéia de que algum fator externo está desfavorecendo a sobrevivência das populações microbianas, levando a uma menor eficiência de incorporação do COT à biomassa microbiana e, conseqüentemente, a uma menor proteção deste contra as perdas do carbono por oxidação. Os usos P e D apresentam como cobertura do solo pastagem e vegetação arbustiva nativa regenerada, respectivamente. Maiores valores da qMIC observados nestes usos parecem estar ligados à qualidade do material orgânico incorporado, ou se devem à alocação de fontes de carbono prontamente disponíveis, como os provenientes dos exsudados radiculares, ou podem estar relacionados à adaptação dos microrganismos às condições químicas impostas (Dilly, 2001). Os principais atributos que distanciaram o uso P do D e C foram seus maiores valores de Na solúvel, o baixo qCO₂ e a menor porcentagem de argila do solo.

Com base nos resultados encontrados pela ACP, foi realizada a análise de agrupamento (AA). Como a AA é sensível a correlações fracas (Höft et al., 1999), optou-se pela eliminação daqueles atributos menos explicativos das variações encontradas, visando gerar uma imagem menos distorcida do dendograma. Deste modo, as variáveis menos discriminantes que foram excluídas da AA foram: sódio solúvel - Nasol, umidade na capacidade de campo - CC e densidade Das partículas do solo - Ds.

A Figura 4 apresenta o dendograma, representação gráfica dos resultados obtidos na análise de agrupamento.

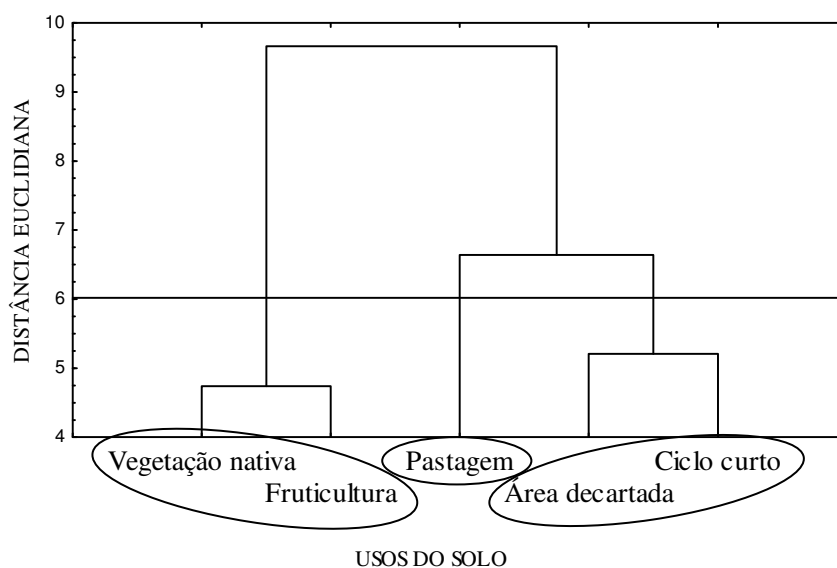


Figura 4. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos dos solos com teores de argila abaixo de 9% (Classe 1), utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente

de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento (C = ciclo curto; D = área descartada; F = Fruticultura; P = pastagem; V = vegetação nativa).

A linha de corte do dendograma foi definida com base no critério citado anteriormente, pela maior distância entre os grupos (primeiro maior pulo), sendo definida a formação de três grupos. Nele, observa-se que os resultados obtidos com a AA estão de acordo com aqueles encontrados pela ACP.

O grupo 1 é formado pelos usos C e D, os quais apresentaram valores superiores para bases trocáveis (D), íons solúveis (C), CE_{es} (C), alta relação CBM/RBS (qCO_2), cujos valores explicam a queda dos demais atributos biológicos estudados dentre os usos avaliados. Os atributos que distanciaram o uso C dos demais foram os altos valores dos atributos químicos, especialmente o K solúvel e a CE_{es} , aliados aos valores encontrados para os atributos biológicos, principalmente o alto qCO_2 que implicou em baixos valores dos demais.

O grupo 2 é representado pelo uso P, caracterizado por valores maiores de bases trocáveis, especialmente do sódio trocável que elevou a PST. Aumento dos íons K e Na solúveis explicam o aumento na CE_{es} para este uso em relação ao V. Apesar dos baixos valores apresentados, grande parte do carbono encontra-se protegida pela biomassa microbiana do solo que, por razões já discutidas, teve os maiores valores encontrados. Portanto, os atributos que mais influenciaram o uso P foram Na trocável e PST, CBM, COT e EC.

O grupo 3 é formado pelos usos F e V. Esses dois usos apresentaram características semelhantes para grande parte dos atributos químicos, físicos e biológicos estudados. Os membros desse grupo apresentam baixa salinidade, níveis mais equilibrados de cátions trocáveis e menor densidade do solo, condições que resultaram num ambiente favorável para a microbiota do solo. Os atributos que mais contribuíram para a caracterização desses usos, distanciando-os dos demais, foram a RBS e o COT e, com este último acompanharam os valores de estoque de carbono - EC do solo.

Fazendo uma análise simplificada da qualidade dos solos de textura arenosa, considerando os atributos estudados (valores médios, correlações das variáveis com a ACP e agrupamento gerado), pode-se afirmar que o manejo adotado na fruticultura induziu a menores perturbações do estado original do solo e que, pela proximidade dos dados, assemelham-se às áreas de mata nativa. O uso do solo com pastagem encontra-se em uma posição intermediária enquanto que o manejo adotado em solos sob cultivos de ciclo curto prejudicam mais a qualidade dos solos, com resultados semelhantes aos encontrados nas áreas descartadas (Figura 4).

4.2. Solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2)

O Quadro 10 mostra a matriz de correlação obtida com as variáveis estudadas, a qual apresenta as correlações entre os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes (Petrolândia/PE). Os atributos biológicos estão correlacionados negativamente com grande parte dos atributos químicos e físicos estudados (Quadro 10). Pelos valores das correlações encontradas, é possível concluir que, para os solos da Classe 2, os atributos físicos interferiram tanto quanto os químicos no comportamento da microbiota do solo. Valores iguais ou maiores a 0,60 para muitas das correlações com os atributos biológicos foram encontrados para pH do solo – pH_{H2O} e da pasta saturada – pH_{es}, K e Na solúveis, Ca e Mg trocáveis, percentagens de areia - %AREIA e argila - %ARGILA, umidade do solo - UA, umidade do solo na capacidade de campo - CC e densidade das partículas - Dp.

Os usos C e D apresentaram, respectivamente, valores de 3 e 4 vezes maiores de CEes em relação à área de vegetação nativa (Quadro 11), indicando acúmulo de sais nessas áreas, muito comum em sistemas irrigados instalados no semi árido. Apesar de se considerar que o referido perímetro encontra-se em atividade há apenas 13 anos, com aplicação de água de boa qualidade em solos de boa drenagem, fatores que minimizam os riscos de salinização; já se observa o início do processo de salinização. Este pode ser agravado, levando a perdas na capacidade produtiva dos solos, como ocorreu com o perímetro irrigado de Custódia cujas atividades agrícolas praticamente cessaram devido a problemas com excessos de sais e sodicidade (Oliveira et al., 2002).

Os lotes com cultivos de ciclo curto caracterizam-se por aplicações excessivas de insumos agrícolas que, associado ao clima do semi-árido e ao manejo da irrigação por aspersão, no qual grande quantidade de água é introduzida, contribuíram para o aumento da CEes neste uso. Variações dos atributos do solo em função do uso foram relatadas por Su et al. (2004). Estes autores analisaram três usos do solo: cultivo de ciclo curto por três anos (CC), pastejo contínuo (PC) e pousio por cinco anos (P5) e constataram que os usos P5 e PC apresentaram maiores valores ($p < 0,05$) das variáveis C orgânico total, P total e disponível e N disponível na camada de 0–2,5 cm do que o uso CC.

No perímetro irrigado Icó-Mandantes, a CHESF avaliou alguns lotes agrícolas quanto à viabilidade de produção. Considerando aspectos como profundidade do solo e altura do lençol freático, a Companhia concluiu que alguns lotes localizavam-se em áreas que apresentavam algum tipo de impedimento ao cultivo agrícola, sendo, portanto, descartados do processo produtivo. O uso D é caracterizado por solos pouco profundos devido à ocorrência

Quadro 10. Matriz de correlação das variáveis obtidas com os solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) do perímetro irrigado Icó-Mandantes Petrolândia/PE)

	pH _{H2O}	pHes	CE _{es}	Ksol	Nasol	Ca	Mg	K	Na	Pdisp	CTC	PST	SB	RBS	CBM	qCO ₂	COT	qMIC	ECBM	EC	AREIA	SILTE	ARGILA	UA	CC	Dp	Ds
pH _{H2O}	1,00																										
pH	<u>0,72</u>	1,00																									
CE _{es}	0,12	<u>0,65</u>	1,00																								
Ksol	<u>-0,74</u>	-0,08	0,46	1,00																							
Nasol	0,36	0,48	-0,02	-0,19	1,00																						
Ca	0,04	0,32	0,37	0,40	-0,47	1,00																					
Mg	0,02	0,31	<u>0,75</u>	0,39	-0,63	0,73	1,00																				
K	<u>-0,68</u>	-0,32	0,51	<u>0,69</u>	-0,55	0,09	0,56	1,00																			
Na	0,26	0,30	0,11	0,06	-0,44	<u>0,93</u>	0,56	-0,21	1,00																		
Pdisp	0,28	<u>0,75</u>	<u>0,98</u>	0,31	0,16	0,23	<u>0,62</u>	0,36	0,01	1,00																	
CTC	-0,16	0,38	<u>0,93</u>	<u>0,66</u>	-0,32	0,51	<u>0,87</u>	<u>0,72</u>	0,22	<u>0,83</u>	1,00																
PST	0,15	-0,22	<u>-0,64</u>	-0,32	-0,31	0,45	-0,11	-0,56	<u>0,69</u>	<u>-0,69</u>	-0,52	1,00															
SB	-0,09	-0,10	0,14	0,20	<u>-0,87</u>	<u>0,83</u>	<u>0,76</u>	0,27	<u>0,82</u>	-0,03	0,39	0,52	1,00														
RBS	-0,30	<u>-0,74</u>	-0,33	-0,22	<u>-0,77</u>	-0,17	0,15	0,40	-0,10	-0,42	-0,12	0,16	0,40	1,00													
CBM	<u>-0,78</u>	-0,30	0,05	<u>0,74</u>	0,28	-0,26	-0,29	0,44	-0,52	0,00	0,14	-0,47	-0,43	-0,27	1,00												
qCO ₂	0,16	-0,31	-0,06	-0,45	<u>-0,72</u>	-0,01	0,39	0,24	0,11	-0,10	0,04	0,14	0,50	<u>0,86</u>	<u>-0,66</u>	1,00											
COT	-0,55	-0,28	-0,38	0,44	0,47	-0,20	<u>-0,62</u>	-0,11	-0,29	-0,38	-0,33	0,03	-0,46	-0,43	<u>0,81</u>	<u>-0,82</u>	1,00										
qMIC	-0,48	-0,00	0,06	<u>0,74</u>	-0,09	<u>0,66</u>	0,17	0,11	0,50	-0,07	0,24	0,32	0,35	-0,42	0,47	<u>-0,61</u>	0,59	1,00									
ECBM	<u>-0,79</u>	-0,36	-0,06	<u>0,70</u>	0,28	-0,27	-0,37	0,37	-0,50	-0,11	0,04	-0,37	-0,43	-0,25	<u>0,99</u>	<u>-0,67</u>	<u>0,87</u>	0,49	1,00								
EC	-0,53	-0,33	-0,47	0,37	0,45	-0,22	<u>-0,67</u>	-0,17	-0,27	-0,48	-0,42	0,11	-0,44	-0,38	<u>0,76</u>	<u>-0,78</u>	<u>0,99</u>	0,57	<u>0,82</u>	1,00							
AREIA	<u>0,78</u>	<u>0,66</u>	-0,06	-0,57	<u>0,85</u>	-0,27	-0,47	<u>-0,82</u>	-0,09	0,14	-0,40	0,01	-0,59	<u>-0,67</u>	-0,27	-0,40	0,05	-0,28	-0,26	0,06	1,00						
SILTE	<u>-0,81</u>	<u>-0,62</u>	0,12	0,64	<u>-0,81</u>	0,30	0,49	<u>0,84</u>	0,10	-0,09	0,46	-0,04	0,58	0,59	0,33	0,32	-0,01	0,34	0,31	-0,03	<u>-1,00</u>	1,00					
ARGILA	<u>-0,67</u>	<u>-0,60</u>	0,13	0,49	<u>-0,91</u>	0,32	0,57	<u>0,82</u>	0,16	-0,07	0,45	0,00	<u>0,67</u>	<u>0,71</u>	0,13	0,52	-0,21	0,19	0,11	-0,22	<u>-0,99</u>	<u>0,98</u>	1,00				
UA	-0,31	0,36	<u>0,63</u>	<u>0,71</u>	0,46	-0,04	0,09	0,42	-0,36	0,64	0,56	<u>-0,75</u>	-0,42	<u>-0,62</u>	<u>0,75</u>	<u>-0,69</u>	0,44	0,35	<u>0,68</u>	0,34	0,04	0,04	-0,11	1,00			
CC	-0,50	-0,41	-0,19	0,46	<u>-0,70</u>	<u>0,72</u>	0,36	0,23	<u>0,68</u>	-0,39	0,13	<u>0,64</u>	<u>0,80</u>	0,27	0,04	0,08	0,15	<u>0,73</u>	0,09	0,17	<u>-0,67</u>	<u>0,67</u>	<u>0,64</u>	-0,26	1,00		
Dp	-0,08	-0,51	-0,21	-0,25	<u>-0,90</u>	0,22	0,41	0,27	0,33	-0,33	0,00	0,40	<u>0,72</u>	<u>0,90</u>	-0,55	0,91	<u>-0,62</u>	-0,27	-0,53	-0,57	-0,61	0,54	<u>0,70</u>	<u>-0,76</u>	0,46	1,00	
Ds	-0,08	<u>-0,67</u>	<u>-0,99</u>	-0,53	-0,07	-0,37	<u>-0,69</u>	-0,48	-0,10	<u>-0,97</u>	<u>-0,92</u>	<u>0,64</u>	-0,08	0,44	-0,15	0,19	0,25	-0,16	-0,04	0,35	0,02	-0,09	-0,07	<u>-0,72</u>	0,18	0,33	1,00

pH_{H2O} – pH do solo; pHes – pH do extrato da pasta saturada; CE – Condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (dS m⁻¹); Ksol – Potássio solúvel (cmol_c L⁻¹); Nasol – Sódio solúvel (cmol_c L⁻¹); Ca - Cálcio trocável (cmol_c kg⁻¹); Mg – Magnésio trocável (cmol_c kg⁻¹); K – Potássio trocável (cmol_c kg⁻¹); Na – Sódio trocável (cmol_c kg⁻¹); Pdisp – Fósforo disponível (mg kg⁻¹); CTC – Capacidade de troca de cátions (cmol_c kg⁻¹); PST – Porcentagem de sódio trocável (%); SB – Soma de bases trocáveis (cmol_c kg⁻¹); RBS – Respiração basal (mg C-CO₂ kg⁻¹ solo hora⁻¹); CBM – Carbono da biomassa microbiana (mg de C-CBM kg⁻¹ solo seco); qCO₂ – Quociente metabólico (mg C-CO₂ mg⁻¹ C-CBM dia⁻¹); COT – Carbono orgânico total do solo (dag kg⁻¹); qMIC – Quociente microbiano (%); ECBM – Estoque de carbono da biomassa (g ha⁻¹); EC – Estoque de carbono do solo (t ha⁻¹); AREIA – Teor de areia do solo (%); SILTE – Teor de silte do solo (%); ARGILA – Teor de argila do solo (%); UA – Umidade do solo (%); CC – Umidade na capacidade de campo (%); Dp – Densidade das partículas (g cm⁻³); Ds – Densidade do solo (g cm⁻³).

de camada de impedimento em subsuperfície, o que dificulta o livre escoamento da água, a ocorrência de alagamentos nestes lotes é constante, especialmente em períodos chuvosos.

A drenagem dificultada quando associada às características climáticas da região semi árida, potencializam o acúmulo de sais em superfície que, por sua vez, elevam os níveis de salinidade gradativamente e os resultados da CEes (Quadro 11) encontrados para o uso D acompanhado pelo C, corroboram esta hipótese.

Quadro 11. Medidas estatísticas descritivas das variáveis químicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS QUÍMICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
pH _{H2O}	Ciclo curto	5,62	5,30	4,60	6,90	0,70	0,84	14,88	0,24	N
	Descartado	6,33	6,05	5,30	7,40	0,62	0,79	12,41	0,26	N
	Fruticultura	6,33	6,50	4,70	7,60	1,04	1,02	16,08	0,45	N
	Pastagem	5,99	6,15	4,50	6,90	0,66	0,81	13,61	0,50	N
	Vegetação nativa	5,94	5,90	4,70	7,50	0,64	0,80	13,45	0,69	N
pHpasta	Ciclo curto	6,64	6,80	5,50	7,50	0,45	0,67	10,10	0,42	N
	Descartado	7,38	7,25	6,70	8,20	0,32	0,57	7,66	0,31	N
	Fruticultura	7,08	7,40	6,00	7,80	0,49	0,70	9,91	0,02	N-N
	Pastagem	6,94	6,90	5,60	7,70	0,41	0,64	9,24	0,18	N
	Vegetação nativa	6,31	6,40	4,90	7,90	1,07	1,03	16,38	0,63	N
CE (dSm ⁻¹)	Ciclo curto	1,29	1,12	0,33	2,60	0,64	0,80	61,69	0,34	N
	Descartado	1,80	1,07	0,53	4,73	2,45	1,56	87,12	0,02	N-N
	Fruticultura	0,69	0,66	0,23	1,11	0,09	0,30	43,40	0,71	N
	Pastagem	0,80	0,84	0,23	1,19	0,11	0,34	41,85	0,74	N
	Vegetação nativa	0,44	0,35	0,25	1,04	0,06	0,24	55,56	0,00	N-N
K mmol _c L ⁻¹	Ciclo curto	0,15	0,12	0,05	0,42	0,01	0,12	77,31	0,04	N-N
	Descartado	0,12	0,08	0,05	0,33	0,01	0,09	77,25	0,01	N-N
	Fruticultura	0,10	0,05	0,03	0,22	0,01	0,08	79,23	0,03	N-N
	Pastagem	0,13	0,13	0,05	0,21	0,00	0,05	38,48	0,88	N
	Vegetação nativa	0,11	0,10	0,02	0,26	0,01	0,07	68,89	0,44	N
Na mmol _c L ⁻¹	Ciclo curto	0,14	0,11	0,07	0,33	0,01	0,08	56,93	0,03	N-N
	Descartado	0,13	0,11	0,08	0,24	0,00	0,06	45,31	0,07	N
	Fruticultura	0,17	0,18	0,09	0,23	0,00	0,05	27,61	0,72	N
	Pastagem	0,14	0,12	0,08	0,25	0,00	0,06	44,10	0,30	N
	Vegetação nativa	0,12	0,12	0,04	0,17	0,00	0,05	40,51	0,39	N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Quadro 11 continuação..

Ca cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	3,20	2,91	1,53	6,04	1,85	1,36	42,45	0,34	N
	Descartado	4,60	4,32	2,18	6,66	3,42	1,85	40,16	0,08	N
	Fruticultura	2,43	2,58	1,36	3,94	0,83	0,91	37,48	0,47	N
	Pastagem	5,08	3,10	1,78	12,36	19,18	4,38	86,26	0,01	N-N
	Vegetação nativa	3,41	2,94	0,89	8,04	6,87	2,62	76,93	0,05	N-N
Mg cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	0,93	0,80	0,21	1,75	0,33	0,57	61,43	0,44	N
	Descartado	1,31	1,03	0,46	2,60	0,54	0,74	56,49	0,10	N
	Fruticultura	0,59	0,53	0,19	1,30	0,19	0,43	73,62	0,03	N-N
	Pastagem	0,95	0,93	0,24	2,04	0,37	0,61	64,16	0,70	N
	Vegetação nativa	0,91	0,59	0,11	2,53	0,71	0,85	92,55	0,10	N
K cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	0,52	0,39	0,17	1,46	0,16	0,40	76,62	0,01	N-N
	Descartado	0,43	0,40	0,08	1,00	0,07	0,27	62,94	0,37	N
	Fruticultura	0,28	0,23	0,06	0,53	0,03	0,16	56,04	0,74	N
	Pastagem	0,34	0,27	0,16	0,87	0,05	0,22	65,15	0,00	N-N
	Vegetação nativa	0,42	0,36	0,14	1,16	0,08	0,28	66,56	0,00	N-N
Na cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	0,07	0,03	0,03	0,19	0,00	0,05	83,56	0,00	N-N
	Descartado	0,16	0,12	0,03	0,36	0,01	0,11	69,55	0,24	N
	Fruticultura	0,08	0,06	0,04	0,17	0,00	0,04	58,29	0,02	N-N
	Pastagem	0,19	0,18	0,03	0,45	0,02	0,13	70,30	0,27	N
	Vegetação nativa	0,12	0,04	0,01	0,50	0,03	0,17	141,29	0,00	N-N
P mg L ⁻¹	Ciclo curto	91,37	50,99	1,79	294,55	10413,29	102,05	111,68	0,08	N
	Descartado	144,28	126,22	22,94	301,09	10582,34	102,87	71,30	0,54	N
	Fruticultura	60,82	34,34	1,16	268,86	7589,12	87,12	143,23	0,00	N-N
	Pastagem	44,70	43,21	2,27	99,86	1784,97	42,25	94,52	0,04	N-N
	Vegetação nativa	12,11	12,27	0,97	20,67	48,87	6,99	57,70	0,27	N
CTC cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	4,93	3,77	1,45	11,91	13,37	3,66	74,17	0,14	N
	Descartado	5,59	4,56	3,04	13,39	10,64	3,26	58,33	0,00	N-N
	Fruticultura	2,73	3,35	1,08	4,43	1,68	1,30	47,46	0,17	N
	Pastagem	3,87	2,38	1,58	10,41	9,42	3,07	79,24	0,00	N-N
	Vegetação nativa	3,25	2,86	0,79	5,95	2,92	1,71	52,46	0,72	N
PST %	Ciclo curto	1,66	1,28	0,46	4,14	1,44	1,20	72,51	0,17	N
	Descartado	2,86	2,68	0,77	6,24	2,57	1,60	56,12	0,21	N
	Fruticultura	3,34	3,60	0,95	8,05	4,66	2,16	64,67	0,17	N
	Pastagem	5,65	5,80	1,11	10,26	13,47	3,67	64,92	0,27	N
	Vegetação nativa	4,87	1,80	0,25	17,99	44,72	6,69	137,22	0,00	N-N
SB cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	4,69	4,06	2,20	8,32	3,70	1,92	40,99	0,33	N
	Descartado	6,47	5,71	4,04	10,62	6,09	2,47	38,12	0,24	N
	Fruticultura	3,39	3,64	1,62	6,05	2,02	1,42	41,87	0,69	N
	Pastagem	6,51	4,23	2,36	15,72	26,71	5,17	79,37	0,01	N-N
	Vegetação nativa	6,47	4,21	1,32	27,50	62,18	7,89	121,89	0,00	N-N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Dentre os sistemas agrícolas estudados, o uso F apresentou a menor CEes, possivelmente, devido a maior adoção de irrigação localizada que além de ser mais eficiente

do que a aspersão possibilita um melhor maneja da irrigação, com menor aplicação de água. Contudo, no uso P a irrigação é maneja da de forma inadequa da, com quantida des excessiva s de água aplica da para a forma ção da pastagem, sendo freqüente s os flagrante s de desperdício s de água. Os maior e s valore s de SB neste uso refletem a influênci a do excesso de água aplica da, influenciando direta mente no acúmulo de saís solúveis da solu ção do solo, o que fica evidenciado pelo aumento da sua CEEs em rela ção ao uso V. O aumento da SB foi maior nos usos P e D, indicando que o excesso de cátions solúveis podem ter migrado para a fase trocável, promovendo o notado aumento da SB nesses solos, já que dentro de sistema s produtivos estes usos implicam em cultivo s menos intensivos que o C, cuja CEEs foi alta, mas a SB foi baixa.

Problema s relaciona dos à saliniza ção de solos têm sido relata dos por diverso s autores, em extensa s área s no mundo, devido, inclusive, ao desmata mento para uso do solo na agricultura irrigada, como ocorreu na África, sudoeste da Ásia, Austrália e continente america no (Pizarro, 1985; Niazi et al., 1992; Silva Júnior et al., 2002; Sadiq et al., 2003).

Analisa ndo os valore s médio s das variáveis químicas estuda das (Quadro 11) foi possível observa r que os solos sob o uso F apresenta ram menor e s teore s de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ trocáveis e P disponível em rela ção aos demais usos, inclusive, com valore s menor e s de cátions trocáveis que os solos sob vegeta ção nativa. Os baixo s valore s encontra dos para os cátions trocáveis no uso F podem esta r associa dos à menor CTC dest e s solos. Redu ções nos teore s de argila e silte nos solos sob agricultura irrigada também foram observa das nos solos sob cultivo agrícola (Quadro 12), especialme nte no uso F (9,47% de argila e 4,22% de silte), compara tiva mente à vegeta ção nativa (11,94% de argila e 6,05% de silte), resulta dos que certa mente tivera m implica ções drástica s para a CTC, visto que os baixo s valore s encontra dos para o COT não justifica ram grande contribui ção dest e na CTC (Quadros 11 e 13).

O sódio na forma trocável foi encontra do em solos sob vegeta ção nativa, possivelme nte oriundo dos processo s de intemperismo do material originário, rico neste elemento. No enta nto, a introdu ção da agricultura irrigada na região em estudo promove u aumento s do Na solúvel (Quadro 11), com incrementos na faixa de 8,3 a 41,7% nos solos sob os sistema s agrícola s estuda dos.

Quadro 12. Medidas estatísticas descritivas das variáveis físicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS FÍSICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
AREIA %	Ciclo curto	81,93	81,40	74,10	87,40	Z22	4,08	4,98	0,46	N
	Descartado	83,61	83,85	76,95	88,10	Z23	3,76	4,50	0,72	N
	Fruticultura	86,14	87,36	79,40	89,30	Z24	3,12	3,62	0,07	N
	Pastagem	83,45	84,45	76,70	88,10	Z25	3,99	4,79	0,59	N
	Vegetação nativa	81,81	81,32	74,90	88,96	Z26	5,17	6,32	0,37	N
SILTE %	Ciclo curto	6,18	4,89	3,55	13,03	9,29	3,05	49,32	0,05	N-N
	Descartado	5,38	5,52	2,48	10,45	6,47	2,54	47,26	0,27	N
	Fruticultura	4,22	3,55	0,53	10,01	8,62	2,94	69,62	0,40	N
	Pastagem	5,49	4,33	2,88	9,97	7,84	2,80	51,03	0,07	N
	Vegetação nativa	6,05	5,66	1,28	13,21	14,05	3,75	61,96	0,71	N
ARGILA %	Ciclo curto	11,64	10,65	9,04	14,87	6,20	2,49	32,00	0,07	N
	Descartado	11,13	11,83	9,09	12,68	2,53	1,59	32,00	0,03	N-N
	Fruticultura	9,47	9,66	9,02	9,78	0,11	0,33	32,00	0,03	N-N
	Pastagem	10,89	9,91	9,01	14,37	4,06	2,02	32,00	0,08	N
	Vegetação nativa	11,94	11,88	9,01	14,84	5,58	2,36	32,00	0,09	N
UA %	Ciclo curto	4,87	2,75	0,80	15,78	26,74	5,17	106,17	0,02	N-N
	Descartado	3,21	1,16	0,68	11,69	17,36	4,17	129,96	0,00	N-N
	Fruticultura	2,95	1,08	0,37	9,31	10,67	3,27	110,87	0,01	N-N
	Pastagem	2,87	1,33	0,21	8,20	8,51	2,92	101,78	0,06	N
	Vegetação nativa	0,93	0,67	0,18	2,38	0,60	0,78	83,07	0,07	N
CC %	Ciclo curto	6,30	5,51	2,40	14,98	13,18	3,63	57,60	0,03	N-N
	Descartado	6,02	3,80	3,13	15,45	18,08	4,25	70,62	0,00	N-N
	Fruticultura	4,80	5,17	1,87	7,39	4,08	2,02	42,07	0,34	N
	Pastagem	7,81	8,25	3,55	13,09	12,99	3,60	46,17	0,42	N
	Vegetação nativa	7,03	5,91	2,48	13,66	15,25	3,90	55,56	0,22	N
Dp g cm ⁻³	Ciclo curto	2,59	2,56	2,53	2,67	0,00	0,05	1,78	0,11	N
	Descartado	2,65	2,63	2,47	2,86	0,02	0,14	5,46	0,44	N
	Fruticultura	2,57	2,56	2,44	2,78	0,01	0,10	4,02	0,52	N
	Pastagem	2,61	2,63	2,44	2,82	0,02	0,13	5,05	0,48	N
	Vegetação nativa	2,72	2,76	2,50	2,86	0,01	0,11	3,92	0,28	N
Ds g cm ⁻³	Ciclo curto	1,53	1,54	1,42	1,60	0,00	0,05	3,47	0,63	N
	Descartado	1,51	1,54	1,27	1,61	0,01	0,11	7,36	0,03	N-N
	Fruticultura	1,57	1,56	1,45	1,63	0,00	0,06	3,55	0,33	N
	Pastagem	1,56	1,59	1,45	1,67	0,01	0,08	4,86	0,42	N
	Vegetação nativa	1,59	1,59	1,48	1,65	0,00	0,05	3,23	0,36	N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Esta variável apresentou alta correlação negativa com a RBS (Quadro 10), indicando que, apesar de pequenos, tais incrementos implicaram em sensível redução da atividade microbiana dos solos em todos os usos estudados, com valores que variaram de 44 a 62% mais baixos (Quadro 13) que aqueles encontrados nos solos sob vegetação nativa. Além de interferir no comportamento físico e químico dos solos, a salinidade pode prejudicar diversos

atributos biológicos, como CBM, relação CBM/COT (q_{Mic}); atividade das enzimas fosfatase ácida, fosfatase alcalina, beta-glucosidase, protease, L-asparaginase e L-glutaminase, como visto por Silva et al. (2008). Alguns autores, inclusive, indicam o uso de plantas halófitas (Pereira et al., 2004) ou resíduos orgânicos (Silva Júnior et al., 2009) para reduzir os sais ou minimizar os efeitos da salinidade nestes solos.

Os fluxos de liberação e imobilização de nutrientes nos ecossistemas terrestres dependem da fração ativa do solo, que é estimada pelo CBM. A biomassa do solo é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e fluxo de energia dentro do solo, exercendo forte influência tanto na transformação da matéria orgânica do solo, quanto na estocagem de carbono e nutrientes minerais (Roscoe et al., 2006).

Neste estudo, o COT correlacionou-se positivamente com o CBM, indicando atuação sinérgica entre estes dois atributos (Quadro 13). Pelos valores médios encontrados (Quadro 13) é possível classificar os usos quanto ao COT na seqüência $D < V < F < P < C$, a mesma encontrada para o CBM, confirmando a tendência da sincronia entre as duas frações do carbono orgânico e a dependência do CBM à incorporação de resíduos orgânicos ao solo. Os estoques de carbono (EC) dos solos estudados acompanharam estes resultados, evidenciando a necessidade da introdução de sistemas que utilizem culturas com elevado aporte de resíduos.

A atividade microbiana seguiu a ordem $P < F < D < C < V$, seqüência que tendeu a ser seguida pelos valores médios do quociente metabólico (q_{CO_2}), o qual indica a eficiência microbiana na utilização dos resíduos incorporados. O maior q_{CO_2} encontrado para a vegetação nativa frente aos demais usos confirma essa assertiva, deixando claro que a baixa eficiência dos microrganismos do solo na utilização do aporte de C nos solos do perímetro irrigado Icó-Mandantes foi devida às perturbações geradas no ecossistema, pelos sistemas de cultivo introduzidos. As correlações negativas entre o CBM e o q_{CO_2} indicam o gasto de energia pelos microrganismos do solo para superar o estresse gerado pelas alterações ao equilíbrio, anteriormente mantido sob vegetação nativa. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2004), em cultivos com Atriplex. Perez et al. (2004), que quantificaram o carbono da biomassa microbiana de um solo cultivado com soja em diferentes sistemas de manejo no Cerrado, relataram que os valores do carbono microbiano em cultivos que ocasionam menos impactos, como semeadura direta, mantiveram-se mais estáveis, enquanto que o solo sob manejo com maior revolvimento (subsolagem + gradagem) apresentou o menor valor de COT, após a colheita.

Os autovalores, as percentagens das variâncias associadas aos CPs gerados e as percentagens das variâncias acumuladas para os solos com teores de argila entre 9 e 15%

(Classe 2) são apresentadas no Quadro 14. Observa-se que o CP1, CP2 e CP3 explicam 33,18%, 27,81% e 24,23% da variação dos dados, respectivamente, totalizando juntos 85,22% da variação total encontrada. No caso dos solos da Classe 2 do perímetro em estudo, os *loadings* das variáveis analisadas (Quadro 15) mostram que as variáveis químicas e biológicas apresentaram correlações que se alternaram entre os três primeiros CPs, enquanto os atributos físicos apresentaram maior números de correlações com o CP1.

Quadro 13. Medidas estatísticas descritivas das variáveis biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS BIOLÓGICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
RBS mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo hora ⁻¹	Ciclo curto	1,05	0,80	0,59	2,39	0,39	0,62	59,26	0,00	N-N
	Descartado	1,01	0,97	0,26	2,12	0,39	0,63	62,21	0,44	N
	Fruticultura	0,74	0,69	0,54	0,99	0,03	0,17	23,30	0,25	N
	Pastagem	0,72	0,63	0,32	1,74	0,19	0,44	61,29	0,01	N-N
	Vegetação nativa	1,88	2,15	0,31	2,81	0,75	0,87	46,05	0,20	N
CBM mg C-CBM kg ⁻¹ solo seco	Ciclo curto	326,46	286,76	121,37	631,44	33515,12	183,07	56,08	0,45	N
	Descartado	219,37	186,84	42,86	414,81	24668,36	157,06	71,60	0,10	N
	Fruticultura	253,28	238,32	73,72	445,08	17772,28	133,31	52,64	0,68	N
	Pastagem	264,53	194,85	119,88	489,57	20334,88	142,60	53,91	0,11	N
	Vegetação nativa	231,13	242,51	42,86	379,59	9525,98	97,60	42,23	0,90	N
qCO ₂ ng C-CO ₂ mg ⁻¹ C-CBM dia ⁻¹	Ciclo curto	0,10	0,07	0,03	0,27	0,01	0,07	74,87	0,05	N
	Descartado	0,24	0,08	0,06	1,19	0,15	0,39	162,89	0,00	N-N
	Fruticultura	0,11	0,08	0,03	0,32	0,01	0,10	90,43	0,02	N-N
	Pastagem	0,07	0,07	0,03	0,11	0,00	0,03	42,31	0,41	N
	Vegetação nativa	0,32	0,17	0,03	1,45	0,18	0,42	128,84	0,00	N-N
COT dag kg ⁻¹	Ciclo curto	0,86	0,60	0,50	1,97	0,23	0,48	56,60	0,01	N-N
	Descartado	0,59	0,61	0,44	0,72	0,01	0,09	15,23	0,91	N
	Fruticultura	0,80	0,72	0,57	1,19	0,04	0,21	26,55	0,23	N
	Pastagem	0,85	0,58	0,24	2,92	0,74	0,86	101,17	0,00	N-N
	Vegetação nativa	0,69	0,68	0,42	1,03	0,03	0,17	25,39	0,17	N
qMIC %	Ciclo curto	3,98	3,21	2,39	8,66	3,82	1,95	56,60	0,01	N-N
	Descartado	3,63	3,02	0,64	6,70	6,18	2,49	15,23	0,17	N
	Fruticultura	3,46	3,93	0,76	7,06	4,18	2,04	26,55	0,62	N
	Pastagem	4,43	3,70	1,27	11,81	10,45	3,23	101,17	0,02	N-N
	Vegetação nativa	3,53	3,23	1,01	8,94	4,68	2,16	25,39	0,03	N-N
ECBM g ha ⁻¹	Ciclo curto	0,50	0,44	0,19	1,01	0,08	0,28	56,44	0,44	N
	Descartado	0,33	0,29	0,07	0,67	0,06	0,25	73,58	0,11	N
	Fruticultura	0,40	0,35	0,12	0,69	0,05	0,21	53,70	0,48	N
	Pastagem	0,42	0,29	0,19	0,82	0,06	0,24	57,76	0,06	N
	Vegetação nativa	0,37	0,38	0,07	0,62	0,03	0,16	43,68	0,97	N
EC t ha ⁻¹	Ciclo curto	13,12	9,21	7,86	31,53	59,36	7,70	58,70	0,00	N-N
	Descartado	9,00	8,92	6,44	11,39	2,96	1,72	19,10	0,81	N
	Fruticultura	12,47	11,76	8,82	18,11	11,01	3,32	26,60	0,26	N
	Pastagem	13,31	8,48	3,77	46,29	187,67	13,70	102,93	0,00	N-N
	Vegetação nativa	10,91	10,78	6,95	16,93	7,91	2,81	25,77	0,09	N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Quadro 14. Autovalores e variâncias das componentes principais obtidas das variáveis químicas, físicas e biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2)

Componentes principais	Autovalor	% Variância total	Autovalor cumulativo	% Cumulativa
CP1	8,96	33,18	8,96	33,18
CP2	7,51	27,81	16,47	60,99
CP3	6,54	24,23	23,01	85,22
CP4	3,99	14,78	27,00	100,00

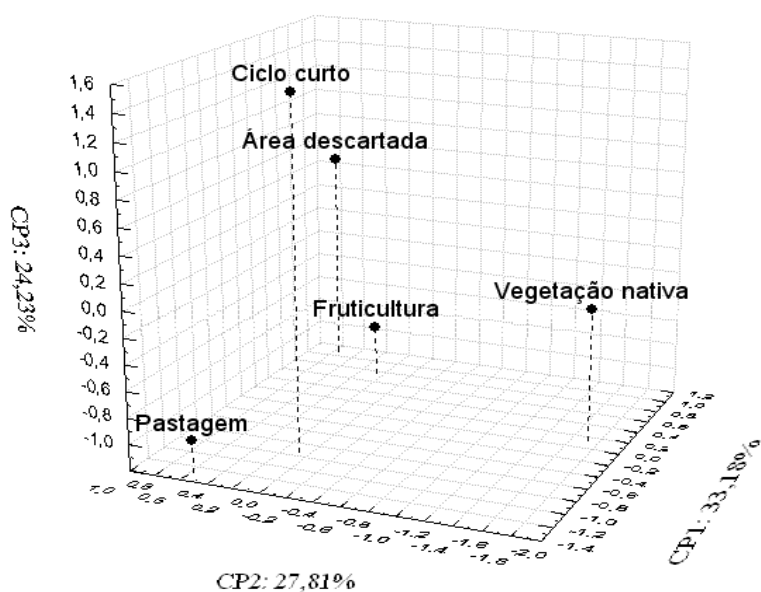
Quadro 15. Correlações das variáveis analisadas com as componentes principais (CPs) obtidas das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2)

Variáveis	CP1	CP2	CP3
pH do solo – pH _{H2O}	-0,295	<u>0,677</u>	-0,655
pH do extrato – pH _{es}	-0,350	-0,011	<u>-0,881</u>
Condutividade elétrica do extrato de saturação - CE _{es}	0,164	-0,524	<u>-0,830</u>
Potássio solúvel – K sol	0,231	<u>-0,956</u>	0,073
Sódio solúvel – Na sol	<u>-0,988</u>	-0,048	-0,143
Cálcio trocável – Ca	0,557	-0,174	-0,312
Magnésio trocável – Mg	<u>0,746</u>	-0,252	-0,607
Potássio trocável – K	0,572	<u>-0,671</u>	-0,022
Sódio trocável – Na	0,499	0,182	-0,245
Fósforo disponível – P	-0,018	-0,425	<u>-0,893</u>
Capacidade de troca de cátions – CTC	0,448	<u>-0,636</u>	-0,626
Porcentagem de sódio trocável – PST	0,252	0,548	0,390
Soma de bases trocáveis – SB	<u>0,902</u>	0,073	-0,093
Respiração basal – RBS	<u>0,693</u>	0,340	0,381
Carbono da biomassa – CBM	-0,308	<u>-0,840</u>	0,425
Quociente metabólico – qCO ₂	<u>0,699</u>	0,555	-0,092
Carbono orgânico total do solo – COT	-0,530	-0,497	<u>0,632</u>
Quociente microbiano – qMic	0,114	<u>-0,599</u>	0,241
Estoque de carbono da biomassa – ECBM	-0,322	<u>-0,787</u>	0,519
Estoque de carbono do solo – EC	-0,522	-0,410	<u>0,690</u>
Porcentagem de areia do solo – AREIA%	<u>-0,817</u>	0,402	-0,365
Porcentagem de silte do solo – SILTE%	<u>0,792</u>	-0,484	0,338
Porcentagem de argila do solo – ARGILA%	<u>0,891</u>	-0,317	0,250
Umidade do solo – UA	-0,384	<u>-0,877</u>	-0,275
Umidade na capacidade de campo – CC	<u>0,677</u>	-0,183	0,411
Densidade das partículas do solo – Dp	<u>0,859</u>	0,452	0,164
Densidade do solo – Ds	-0,076	0,605	<u>0,792</u>

As variáveis mais discriminantes dos cinco usos foram aquelas que apresentaram as maiores correlações (maiores *loadings*) com os três primeiros CPs, sendo elas: químicas: pH da pasta de saturação - pH_{es}, condutividade elétrica do extrato de pasta saturada - CE_{es}, K e Na

solúveis, K e Mg trocáveis, P disponível, capacidade de troca de cátions - CTC e soma de bases trocáveis - SB; biológicas: respiração basal - RBS, carbono da biomassa micorbiana – CBM, quociente metabólico - qCO_2 , carbono orgânico do solo – COT, quociente microbiano – $qMic$, estoque de carbono da biomassa microbiana – ECBM e estoque de carbono do solo – EC; físicas: percentagens de areia, silte e argila do solo, umidade do solo - UA, umidade na capacidade de campo - CC, densidade do solo - Ds e densidade das partículas dos solo - Dp. Os teores de Ca e Na trocáveis e a PST não apresentaram poder discriminante, sendo descartadas das análises de agrupamento. Por meio de métodos multivariados, Maluche-Baretta et al. (2006) avaliaram pomares de maçãs objetivando comparar dois sistemas de produção (manejo convencional e orgânico), com base em atributos microbiológicos e químicos do solo, identificando o CBM como o atributo microbiológico mais importante na separação entre os pomares, seguido do qCO_2 e alta correlação canônica entre os atributos microbiológicos e químicos do solo estudados.

A seleção dos três primeiros CPs que representaram as variáveis químicas, biológicas e físicas estudadas permitiu a representação tridimensional dos usos dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2) do perímetro irrigado Icó-Mandantes (Figura 5).



Scores dos usos – solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2).

USOS	CP1	CP2	CP2
C	-0,113	-1,553	0,407
D	0,613	0,067	-1,677
F	-1,592	0,760	-0,062
P	0,055	-0,246	0,412
V	1,036	0,972	0,920

Figura 5. Representação gráfica dos *scores* referentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V) nos dois primeiros componentes principais obtidos com as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2).

Correlações negativas entre o CP1 e as variáveis Na solúvel e % areia indicam que os valores médios dessas variáveis aumentaram na direção do fundo para a frente no gráfico (Figura 5), influenciando os usos que se localizam mais a frente do gráfico. Deste modo, os usos P e C apresentaram solos mais arenosos e teores mais elevados de Na solúvel que os demais usos estudados. Ainda para o CP1, observa-se que correlações positivas representam maiores valores de soma de bases – SB, respiração basal – RBS, percentagens de silte e argila, umidade na capacidade de campo - CC e densidade de partículas – Dp para os usos F, D e V, localizando-os mais ao fundo no gráfico.

As variáveis que se correlacionaram negativamente com o CP2 separam a os solos sob vegetação nativa dos demais usos agrícolas, localizando-o em posição mais a direita no gráfico, indicando que os solos sob este estrato apresentaram os maiores valores médios para o K solúvel e K trocável, capacidade de troca de cátions – CTC, carbono da biomassa microbiana – CBM, quociente microbiano – qMic e umidade do solo, quando comparados aos usos agrícolas estudados.

Analisando o CP3 observa-se que a CE_{es} e os teores de P disponível apresentaram correlações negativas, colocando os usos F, P e V em posições mais a baixo no gráfico, enquanto o carbono orgânico total do solo – COT e seu estoque no solo – EC e a densidade do solo – Ds afastaram os usos C e D dos demais, localizando-os em posições mais a cima no gráfico.

Corrêa (2007) observou que os atributos físicos avaliados (composição granulométrica, densidade do solo e das partículas, argila dispersa em água, condutividade hidráulica, porosidade total e grau de floculação) apresentaram alterações passíveis de comprometer, futuramente, a qualidade dos solos sob usos agrícolas adotados no Perímetro Irrigado Icó-Mandantes, o que não foi constatado para o uso V.

As similaridades entre os usos estudados, sob aspectos químicos, físicos e biológicos dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2), são apresentadas pela análise de agrupamento em forma de dendograma (Figura 6), cuja linha de corte definiu 3 grupos distintos de uso. Observou-se, pelos agrupamentos formados, que há similaridade entre os usos V, P e F (primeiro grupo), unidos em um mesmo segmento. Os membros deste grupo, no entanto apresentaram diferenças, quanto aos atributos estudados, tanto com relação ao D (segundo grupo) quanto ao C (terceiro grupo), que, por sua vez, são diferentes entre si.

Os usos V, F e P assemelharam-se quanto aos atributos biológicos e físicos, mas diferiram em grande parte dos químicos. Como visto anteriormente (Figuras 5), os solos do primeiro grupo (usos V, P e F) apresentaram forte semelhança entre si quanto aos teores de K solúvel, CE_{es} e CTC, CBM, ECBM e Ds, variáveis que determinaram o agrupamento destes

usos. Maiores valores de K solúvel, CBM e UA para o uso V promoveram seu afastamento dos usos F e P, assim como maiores valores para SB, %ARGILA e Dp determinaram o afastamento do uso F. Os maiores teores de Na solúvel e %AREIA para o F foram os principais atributos responsáveis por seu afastamento. Possivelmente, os maiores teores de Na solúvel dos solos sob o uso F promoveram a dispersão e remoção da argila da camada superficial, com perdas na ordem de 39% de argila em relação aos solos sob vegetação nativa, implicando em alterações de suas propriedades físicas.

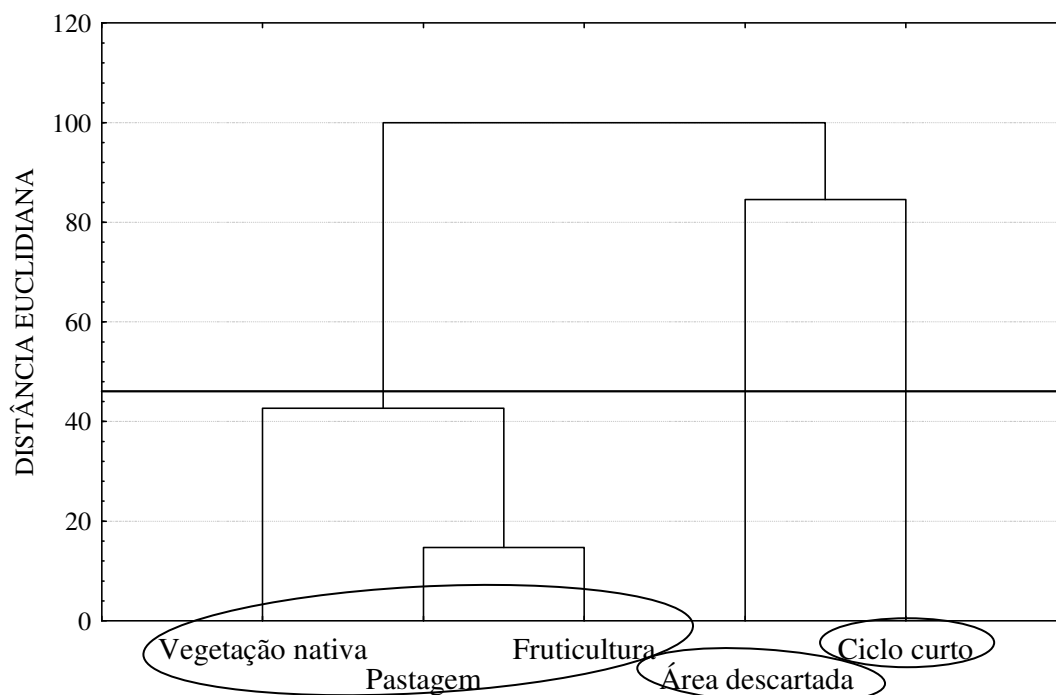


Figura 6. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos dos solos com teores de argila entre 9 e 15% (Classe 2), utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento. C = ciclo curto; D = área descartada; F = Fruticultura; P = pastagem; V = vegetação nativa.

Em um estudo feito no Perímetro Irrigado Icó-Mandantes, Corrêa (2007) observou que a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo agrícola promoveu o aumento da fração argila dos solos em profundidade, que, possivelmente, ocorreu em função da migração dos colóides ao longo do perfil do solo, devido à introdução da agricultura irrigada, sendo a magnitude deste efeito condicionada aos diferentes usos adotados.

Desta forma, fica evidenciado que a introdução dos sistemas de cultivo estudados produziu perturbações que se refletiram nos atributos dos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes e que o grau das alterações geradas está relacionado com o manejo adotado em cada uso, do qual depende a qualidade desses solos e a sustentabilidade da atividade agrícola do perímetro em questão. Portanto, para os solos da Classe 2, os resultados evidenciaram que, de alguma forma, os usos adotados no Perímetro Irrigado Icó-Mandantes podem gerar perda de qualidade nos solos quando comparados ao sistema em equilíbrio sob vegetação nativa.

4.3. Solos com teor de argila acima de 15% (Classe 3)

A matriz de correlações de Pearson obtida através da ACP com os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3) do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes (Petrolândia/PE) estão apresentadas no Quadro 16. Observaram-se altas correlações entre os atributos biológicos e os químicos e físicos. Valores maiores e equivalentes para pH do extrato de pasta saturada - pH_{es} , teores dos cátions Ca, Mg e K trocáveis e CTC (Quadro 17), teores de silte e argila, Dp e Ds (Quadro 18) e RBS, qCO_2 , COT (Quadro 19) foram encontrados para os usos C e V, enquanto F e D tenderam a apresentar valores menores para tais variáveis, e o P oscilou entre as posições intermediárias (químicas) e extremas (físicas e biológicas) para tais variáveis.

Pelos valores médios dos atributos biológicos (Quadro 19), observa-se que os solos sob vegetação nativa (V) apresentaram valores maiores de atividade microbiana (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2), carbono do solo (COT) e quociente microbiano ($qMIC$), quando comparados aos sistemas de uso agrícola do solo. Atributos biológicos foram avaliados por Mercante et al. (2005), em um Argissolo Vermelho cultivado com mandioca, em dois sistemas de manejo, sendo um convencional com rotação de culturas e o outro em plantio direto, em relação ao solo de mata. Elevados valores de carbono microbiano dos solos sob mata nativa foram seguidos dos solos de sistemas de plantio direto e convencional. O quociente microbiano ($qMIC$) mostrou que o sistema plantio direto pode proporcionar maior dinâmica da matéria orgânica no solo porque mantém maior quantidade de material orgânico das culturas no solo à disposição dos microrganismos.

Regiões semiáridas apresentam características climáticas desfavoráveis à manutenção do CO no solo, encontrando-se valores bem reduzidos, como os divulgados por alguns autores: $0,8 \text{ dag kg}^{-1}$ (Tiessen et al., 1998), $1,05 \text{ dag kg}^{-1}$ (Francelino et al., 2005), $0,48 \text{ dag kg}^{-1}$ (Su et al., 2004), $0,4 \text{ dag kg}^{-1}$ (Chaves et al., 2006), $0,24 \text{ dag kg}^{-1}$ (Silva & Chaves, 2001). Obviamente, tais observações para o CO do solo não dependem essencialmente do clima em questão e essa idéia é confirmada por Paul et al. (2002), que concluíram que os fatores que mais afetaram as mudanças no CO do solo, entre os vários estudos incluídos no seu trabalho além do clima, foram o tipo de uso anterior e a espécie implantada. No perímetro irrigado em estudo, a variável COT apresentou valores inferiores em todos os usos estudados, quando comparados ao uso V. A mesma tendência foi observada para o $qMIC$, com exceção do uso D, indicando que, neste uso, a parte do COT associada à fração viva do solo foi maior do que nos demais usos, inclusive maior do que aquela encontrada para o sistema nativo (V). Neste aspecto, o uso F aproximou-se do V, bem como o C do P.

Quadro 16. Matriz de correlação de Pearson das variáveis obtidas com os solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3) do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes-PE

	pH _{H2O}	pH _{es}	CE	Ksol	Nasol	Ca	Mg	K	Na	Pdisp	CTC	PST	SB	RBS	CBM	qCO ₂	COT	qMic	ECBM	EC	AREIA	SILTE	ARGILA	UA	CC	Dp	Ds
pH _{H2O}	1,00																										
pH _{es}	<u>0,87</u>	1,00																									
CE	0,44	0,29	1,00																								
Ksol	-0,41	-0,51	0,58	1,00																							
Nasol	-0,21	-0,29	<u>-0,87</u>	-0,54	1,00																						
Ca	<u>0,88</u>	0,54	0,58	-0,14	-0,19	1,00																					
Mg	0,19	0,07	<u>-0,65</u>	<u>-0,61</u>	<u>0,90</u>	0,14	1,00																				
K	<u>0,81</u>	0,58	<u>0,85</u>	0,20	-0,56	<u>0,88</u>	-0,19	1,00																			
Na	-0,27	-0,38	<u>-0,85</u>	-0,49	<u>0,99</u>	-0,20	<u>0,85</u>	-0,59	1,00																		
Pdisp	-0,26	-0,14	<u>0,63</u>	<u>0,86</u>	<u>-0,77</u>	-0,24	<u>-0,77</u>	0,24	<u>-0,77</u>	1,00																	
CTC	<u>0,86</u>	0,55	0,28	-0,30	0,14	<u>0,90</u>	0,52	<u>0,73</u>	0,10	-0,40	1,00																
PST	<u>-0,91</u>	<u>-0,75</u>	-0,37	0,25	0,06	<u>-0,80</u>	-0,38	<u>-0,79</u>	0,14	0,17	<u>-0,92</u>	1,00															
SB	<u>0,88</u>	0,53	0,45	-0,23	-0,04	<u>0,99</u>	0,30	<u>0,82</u>	-0,05	-0,35	<u>0,95</u>	<u>-0,84</u>	1,00														
RBS	0,52	0,26	-0,21	-0,70	0,47	<u>0,61</u>	0,56	0,15	0,49	<u>-0,89</u>	<u>0,61</u>	-0,35	<u>0,67</u>	1,00													
CBM	-0,27	-0,25	<u>-0,77</u>	<u>-0,67</u>	<u>0,67</u>	-0,26	0,41	<u>-0,68</u>	<u>0,72</u>	<u>-0,80</u>	-0,22	0,45	-0,19	<u>0,60</u>	1,00												
qCO ₂	<u>0,98</u>	<u>0,82</u>	0,28	-0,55	-0,02	<u>0,87</u>	0,35	<u>0,70</u>	-0,07	-0,46	<u>0,89</u>	<u>-0,87</u>	<u>0,90</u>	<u>0,68</u>	-0,08	1,00											
COT	0,52	<u>0,64</u>	-0,51	<u>-0,89</u>	0,54	0,19	<u>0,75</u>	-0,03	0,44	<u>-0,70</u>	0,49	-0,54	0,31	0,52	0,33	<u>0,62</u>	1,00										
qMIC	<u>-0,69</u>	<u>-0,65</u>	<u>-0,60</u>	-0,17	0,41	-0,57	-0,01	<u>-0,81</u>	0,49	-0,35	<u>-0,64</u>	<u>0,86</u>	-0,55	0,17	<u>0,83</u>	-0,56	-0,21	1,00									
ECBM	-0,39	-0,38	<u>-0,79</u>	-0,57	<u>0,69</u>	-0,35	0,38	<u>-0,75</u>	<u>0,74</u>	<u>-0,74</u>	-0,30	0,55	-0,28	0,52	<u>0,99</u>	-0,20	0,23	<u>0,89</u>	1,00								
EC	0,00	0,13	<u>-0,86</u>	<u>-0,73</u>	<u>0,85</u>	-0,24	<u>0,87</u>	-0,49	<u>0,78</u>	<u>-0,69</u>	0,15	-0,14	-0,09	0,33	0,52	0,14	<u>0,84</u>	0,14	0,49	1,00							
AREIA	<u>-0,89</u>	<u>-0,88</u>	<u>-0,70</u>	0,09	0,59	<u>-0,73</u>	0,19	<u>-0,89</u>	<u>0,65</u>	-0,18	<u>-0,63</u>	<u>0,81</u>	<u>-0,68</u>	-0,11	0,59	<u>-0,78</u>	-0,25	<u>0,83</u>	<u>0,70</u>	0,29	1,00						
SILTE	<u>0,89</u>	<u>0,95</u>	0,58	-0,25	-0,55	0,65	-0,18	<u>0,77</u>	<u>-0,62</u>	0,08	0,54	<u>-0,74</u>	<u>0,60</u>	0,17	-0,44	<u>0,79</u>	0,36	<u>-0,72</u>	-0,56	-0,20	<u>-0,97</u>	1,00					
ARGILA	<u>0,91</u>	<u>0,87</u>	<u>0,68</u>	-0,09	-0,55	<u>0,75</u>	-0,14	<u>0,90</u>	<u>-0,61</u>	0,16	<u>0,67</u>	<u>-0,85</u>	<u>0,70</u>	0,13	<u>-0,60</u>	<u>0,79</u>	0,28	<u>-0,86</u>	<u>-0,71</u>	-0,26	-1,00	<u>0,96</u>	1,00				
UA	0,44	<u>0,79</u>	0,14	-0,25	-0,36	-0,01	-0,11	0,25	-0,48	0,25	0,08	-0,44	-0,02	-0,32	-0,42	0,32	0,48	<u>-0,61</u>	-0,50	0,17	<u>-0,64</u>	<u>0,71</u>	<u>0,62</u>	1,00			
CC	0,17	0,47	<u>-0,69</u>	<u>-0,89</u>	0,47	-0,23	0,50	-0,42	0,40	<u>-0,61</u>	-0,01	-0,08	-0,15	0,31	0,55	0,26	<u>0,86</u>	0,16	0,47	<u>0,81</u>	0,01	0,17	-0,02	0,50	1,00		
Dp	<u>0,90</u>	<u>0,92</u>	0,13	<u>-0,72</u>	-0,07	<u>0,65</u>	0,24	0,50	-0,13	<u>-0,48</u>	<u>0,64</u>	<u>-0,70</u>	<u>0,66</u>	<u>0,61</u>	0,08	<u>0,92</u>	<u>0,72</u>	-0,41	-0,06	0,23	<u>-0,74</u>	<u>0,84</u>	<u>0,74</u>	0,52	0,53	1,00	
Ds	<u>-0,98</u>	<u>-0,90</u>	-0,54	0,34	0,38	<u>-0,84</u>	-0,01	<u>-0,83</u>	0,43	0,14	<u>-0,75</u>	<u>0,84</u>	<u>-0,81</u>	-0,42	0,33	<u>-0,93</u>	-0,42	<u>0,69</u>	0,45	0,13	<u>0,95</u>	<u>-0,95</u>	<u>-0,95</u>	-0,51	-0,13	<u>-0,89</u>	1,00

pH_{H2O} – pH do solo; pH_{es} – pH do extrato da pasta saturada; CE_{es} – condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (dS m⁻¹); Ksol – potássio solúvel (cmol_c L⁻¹); Nasol – Sódio solúvel (cmol_c L⁻¹); Ca – cálcio trocável (cmol_c kg⁻¹); Mg – magnésio trocável (cmol_c kg⁻¹); K – Potássio trocável (cmol_c kg⁻¹); Na – sódio trocável (cmol_c kg⁻¹); Pdisp – fósforo disponível (mg kg⁻¹); CTC – capacidade de troca de cátions (cmol_c kg⁻¹); PST – porcentagem de sódio trocável (%); SB – Soma de bases trocáveis (cmol_c kg⁻¹); RBS – Respiração basal (mg C-CO₂ kg⁻¹ solo hora⁻¹); CBM – carbono da biomassa microbiana (mg de C-CBM Kg⁻¹ solo seco); qCO₂ – quociente metabólico (mg C-CO₂ mg⁻¹ C-CBM dia⁻¹); COT – carbono orgânico total do solo (dag kg⁻¹); qMIC – quociente microbiano (%); ECBM – Estoque de carbono da biomassa (g ha⁻¹); EC – estoque de carbono do solo (t ha⁻¹); AREIA – teor de areia do solo (%); SILTE – teor de silte do solo (%); ARGILA – teor de argila do solo (%); UA – umidade atual do solo (%); CC – umidade na capacidade de campo (%); Dp – densidade das partículas do solo (g cm⁻³); Ds – densidade do solo (g cm⁻³).

Quadro 17. Medidas estatísticas descritivas dos atributos químicos dos solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS QUÍMICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
pH _{H2O}	Ciclo curto	7,71	8,30	4,60	8,60	2,00	1,42	18,36	0,00	N-N
	Descartado	6,79	6,25	5,50	8,50	1,39	1,18	17,34	0,07	N
	Fruticultura	6,89	7,05	4,80	8,40	1,68	1,29	18,79	0,69	N
	Pastagem	7,86	8,20	5,90	8,60	0,82	0,90	11,49	0,04	N-N
	Vegetação nativa	7,54	8,20	4,80	8,80	2,09	1,45	19,18	0,02	N-N
pH _{es}	Ciclo curto	7,43	7,80	5,60	8,40	0,92	0,96	12,89	0,05	N-N
	Descartado	7,15	7,25	6,10	8,30	0,41	0,64	8,95	0,51	N
	Fruticultura	7,31	7,45	5,40	8,30	0,85	0,92	12,59	0,24	N
	Pastagem	7,83	8,00	6,70	8,50	0,30	0,55	6,99	0,26	N
	Vegetação nativa	7,58	7,85	4,90	8,40	1,10	1,05	13,85	0,00	N-N
Condutividade elétrica - CE dS m ⁻¹	Ciclo curto	1,07	0,90	0,75	1,74	0,16	0,39	36,83	0,01	N-N
	Descartado	0,92	0,82	0,52	1,69	0,17	0,42	45,51	0,05	N
	Fruticultura	0,74	0,84	0,15	1,38	0,16	0,40	54,77	0,71	N
	Pastagem	1,14	0,83	0,44	2,92	0,71	0,84	74,06	0,02	N-N
	Vegetação nativa	0,60	0,56	0,19	1,47	0,13	0,36	59,58	0,06	N
K solúvel cmol _c L ⁻¹	Ciclo curto	0,08	0,02	0,01	0,40	0,02	0,12	165,10	0,00	N-N
	Descartado	0,08	0,07	0,02	0,18	0,00	0,05	61,54	0,60	N
	Fruticultura	0,07	0,05	0,01	0,24	0,01	0,08	103,37	0,03	N-N
	Pastagem	0,06	0,04	0,01	0,17	0,00	0,06	97,68	0,08	N
	Vegetação nativa	0,02	0,02	0,00	0,05	0,00	0,02	85,74	0,13	N
Na solúvel cmol _c L ⁻¹	Ciclo curto	0,20	0,18	0,05	0,34	0,01	0,08	41,93	0,70	N
	Descartado	0,18	0,17	0,08	0,24	0,00	0,05	27,61	0,60	N
	Fruticultura	0,21	0,16	0,07	0,52	0,02	0,15	69,63	0,02	N-N
	Pastagem	0,14	0,13	0,04	0,34	0,01	0,09	60,45	0,09	N
	Vegetação nativa	0,24	0,19	0,03	0,46	0,02	0,14	58,32	0,54	N
Ca trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	29,31	31,91	3,90	47,54	228,62	15,12	51,58	0,31	N
	Descartado	13,79	7,33	1,09	36,80	206,01	14,35	104,09	0,01	N-N
	Fruticultura	9,86	3,66	0,31	36,58	172,45	13,13	133,18	0,01	N-N
	Pastagem	23,08	26,25	6,69	35,01	116,97	10,82	46,87	0,14	N
	Vegetação nativa	19,66	13,83	2,35	43,37	255,56	15,99	81,32	0,08	N
Mg trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	7,82	6,95	1,67	15,04	20,38	4,51	57,73	0,24	N
	Descartado	5,71	1,78	0,18	23,16	54,35	7,37	129,12	0,01	N-N
	Fruticultura	7,66	1,09	0,13	28,33	135,89	11,66	152,22	0,00	N-N
	Pastagem	5,91	5,49	0,65	15,99	23,33	4,83	81,69	0,31	N
	Vegetação nativa	8,84	7,61	0,24	26,38	64,94	8,06	91,20	0,21	N

Quadro 17 continuação

K trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	1,01	0,90	0,45	1,52	0,15	0,39	38,27	0,45	N
	Descartado	0,59	0,51	0,23	1,39	0,12	0,35	59,84	0,15	N
	Fruticultura	0,56	0,42	0,21	1,16	0,11	0,34	59,63	0,22	N
	Pastagem	0,97	0,82	0,54	1,53	0,13	0,36	37,36	0,29	N
	Vegetação nativa	0,59	0,45	0,21	1,23	0,12	0,34	57,19	0,27	N
Na trocável cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	0,31	0,14	0,03	1,06	0,13	0,36	115,30	0,01	N-N
	Descartado	0,29	0,25	0,02	0,64	0,06	0,25	84,83	0,09	N
	Fruticultura	0,32	0,25	0,01	0,80	0,10	0,31	96,88	0,18	N
	Pastagem	0,22	0,24	0,06	0,41	0,01	0,11	50,16	0,96	N
	Vegetação nativa	0,36	0,32	0,03	0,90	0,08	0,29	78,44	0,58	N
P disponível mg kg ⁻¹	Ciclo curto	49,24	34,36	3,88	183,75	3162,30	56,23	114,21	0,01	N-N
	Descartado	59,87	37,59	0,00	249,48	5986,67	77,37	129,24	0,01	N-N
	Fruticultura	64,28	12,56	0,84	214,09	7112,61	84,34	131,20	0,02	N-N
	Pastagem	66,32	36,09	0,61	238,95	7332,72	85,63	129,11	0,01	N-N
	Vegetação nativa	17,31	9,92	0,00	52,90	412,51	20,31	117,32	0,02	N-N
CTC cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	23,07	27,30	5,77	32,14	82,86	9,10	39,45	0,11	N
	Descartado	9,89	6,16	1,60	29,02	95,85	9,79	99,00	0,03	N-N
	Fruticultura	12,93	5,03	3,07	38,30	185,45	13,62	105,33	0,01	N-N
	Pastagem	17,29	18,32	3,12	31,14	85,95	9,27	53,63	0,95	N
	Vegetação nativa	18,19	18,81	1,58	33,61	111,79	10,57	58,11	0,84	N
PST %	Ciclo curto	1,27	0,63	0,26	4,72	2,15	1,47	115,84	0,00	N-N
	Descartado	4,37	2,11	0,92	20,39	33,89	5,82	133,10	0,00	N-N
	Fruticultura	2,93	1,62	0,34	8,69	8,20	2,86	97,86	0,09	N
	Pastagem	1,62	1,40	0,56	3,53	1,08	1,04	64,15	0,09	N
	Vegetação nativa	2,34	1,95	0,17	7,83	4,41	2,10	89,77	0,00	N-N
SB cmol _c kg ⁻¹	Ciclo curto	38,45	42,74	6,05	54,14	287,92	16,97	44,13	0,04	N-N
	Descartado	20,38	14,45	1,52	58,18	391,86	19,80	97,15	0,09	N
	Fruticultura	18,40	5,47	1,18	61,89	614,95	24,80	134,76	0,00	N-N
	Pastagem	30,19	35,38	8,15	50,40	226,99	15,07	49,91	0,54	N
	Vegetação nativa	29,45	26,27	2,87	71,30	534,71	23,12	78,51	0,39	N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Influências do manejo no COT do solo foram observadas por Maia et al. (2006), que compararam os impactos de sistemas agroflorestais e convencionais sobre a qualidade do solo, comparativamente à caatinga nativa, após cinco anos de uso na região semi árida cearense. Dentre os sistemas estudados (agrossilvipastoril-AGP; silvipastoril-SILV; tradicional cultivado em 1998 e 1999-TR98; tradicional cultivado em 2002-TR02; e cultivo intensivo-CI e duas áreas de mata nativa-MN-1 e MN-2), os tratamentos AGP, TR98 e CI, com maior revolvimento do solo, promoveram a redução nos teores de COT do solo. O sistema AGP foi eficiente na ciclagem de nutrientes, entretanto, o revolvimento do solo e a

concomitante redução do teor de COT, geraram também diminuição na estabilidade de agregados. Os resultados obtidos permitiram, inclusive, recomendar o tratamento SILV para a manutenção da qualidade do solo e produção de alimentos na região do semi árido cearense, ressaltando-se que este sistema preservou 38% da cobertura vegetal original de caatinga.

A atividade biológica do solo, representada pelas taxas de RBS, foi alterada em função do uso do solo, sendo encontradas reduções maiores para os usos F (51%), P (35%) e D (32%), e menores para o C (14 %) (Quadro 19). Por outro lado, observam-se correlações positivas entre a RBS e a SB (Quadro 16), indicando que a atividade microbiana do solo foi estimulada pelos teores de bases trocáveis. Possivelmente, valores de cátions trocáveis do complexo sortivo e condições de pH do solo do uso C, equivalentes ao V, um sistema nativo em equilíbrio, tenham ampliado as condições favoráveis aos microrganismos em tais solos.

O quociente microbiano (q_{Mic}) expressa a relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico total do solo (COT), sendo um índice bastante utilizado para avaliar a dinâmica da matéria orgânica, expressando a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono orgânico do solo, indicando a ocorrência de acúmulo ou perda de carbono do solo (Jenkinson & Ladd, 1981). De acordo com Sampaio et al. (2008), os maiores valores da proporção indicam a maior conversão de COT do solo em carbono da biomassa microbiana. Os usos C e V apresentaram valores de COT, RBS e q_{CO_2} semelhantes, no entanto, os discrepantes valores de q_{Mic} indicam melhor eficiência de utilização do aporte orgânico pelos microrganismos do solo no uso V do que no C. Dentre os usos, aqueles que se caracterizam pelo menor revolvimento do solo, F e D, apresentaram os maiores valores para as variáveis CBM e q_{Mic} , indicando que, nos solos da Classe 3, sob tais usos, a microbiota teve maior participação percentual no carbono de origem orgânica.

Perez et al. (2004) evidenciaram que, em ecossistemas não perturbados, a deposição de resíduos orgânicos mantém estáveis os valores de CBM e q_{MIC} , enquanto que naqueles perturbados por diferentes práticas agrícolas, esses valores são alterados. Neste trabalho, o CBM foi expressivamente maior nas amostras sob a mata, indicando que as condições favoreceram a microbiota como um todo. Vale ressaltar que o carbono de origem microbiana se constitui em reserva de nutrientes prontamente disponíveis

Quadro 18. Medidas estatísticas descritivas dos atributos físicos dos solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS FÍSICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
AREIA %	Ciclo curto	57,17	51,70	47,10	82,70	Z22	12,11	21,18	0,03	N-N
	Descartado	69,87	72,30	50,00	82,56	Z23	10,07	14,41	0,60	N
	Fruticultura	67,50	77,30	29,00	80,60	Z24	18,76	27,80	0,01	N-N
	Pastagem	48,24	55,50	19,90	75,40	Z25	18,90	39,17	0,51	N
	Vegetação nativa	64,02	68,29	27,10	82,40	Z26	17,48	27,30	0,20	N
SILTE %	Ciclo curto	10,67	11,70	0,48	15,75	21,43	4,63	43,38	0,16	N
	Descartado	7,63	8,34	2,37	13,28	10,04	3,17	41,54	0,39	N
	Fruticultura	8,00	5,01	2,29	24,48	55,16	7,43	92,89	0,01	N-N
	Pastagem	14,85	10,06	6,07	28,21	66,14	8,13	54,76	0,05	N-N
	Vegetação nativa	10,21	8,14	1,65	28,21	64,46	8,03	78,62	0,19	N
ARGILA %	Ciclo curto	31,41	35,80	16,76	38,32	61,90	7,87	32,00	0,01	N-N
	Descartado	22,24	19,93	15,07	35,82	56,94	7,55	32,00	0,07	N
	Fruticultura	24,43	19,17	15,02	46,41	133,23	11,54	32,00	0,06	N
	Pastagem	36,49	34,49	17,95	52,41	126,96	11,27	32,00	0,82	N
	Vegetação nativa	26,55	25,66	15,79	44,71	96,76	9,84	32,00	0,41	N
Umidade da amostra - UA %	Ciclo curto	4,42	3,20	0,82	15,91	19,62	4,43	100,20	0,00	N-N
	Descartado	4,08	2,83	1,27	9,24	8,04	2,84	69,50	0,09	N
	Fruticultura	5,75	3,26	0,87	15,09	31,04	5,57	96,94	0,05	N-N
	Pastagem	6,89	4,26	1,94	17,10	27,88	5,28	76,68	0,11	N
	Vegetação nativa	5,25	5,33	0,74	10,01	11,95	3,46	65,80	0,33	N
Umidade da Capacidade de Campo %	Ciclo curto	8,32	7,64	4,33	14,85	9,41	3,07	36,90	0,27	N
	Descartado	8,88	8,11	0,75	15,39	16,16	4,02	45,28	0,46	N
	Fruticultura	10,43	10,20	4,42	18,49	26,08	5,11	48,98	0,59	N
	Pastagem	10,47	8,47	7,32	17,31	13,89	3,73	35,59	0,02	N-N
	Vegetação nativa	12,59	13,37	2,82	22,51	40,33	6,35	50,43	0,87	N
Densidade das Partículas - Dp g cm ⁻³	Ciclo curto	2,58	2,56	2,47	2,67	0,00	0,06	2,41	0,08	N
	Descartado	2,53	2,50	2,38	2,74	0,02	0,14	5,73	0,06	N
	Fruticultura	2,53	2,50	2,44	2,70	0,01	0,08	3,09	0,03	N-N
	Pastagem	2,63	2,67	2,44	2,90	0,02	0,15	5,54	0,65	N
	Vegetação nativa	2,63	2,60	2,50	2,82	0,02	0,13	4,89	0,07	N
Densidade do solo - Ds g cm ⁻³	Ciclo curto	1,24	1,22	1,12	1,53	0,01	0,12	9,84	0,03	N-N
	Descartado	1,37	1,32	1,22	1,66	0,02	0,15	11,22	0,01	N-N
	Fruticultura	1,37	1,33	1,19	1,62	0,04	0,19	13,73	0,06	N
	Pastagem	1,18	1,22	1,00	1,25	0,01	0,08	7,19	0,04	N-N
	Vegetação nativa	1,27	1,29	1,10	1,48	0,01	0,10	8,06	0,40	N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W - teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

para as plantas e que o CO não é necessariamente tão facilmente decomponível quanto o de origem microbiana, a contribuição com adições periódicas de resíduos é estritamente necessária para manter a qualidade do solo e o equilíbrio do agroecossistema introduzido.

Correlações negativas entre a CE_{es} e as variáveis CBM e $qMIC$ (Quadro 16) indicam que, mesmo pequeno, o aumento da salinidade prejudicou a microbiota do solo. Comparados ao V, os usos D, C e P, os quais se caracterizam por receberem aplicações excessivas de água e, ou adubos químicos, apresentaram aumentos dos níveis de salinidade (Quadro 17) que, não somente prejudicou as populações microbianas, como também reduziu a eficiência metabólica da microbiota do solo, que trazem reflexos para a reciclagem de nutrientes e acúmulo de C no solo. O interesse por parte de pesquisadores em esclarecer o caráter e a magnitude dos efeitos da salinidade sobre os microrganismos do solo tem aumentado nos últimos anos [Yano-Melo et al. (2003); Asghari et al. (2005); Mercante et al. (2005); Saint-Etienne et al. (2006); Medeiros et al. (2008); Silva et al. (2008); Pôrto et al. (2009)].

Pôrto et al. (2009) avaliaram a qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico, submetido a diferentes sistemas de uso em Areia-PB, pelo estudo dos seus atributos biológicos, onde os sistemas de cultivo com fruticultura, cana-de-açúcar, sucessão de cultivos, pastagem e consórcio de culturas foram comparados com áreas de mata nativa. Os resultados obtidos indicaram que as áreas sob gramíneas apresentaram uma tendência de manutenção do COT e menores reduções no CBM, entretanto, apresentaram elevados valores de qCO_2 , indicando a ocorrência de um processo degradativo. A área sob fruticultura apresentou leves reduções no COT e CBM e baixos valores de qCO_2 , indicando que esse sistema pode estar se ajustando a um novo estado de equilíbrio. As áreas sob sucessão de cultivos e consórcio de culturas apresentaram as maiores reduções no COT e CBM e elevados valores de qCO_2 , demonstrando um elevado estágio de degradação desses sistemas. Pode-se concluir que todos os sistemas agrícolas estudados promoveram perda de qualidade do solo, sendo esse fato mais pronunciado nas áreas sob manejo mais intensivo. O CBM e qCO_2 mostraram-se bastantes sensíveis às alterações decorrentes do uso agrícola do solo, apresentando grande potencial para estudos de sua qualidade.

Quadro 19. Medidas estatísticas descritivas dos atributos biológicos dos solos com teores de argila acima de 12% (Classe 3) correspondentes aos estratos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V)

VARIÁVEIS BIOLÓGICAS	USO	Análise descritiva								
		M	Md	Min	Max	s ²	s	CV	S-W(p)	FN (0,05)
Respiração basal - RBS mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo hora ⁻¹	Ciclo curto	1,56	1,31	1,06	3,09	0,40	0,63	40,60	0,01	N-N
	Descartado	1,23	1,23	0,48	2,13	0,22	0,47	38,07	0,83	N
	Fruticultura	0,89	0,89	0,09	1,69	0,32	0,56	63,35	0,65	N
	Pastagem	1,19	1,09	0,22	2,72	0,47	0,68	57,42	0,16	N
	Vegetação nativa	1,82	2,07	0,26	3,09	1,28	1,13	62,25	0,05	N
Carbono da biomassa microbiana - CBM mg de C-CBM kg ⁻¹ solo seco	Ciclo curto	223,10	186,73	64,61	508,32	18100,24	134,54	60,30	0,27	N
	Descartado	392,40	416,62	59,62	680,46	39322,57	198,30	50,53	0,88	N
	Fruticultura	247,87	222,71	41,99	555,44	27722,38	166,50	67,17	0,45	N
	Pastagem	180,04	127,99	43,08	538,52	25350,16	159,22	88,43	0,03	N-N
	Vegetação nativa	524,20	344,20	15,73	1157,14	171768,89	414,45	79,06	0,14	N
Quociente metabólico - qCO ₂ mg C-CO ₂ mg ⁻¹ C-CBM h ⁻¹	Ciclo curto	0,26	0,17	0,05	0,65	0,05	0,22	84,25	0,07	N
	Descartado	0,10	0,07	0,04	0,34	0,01	0,09	86,10	0,00	N-N
	Fruticultura	0,11	0,07	0,02	0,26	0,01	0,09	78,95	0,13	N
	Pastagem	0,26	0,20	0,04	0,61	0,04	0,20	79,01	0,22	N
	Vegetação nativa	0,25	0,07	0,03	1,70	0,26	0,51	204,08	0,00	N-N
Carbono orgânico total do solo - COT dag kg ⁻¹	Ciclo curto	0,94	0,94	0,57	1,39	0,05	0,22	23,09	0,40	N
	Descartado	0,81	0,81	0,36	1,18	0,07	0,27	33,68	0,72	N
	Fruticultura	0,97	0,99	0,40	1,51	0,16	0,40	41,19	0,54	N
	Pastagem	0,99	1,03	0,52	1,34	0,06	0,24	24,65	0,59	N
	Vegetação nativa	1,13	0,76	0,37	2,87	0,75	0,87	76,83	0,02	N-N
Quociente microbiano - qMIC %	Ciclo curto	2,34	1,94	0,66	3,67	1,18	1,08	23,09	0,27	N
	Descartado	6,16	3,95	0,71	16,53	28,63	5,35	33,68	0,05	N-N
	Fruticultura	3,46	1,74	0,53	13,83	18,73	4,33	41,19	0,00	N-N
	Pastagem	1,87	1,39	0,40	5,75	2,72	1,65	24,65	0,02	N-N
	Vegetação nativa	5,02	4,86	0,15	8,93	6,23	2,50	76,83	0,86	N
Estoque de carbono microbiano - ECBM g ha ⁻¹	Ciclo curto	0,28	0,24	0,08	0,78	0,04	0,21	72,33	0,03	N-N
	Descartado	0,53	0,55	0,08	0,89	0,06	0,25	47,21	0,81	N
	Fruticultura	0,34	0,28	0,06	0,89	0,07	0,26	75,52	0,08	N
	Pastagem	0,20	0,16	0,05	0,54	0,02	0,16	78,25	0,09	N
	Vegetação nativa	0,65	0,45	0,02	1,51	0,24	0,49	75,91	0,36	N
Estoque de carbono do solo - EC t ha ⁻¹	Ciclo curto	11,83	11,06	6,52	21,14	16,03	4,00	33,85	0,07	N
	Descartado	11,15	11,80	4,43	15,65	14,92	3,86	34,65	0,39	N
	Fruticultura	13,18	13,12	6,46	24,46	33,02	5,75	43,59	0,52	N
	Pastagem	11,54	12,51	6,53	14,74	7,04	2,65	23,00	0,15	N
	Vegetação nativa	14,02	9,84	4,78	37,72	111,41	10,56	75,30	0,02	N-N

M – média; Md – mediana; Min – valor mínimo; Max – valor máximo; s – desvio padrão; s² – variância; CV – coeficiente de variação; S-W – teste de Shapiro-Wilk; N – atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); N-N – não atende a distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05).

Os autovalores, as percentagens das variâncias associadas aos CPs gerados e as percentagens das variâncias acumuladas para os solos com teores de argila superiores a 12% são apresentados no Quadro 20. Observa-se que o CP1 e CP2 explicam 48,61% e 33,01% da variação dos dados, respectivamente, totalizando juntos 81,62% da variação total encontrada. Nesta Classe de solos, os *loadings* das variáveis analisadas (Quadro 21) mostraram que o CP1 está mais associado às variáveis físicas, enquanto para as químicas e biológicas há uma alternância entre o CP1 e o CP2.

Quadro 20. Autovalores e variâncias dos componentes principais obtidos com os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos com teores de argila superiores a 15% (Classe 3)

Componentes principais	Autovalor	% variância total	Autovalor cumulativo	% Cumulativa
CP1	13,12	48,61	13,12	48,61
CP2	8,91	33,01	22,04	81,62
CP3	3,08	11,42	25,12	93,04
CP4	1,88	6,96	27,00	100,00

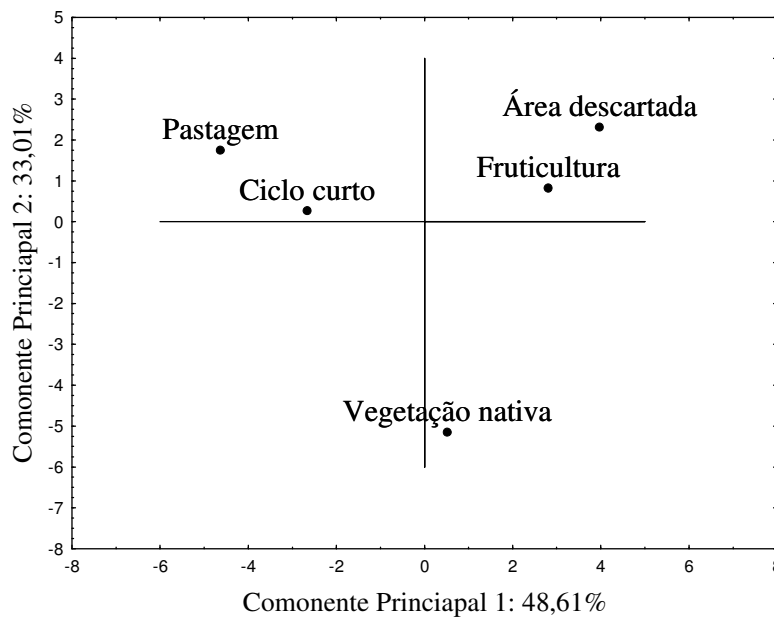
Com exceção da umidade do solo (UA), todas as variáveis estudadas apresentaram altas correlações com o CP1 ou CP2 (altos *loadings*), mostrando-se, desta forma, fortemente discriminantes dos cinco usos estudados (Quadro 21). A maioria dos atributos físicos se correlacionou negativamente com o CP1, enquanto os químicos e os biológicos, parte se correlacionou com CP1 e parte com CP2. O gráfico bidimensional que representa as variáveis químicas, biológicas e físicas dos usos dos solos da Classe 3 do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes está apresentado na Figura 7.

Correlações positivas com o CP1 aproximaram os usos F e D em virtude de atributos cujos valores médios foram semelhantes entre eles e distintos dos demais usos, afastando-os para uma posição mais a direita do gráfico (Figura 7). A relação de proximidade entre os usos F e D, revelada pelos valores médios das variáveis analisadas e já comentadas anteriormente, mais uma vez se expressa nos resultados da ACP, revelando, inclusive, que os maiores valores de PST e qMic e a proporção granulométrica dos solos sob tais usos foram os principais responsáveis por esta proximidade.

Quadro 21. Correlações das variáveis analisadas com as componentes principais (CPs) obtidas das variáveis químicas, físicos e biológicas dos solos com teores de argila acima de 12% (Classe 3)

Variáveis	CP1	CP2
pH do solo – pH _{H2O}	<u>-0,953</u>	-0,287
pH do extrato – pH _{es}	<u>-0,858</u>	-0,260
Condutividade elétrica do extrato - CE _{es}	-0,646	<u>0,709</u>
Potássio solúvel – K sol	0,150	<u>0,919</u>
Sódio solúvel – Na sol	0,448	<u>-0,804</u>
Cálcio trocável – Ca	<u>-0,833</u>	-0,143
Magnésio trocável – Mg	0,027	<u>-0,850</u>
Potássio trocável – K	<u>-0,914</u>	0,275
Sódio trocável – Na	0,509	<u>-0,770</u>
Fósforo disponível – P	-0,038	<u>0,960</u>
Capacidade de troca de cátions – CTC	<u>-0,770</u>	-0,393
Porcentagem de sódio trocável – PST	<u>0,896</u>	0,248
Soma de bases trocáveis – SB	<u>-0,802</u>	-0,271
Respiração basal – RBS	-0,261	<u>-0,771</u>
Carbono da biomassa – CBM	0,532	<u>-0,715</u>
Quociente metabólico – qCO ₂	<u>-0,868</u>	-0,468
Carbono orgânico total do solo – COT	-0,329	<u>-0,855</u>
Quociente microbiano – qMic	<u>0,837</u>	-0,226
Estoque de carbono da biomassa – ECBM	0,639	<u>-0,646</u>
Estoque de carbono do solo – EC	0,203	<u>-0,847</u>
Porcentagem de areia do solo – AREIA%	<u>0,980</u>	-0,125
Porcentagem de silte do solo – SILTE%	<u>-0,938</u>	0,013
Porcentagem de argila do solo – ARGILA%	<u>-0,988</u>	0,102
Umidade do solo – UA	-0,534	0,025
Umidade na capacidade de campo – CC	0,015	<u>-0,764</u>
Densidade das partículas do solo – Dp	<u>-0,777</u>	-0,520
Densidade do solo – Ds	<u>0,970</u>	0,152

Os valores encontrados para a porcentagem de sódio trocável (PST) dos solos sob os usos F e D já indicam o início do processo de degradação pela sodificação. A PST é a variável que representa a proporção de Na presente no complexo sortivo do solo (CTC), sendo usada como critério de classificação de solos afetados por sais e cujo valor é indicativo de sodicidade. Considerando o limite de 15% de PST estabelecido por Richards (1954), acima do qual a estrutura do solo é severamente afetada, os valores médios da PST nos solos sob os usos F (3,93%) e D (4,37%) foram baixos, porém maiores que os encontrados para os solos do uso V (2,34%) (Quadro 17), observando-se aumentos de 25% (F) e 87% (D) na PST nestes usos em relação ao V.



Scores dos usos – solos arenosos

USOS	CP1	CP2
C	-0,735	0,090
D	1,097	0,774
F	0,775	0,275
P	-1,279	0,586
V	0,143	-1,725

com teores de argila superiores a descartada (D), fruticultura (F), iponentes principais obtidos com

Os limites de referência estabelecidos pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, na década de 50, não consideraram critérios como tipo de solo, cobertura e manejo do solo e da água adotados e, portanto, podem não ser adequados aos solos do semi árido do Brasil, pois valores de PST bem inferiores aos 15% preconizados por Richards (1954) já foram suficientes para reduzir a condutividade hidráulica de solos e torná-los inaptos para a irrigação e descartados do processo produtivo (Freire et al., 2003). Segundo estes autores, o risco de sodicidade das águas de irrigação pode ser estimado associando-se a percentagem de sódio trocável (PST) com a razão de adsorção de sódio (RAS). Para comprovar esta hipótese, eles avaliaram o risco de sodificação em solos irrigados com águas salinas por meio de um ensaio realizado em permeâmetros de coluna vertical e carga constante, no qual soluções de diferentes CE e RAS foram percoladas em amostras de solos de diferentes texturas. Em ocasião do término do ensaio, determinaram-se o Na trocável e a CTC das amostras e calculadas a RST e a PST das amostras. Com base nesses resultados, foram ajustadas equações relacionando-se a RST e a PST do solo com a CE e a RAS das soluções percolantes, as quais mostraram que os incrementos de CE e RAS elevaram a RST e a PST, indicando saturação crescente de Na em todos os solos estudados. No entanto, o comportamento dos solos foi diferenciado em relação à saturação por sódio, para os tratamentos aplicados.

Os resultados demonstram que a correta avaliação dos riscos de sodificação deve levar em consideração as propriedades do solo e a qualidade da água de irrigação. Este trabalho demonstra a necessidade de estudos sobre a relação entre RAS da água da irrigação e PST do solo, bem como conhecer o comportamento de cada tipo de solo no processo de sodificação,

para uma correta estimativa da RST e PST resultante do uso de águas salinas na agricultura irrigada.

Os usos P e C, apesar de apresentarem semelhança quanto aos valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, qCO_2 , K trocável e teor de silte e argila, variáveis que se correlacionaram negativamente com CP1, as quais os colocaram mais a esquerda no gráfico, esses usos sofreram a influência de outros *loadings* também significativos que promoveram seus distanciamentos (Quadro 21).

Observa-se que o uso V, por exemplo, distanciou-se do uso C, com quem apresentava aspectos em comum, evidenciados anteriormente por medidas descritivas. Nota-se que este afastamento deveu-se, principalmente, aos altos valores de Na solúvel, teores de cátions trocáveis, especialmente Mg e Na no uso V, bem como foi melhor seu desempenho biológicos, especialmente nos atributos RBS e CBM. Curiosamente, os resultados para o Na solúvel não implicaram em aumentos da CE_{es} , nem prejudicaram a atividade biológica do solo no uso V. Deste modo, fica evidenciado que a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas, em função dos padrões característicos das culturas introduzidas (ciclo de vida, ambiente rizosférico, produção e deposição de material vegetal sobre e dentro do solo) e de suas exigências específicas (manejo do solo, adubação e correção do solo, irrigação, podas, entre outras), produzem perturbações que promovem alterações distintas dos atributos químicos, físicos e biológicos dos solos de um sistema anteriormente em equilíbrio.

Trabalhos com solos do semi árido pernambucano realizados por Araújo Filho et al. (2000), Oliveira (2007) e Oliveira et al. (2009) demonstraram que os teores de Ca e Mg trocáveis apresentaram valores bem elevados em relação aos demais cátions analisados, resultados que corroboram os encontrados nos solos sob vegetação nativa do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes. Em tais trabalhos, o sódio também teve valores similares aos encontrados no presente estudo, sendo aqueles resultados atribuídos a presença de minerais primários, principalmente plagioclásios e micas, das frações areia e silte desses solos. De acordo com Ribeiro et al. (2009), rochas com predomínios de feldspatos, como a albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) podem ser fontes potenciais de Na ao sistema solo durante o processo de intemperismo, assim como a anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) é fonte de Ca e microlina e ortoclásio (KAlSi_3O_8) são fontes de K.

Variáveis que apresentaram altas correlações positivas, tanto com o CP1 quanto com o CP2, influenciaram a localização do uso P mais a esquerda e acima no gráfico, implicando em seu distanciamento dos demais (Figura 7). Neste sentido, as variáveis de maior importância foram CE_{es} , K solúvel, P disponível, percentagem de sódio trocável – PST, quociente microbiano – qMic , percentagem de areia e Dp. Dentre estas, os elevados valores de P disponível nos lotes sob o uso P foi um dos fatores que mais contribuiu para o seu

afastamento dos demais usos. É comum a ocorrência de elevados valores de fósforo em sistemas agrícolas, em virtude da aplicação de adubos fosfatados, especialmente quando se trata de solos com maiores teores de argila, como os retratados neste estudo, visto que o teor de argila atua na fixação do fósforo adicionado.

O agrupamento dos usos estudados no Perímetro Irrigado Icó-Mandantes, com base nos atributos químicos, físicos e biológicos analisados nos solos da Classe 3 (teores de argila superiores a 15%) foi apresentado na Figura 8.

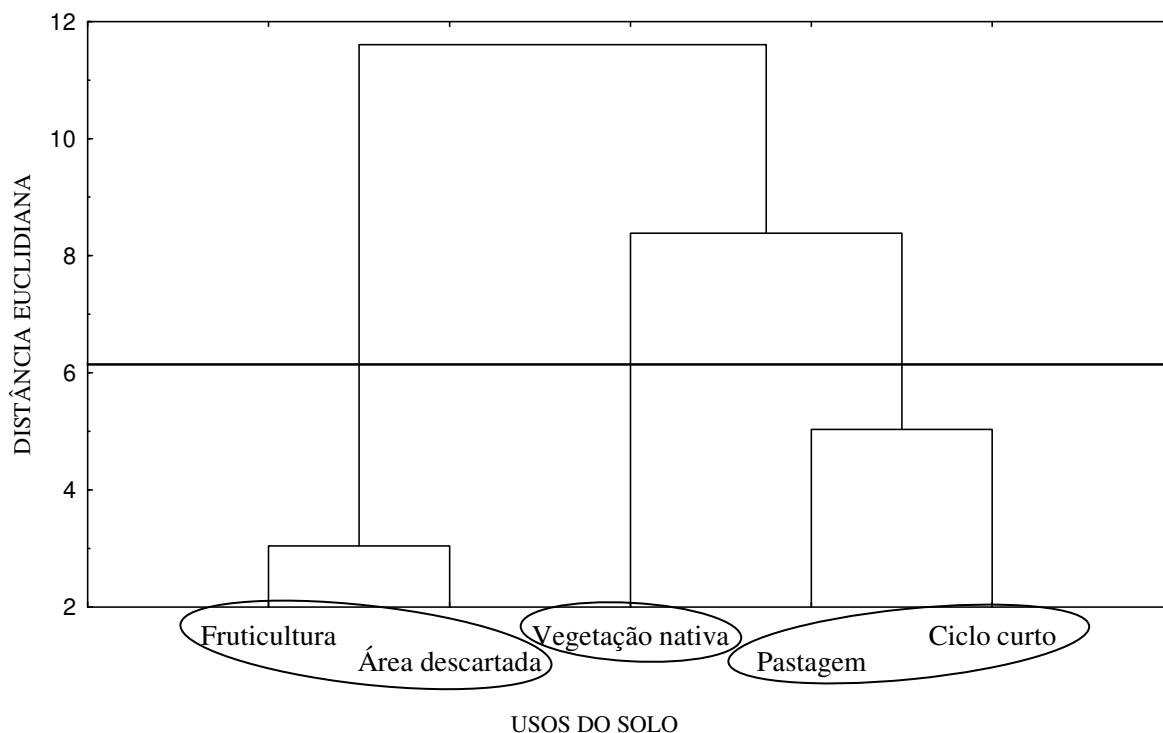


Figura 8. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos nos solos com teores de argila acima de 15% (Classe 3), utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento.

Este tipo de agrupamento auxiliou na interpretação dos resultados encontrados pela análise descritiva e ACP, com contribuições visuais suficientes para demonstrar a maior similaridade entre os usos estudados. Considerando a linha de corte, observou-se a formação de três grupos distintos. Os solos dos usos P e C apresentaram forte semelhança entre si e compuseram o primeiro grupo, cujas características marcantes foram os altos valores de CE_{es} , teores de cátions trocáveis e PST, baixo desempenho da microbiota, menor capacidade de manter estoques de C no solo, sendo, portanto, um grupo muito prejudicado pela atividade agrícola do perímetro.

O uso V formou um grupo distinto, sem nenhuma similaridade com os demais, em virtude de suas melhores condições químicas e físicas, que favoreceram uma maior atividade

microbiana (Figura 9). Da mesma forma, os usos F e D se agruparam, formando um terceiro grupo com menores teores de cátions trocáveis, desempenho da microbiota do solo intermediário entre os grupos 1 e 2, porém com maior prejuízo aos atributos físicos pela maior perda de argila, possivelmente devido aos maiores valores de PST dos solos sob tais usos.

4.4. Análise conjunta das classes de solos

Os autovalores, as percentagens das variâncias associadas aos CPs gerados e as percentagens das variâncias acumuladas para os solos das classes 1, 2 e 3 são apresentados no Quadro 22.

Quadro 22. Autovalores e variâncias dos componentes principais obtidos das variáveis químicas, físicas e biológicas dos solos das três classes de solos estudados (1-teor de argila inferior a 9%, 2-teor de argila entre 9 e 15% e 3-teor de argila superior a 15%)

Componentes principais	Autovalor	% Variância total	Autovalor cumulativo	% Cumulativa
CP1	13,207	48,916	13,207	48,92
CP2	4,662	17,266	17,869	66,18
CP3	2,626	9,725	20,495	75,91
CP4	1,847	6,839	22,341	82,75
CP5	1,403	5,197	23,744	87,94
CP6	0,971	3,595	24,715	91,54
CP7	0,690	2,557	25,405	94,09
CP8	0,616	2,282	26,021	96,38
CP9	0,381	1,412	26,403	97,79
CP10	0,211	0,782	26,614	98,57
CP11	0,169	0,627	26,783	99,20
CP12	0,135	0,499	26,918	99,70
CP13	0,049	0,180	26,967	99,88
CP14	0,033	0,123	27,000	100,00

Com a análise conjunta dos dados das três classes de solos estudados do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes observou-se que o CP1 explica 48,90%, o CP2, 17,27% e o CP3, 9,72% da variação dos dados, respectivamente, totalizando 75,91% da variação total encontrada. Pelos *loadings*, verificou-se que o CP1 está mais associado ao grupo das variáveis químicas e físicas, enquanto que algumas biológicas se correlacionaram com o CP2 ou CP3 (Quadro 23).

O gráfico tridimensional que representa as variáveis químicas, físicas e biológicas das classes de solos estudadas está apresentado na Figura 9. Com exceção do K solúvel, teor de areia e Ds, as demais variáveis químicas e físicas estudadas apresentaram correlações altas e positivas com o CP1 (altos *loadings*). Portanto, maiores valores para os atributos químicos e físicos foram observados nos usos que se encontram mais a direita do gráfico. O CP2 apresentou correlações negativas com a condutividade elétrica do extrato de pasta saturada (CE_{es}) e positivas com os atributos biológicos carbono da biomassa microbiana – CBM, carbono orgânico do solo – COT, quociente metabólico – qMIC, estoque de carbono da

biomassa – ECBM e estoque de carbono do solo – EC, indicando que aqueles usos que se encontraram mais a esquerda no gráfico, apresentaram menor salinidade e melhor desempenho dos atributos biológicos que aqueles que se encontram mais a direita.

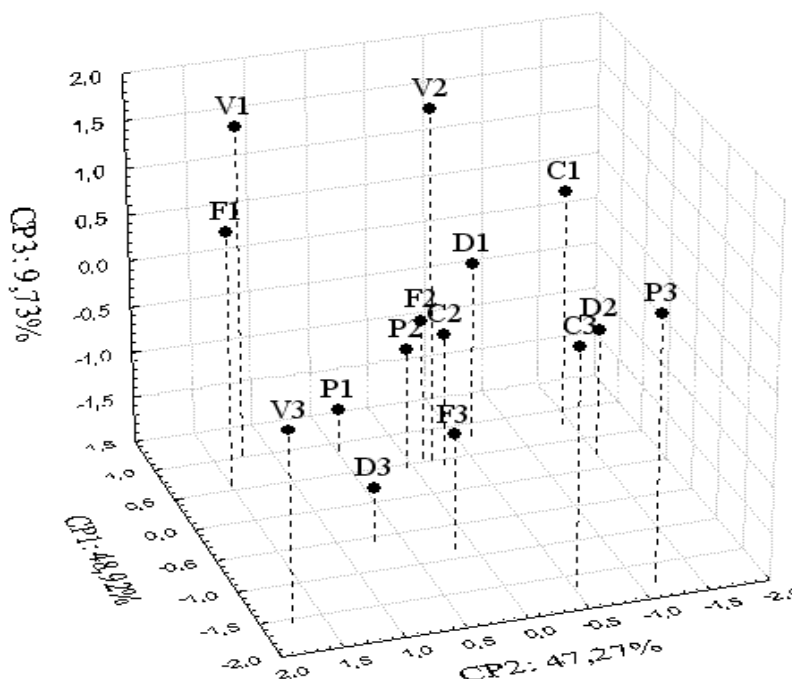
Quadro 23. Correlações das variáveis com os componentes principais (CPs) obtidos dos atributos químicos, físicos e biológicos das três classes de solos estudados (1-teor de argila inferior a 9%, 2-teor de argila entre 9 e 15% e 3-teor de argila superior a 15%)

Variáveis analisadas	CP1	CP2	CP3
pH do extrato – pHes	<u>-0,888</u>	-0,043	-0,058
pH do extrato – pHes	<u>-0,683</u>	-0,286	-0,369
Condutividade elétrica do extrato - CE _{es}	-0,262	<u>-0,681</u>	-0,402
Potássio solúvel – K sol	<u>0,706</u>	-0,536	-0,269
Sódio solúvel – Na sol	<u>-0,629</u>	0,319	-0,438
Cálcio trocável – Ca	<u>-0,952</u>	-0,037	0,056
Magnésio trocável – Mg	<u>-0,948</u>	0,159	-0,102
Potássio trocável – K	<u>-0,889</u>	-0,299	0,030
Sódio trocável – Na	<u>-0,869</u>	0,155	-0,275
Fósforo disponível – P	-0,288	-0,469	-0,393
Capacidade de troca de cátions – CTC	<u>-0,971</u>	-0,009	0,030
Porcentagem de sódio trocável – PST	0,082	0,111	-0,314
Soma de bases trocáveis – SB	<u>-0,974</u>	0,010	0,028
Respiração basal – RBS	-0,298	0,508	0,566
Carbono da biomassa – CBM	-0,131	<u>0,868</u>	-0,256
Quociente metabólico – qCO ₂	-0,293	-0,430	<u>0,618</u>
Carbono orgânico total do solo – COT	-0,479	<u>0,617</u>	0,284
Quociente microbiano – qMIC	0,294	0,540	<u>-0,608</u>
Estoque de carbono da biomassa – ECBM	0,190	<u>0,868</u>	-0,265
Estoque de carbono do solo – EC	-0,078	<u>0,671</u>	0,313
Teor de areia do solo – AREIA%	<u>0,973</u>	0,092	-0,050
Teor de silte do solo – SILTE%	<u>-0,942</u>	-0,127	0,062
Teor de argila do solo – ARGILA%	<u>-0,981</u>	-0,066	0,038
Umidade do solo – UA	<u>-0,816</u>	-0,254	-0,204
Umidade na capacidade de campo – CC	<u>-0,827</u>	0,309	0,079
Densidade das partículas do solo – Dp	-0,084	-0,291	0,523
Densidade do solo – Ds	<u>0,978</u>	-0,080	0,013

Observa-se neste gráfico que os solos sob usos C, D e P tenderam a apresentar maior acúmulo de sais que o uso F. Estes resultados se devem, provavelmente, ao manejo da irrigação que, no caso do uso F, caracteriza-se pela aplicação localizada de água em menores lâminas, enquanto que nos usos C, D e P é feita de forma indiscriminada, por aspersores de grande capacidade de vazão, onde, inclusive, observa-se grande desperdício de água.

Nota-se que solos com maior teor de argila (classe 3) suportaram melhor as perturbações causadas pela introdução da agricultura irrigada nos diferentes usos, com valores

de atributos químicos e físicos mais estáveis e melhor desempenho dos atributos biológicos do solo, quando comparados às classe 1 e 2, de menores teores de argila.



Scores dos solos – Classes 1, 2 e 3.

USO	CP1	CP2	CP3
C1	0,788	-1,427	0,568
D1	0,821	-0,651	-0,089
F1	0,596	1,485	0,754
P1	0,892	0,467	-1,549
V1	1,047	1,245	1,561
C2	0,427	-0,262	-0,552
D2	0,236	-1,500	-0,607
F2	0,587	-0,131	-0,475
P2	0,469	0,040	-0,686
V2	0,541	-0,191	1,798
C3	-1,665	-0,539	0,561
D3	-0,557	0,704	-1,428
F3	-0,863	0,160	-0,758
P3	-1,767	-1,149	0,856
V3	-1,553	1,750	0,046

Figura 9. Representação gráfica dos *scores* dos solos com teores de argila abaixo de 8% (Classe 1), entre 9 e 15% (Classe 2) e superiores a 15% (Classe 3) referentes aos usos ciclo curto (C), área descartada (D), fruticultura (F), pastagem (P) e vegetação nativa (V) nos dois primeiros componentes principais obtidos com as variáveis químicas, físicas e biológicas.

Geralmente, as práticas de manejo têm maior impacto sobre as propriedades físicas de solos arenosos do que de solos argilosos, especialmente em solos menos intemperizados com elevadas proporções de areia fina e silte. Costa et al. (2003) avaliaram o efeito de longo prazo (21 anos) dos sistemas de preparo convencional (PC) e plantio direto (PD) sobre propriedades físicas da camada de 0-0,2 m de um Latossolo Bruno alumínico câmbico (629 g kg⁻¹ de argila), em Guarapuava (PR), tendo como referência uma área sob mata nativa, contígua ao experimento. Estes autores observaram que o cultivo do solo em PC resultou no aumento da densidade do solo (Ds), na resistência do solo à penetração (RP) e na diminuição do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG). Porém, o PC e o PD não se diferenciaram quanto aos seus efeitos na porosidade do solo (total, macro e micro), na condutividade hidráulica em meio saturado, na resistência do solo à penetração e no grau de flocculação de argila. No entanto, estes autores constataram que a adoção do sistema PD promoveu significativa

melhoria nas propriedades físicas do solo em comparação ao PC e aumentou o rendimento das culturas de soja e milho, devido, possivelmente, à melhoria na qualidade física do solo.

As similaridades entre os usos estudados, sob aspectos químicos, físicos e biológicos das classes 1, 2 e 3 são apresentadas pela análise de agrupamento em forma de dendograma (Figura 10), cuja linha de corte definiu dois grupos distintos. Pelos agrupamentos formados, verificou-se similaridade entre os solos das classes 1 e 2, para todos os usos estudados, enquanto que os solos da classe 3 formaram outro grupo distinto, comprovando os resultados encontrados na ACP (Figura 9).

Observa-se que a análise de agrupamento não resultou em separação por uso, confirmando-se que a composição granulométrica do solo é um fator que deve ser considerado na seleção de práticas de manejo do solo e da água de irrigação, e, desta forma, coloca as classes 1 e 2, de solos mais arenosos, em condições menos sustentáveis do que a classe 3, de solos com maiores teores de argila.

Portanto, fica evidenciado que práticas de manejo que envolvam o uso intensivo do solo podem gerar alteração dos seus atributos químicos, físicos e biológicos e comprometer a qualidade dos solos sob sistemas irrigados, cujos impactos dependerão do tipo de solo considerado. Deve-se considerar, também, a susceptibilidade à degradação de solos desenvolvidos sob clima semi árido, menos intemperizados e com predominância das frações areia e silte, como os deste estudo. A composição granulométrica destes solos, com baixos teores de argila, sendo esta predominantemente de elevada atividade, além dos elevados valores de pH observados, acarreta problemas de dispersão de colóides que promovem limitações na condutividade hidráulica (Freire et al., 2003), limitando seu uso na agricultura irrigada.

O manejo equilibrado de solos no semi árido demanda cuidados mais intensivos no que se refere ao uso do solo e da água, evitando a degradação de solos quimicamente ricos, com elevado potencial agrícola e possibilitando o uso sustentável de extensas áreas em agroecossistema irrigado. Maia et al.(2006) relataram os benefícios gerados pelos sistemas agroflorestais ao ecossistema Caaatinga, chamando a atenção para aquele que preservou 38% da vegetação natural (caatinga nativa), e que associado com pastagem e criação de ovinos, promoveram comprovada melhoria da qualidade dos solos, após cinco anos de seu uso na região semi-árida cearense.

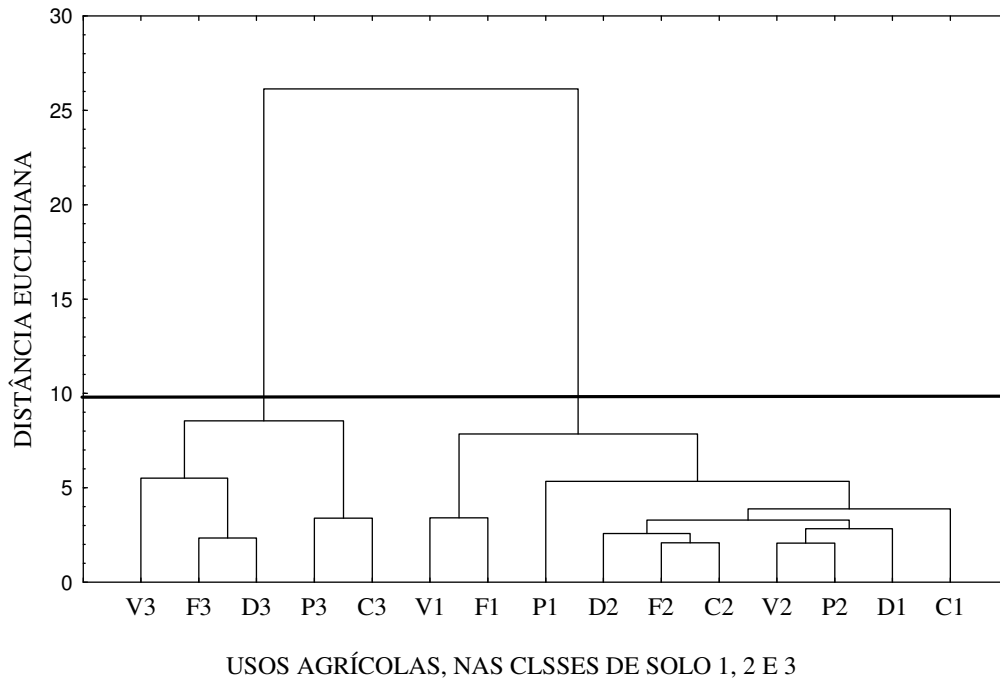


Figura 10. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos cinco usos nos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes, utilizando-se a distância euclidiana como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD como método de agrupamento. C = ciclo curto; D = área descartada; F = Fruticultura; P = pastagem; V = vegetação nativa. 1-teor de argila inferior a 9%, 2-teor de argila entre 9 e 15% e 3-teor de argila superior a 15%.

5. CONCLUSÕES

- Os valores médios dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos do Perímetro Irrigado Icó-Mandantes apresentaram variações de acordo com os diferentes usos estudados;
- Os usos estudados alteraram o conteúdo de matéria orgânica do solo, de argila, e da densidade do solo, promovendo alterações na atividade microbiana em todos os solos estudados, sendo este efeito mais evidente no cultivo de ciclo curto e em áreas descartadas;
- Os níveis de salinidade foram maiores no uso C, que implicaram na redução da atividade e do carbono da biomassa microbiana neste uso, nas três classes de solos estudadas;
- Os solos das classes texturais estudadas responderam diferentemente aos usos e manejos aplicados, quanto aos atributos químicos, biológicos e físicos avaliados, de forma que, por semelhança, os solos com teores de argila abaixo de 9%, o uso F formou grupo com V, assim como os usos C se agrupou com e D, enquanto o P se diferenciou dos demais; Já os solos com teores de argila entre de 9% e 15%, os usos P, C e D tiveram maior semelhança, enquanto o F e o V ficaram em grupos isolados e diferentes dos demais; Por fim, nos solos com teores de argila acima de 15%, os usos F e D foram se agruparam, assim como o P e o C, enquanto o V formou um grupo isolado dos demais;
- A análise de agrupamento das três classes texturais mostrou que os solos com teores de argila abaixo de 9% e aqueles com valores entre 9 e 15% formaram um mesmo grupo distinto daquele constituído pela classe dos solos com teores de argila acima de 15%;
- Os atributos mais discriminantes dos usos estudados foram: químicas – condutividade elétrica do extrato de pasta saturada – CEes, K e Na solúveis, percentagem de sódio solúvel – PST e SB; biológicas – respiração basal – RBS, quociente metabólico – qCO_2 ; físicas – %areia e %argila do solo e densidade do solo – Dp;

- Os atributos biológicos sofreram mais os efeitos do manejo dos solos, de forma que, usos mais impactantes, como o cultivo de ciclo curto, prejudicam mais os atributos biológicos do que os químicos ou físicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-NETTO, A.de O.; GOMES, C.C.S.; LINS, C.C.V.; BARROS, A.C.; CAMPECHE, L.F. de S.M.; BLANCO, F.F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.6, p.1640-1645, 2007.

ALBUQUEQUE, M. A. Estabilidade em análise de agrupamento. 2005. 64 f. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, p. 576, 1995.

ANDRADE, J.B. de; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R.A.; OTSUK, I.P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M.G. de A. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para a alimentação animal. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.40, p. 287-296, 2003.

ANJOS, J. T. ; UBERTI A. A. A.; VIZZOTTO V. J. ; LEITE G. B.; KRIEGER M.: Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.139-145, 1994.

ARAÚJO FILHO, J.C.; BURGOS, N.; LOPES, O.F.; SILVA, F.H.B.B.; MEDEIROS, L.A.R.; MELO FILHO, H.F.R.; PARAHYBA, R.B.V.; CAVALCANTI, A.C.; OLIVEIRA NETO, M.B.; RODRIGUES E SILVA, F.B.; LEITE, A.P.; SANTOS, J.C.P.; SOUSA NETO, N.C.; SILVA, A.B.; LUZ, L.R.Q.P.; LIMA, P.C.; REIS, R.M.G. & BARROS, A.H.C. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 378p. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa, 11).

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. Uberlândia. *Bioscience Journal*, v.23(3), p. 66-75, 2007.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.425-435, 2005.

- ASGHARI, H. R.; MARSCHNER, P.; SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Growth response of *Atriplex nummularia* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. *Plant and Soil*, v:273, p.245-256, 2005.
- BARBER, R. G.; ORELLANA, M.; NAVARRO, F.; DIAZ, O.; SORUCO, M. A. Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia. *Soil and Tillage Research*, Madison, v.38, p.133-152, 1996.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. A. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.715-724, 2005.
- BARROSO, P. A. V.; MOURA, G. E. D. D.; BRITO, L. K. F.; MARTINS, C. P.; MACEDO, C. E. C.; LOPES, D. B. & ALOUFA, M. A. I. Efeito do cultivo in vitro na presença de NaCl em plantas de abacaxizeiro na fase de aclimatização. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.3, p.473-477, 2003.
- BASTIDA, F.; ZSOLNAY, A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*, v.147, p. 159–171, 2008.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, p. 7-16, 2008.
- BECHARA, F. C. Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Piracicaba, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006. 248 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 7. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. 611p.
- BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; SALATA, A. da C.; PIFFER, C. R.. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 2355-2366, 2008.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional-MI. Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semi-árido Nordeste e do polígono das secas. Brasília, DF, 2009.

CARDOSO, M. O. Revisão Bibliográfica: Métodos para quantificação da biomassa microbiana do solo. *Agropecuária Técnica*, v. 25(1), 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; RADIN, B. Variabilidade temporal e espacial da precisão das estimativas de elementos meteorológicos no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural Santa Maria*, v. 39(4), p. 962-970, 2009.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, J. E. B. de; DIAS, R. C. dos S.; MELO FILHO, J. F. de; NASCIMENTO, P. dos S.; DIAS, C. B. Efeito de sistemas de manejo nos indicadores químicos de qualidade do solo. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/Indicadores/index.htm>. Acesso em: 25/1/2010.

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R., SILVA, J. B. da; LOPES, A. da S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 13(2), p. 195-203, 2007.

CAVEDON, A. D. Classificação, características morfológicas, físicas e químicas dos principais solos que ocorrem no semi-árido brasileiro. In: SIMPOSIO SOBRE A CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL. 1986, Brasília. Anais..., 1986. Brasília, 1986.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 5(2), p.254-258, 2001.

CHACÓN, N.; HERRERA, I.; FLORES, S.; GONZÁLEZ, J. A.; NASSAR, J. M.. Chemical, physical, and biochemical soil properties and plant roots as affected by native and exotic plants in Neotropical arid zones. *Biol Fertil Soils*, v. 45, p. 321–328, 2009.

- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1381-1396, 2007.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; SILVA, P. C. M.; VASCONSELOS, A. C. F. de; Variabilidade de propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Picos, Pernambuco. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v. 6(1), 2006.
- CHAVES, L. H. G.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G.; SILVA, P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de assunção – Cabrobó (Pernambuco). *R. Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 431-437, 2004.
- CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A.C.R.; LEÃO, A. B. Avaliação da salinidade dos Neossolos dos Perímetros Irrigados São Gonçalo e Engenheiro Arcoverde, PB. *Agropecuária Técnica – UFPB*, v. 6, n. 1, p. 15 – 21, 2005.
- CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, v. 52, p. 345-353, 2001.
- CHRISTOFIDIS, D. "Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental". *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 13, p. 371-382, 2002. Número especial.
- CODEVASF. Plano de Exploração Agropecuária dos Perímetros Irrigados Apolônio Salles e Barreiras (Lote III) -2004. Petrolina, 2004.
- CODEVASF. Relatório Anual de desempenho dos Serviços da ATER. [Petrolina]: 2003.
- CORRÊA, J. C.; SHARMA, R. D. Produtividade do algodoeiro herbáceo em plantio direto no Cerrado com rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.1, p.41-46, 2004.
- CORRÊA, R.M. Avaliação de atributos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado do vale do rio São Francisco. Recife: UFRPE, 2007. 134p. Tese Doutorado.
- COSTA F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Rev. Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n.3, p. 527-535, 2003.
- CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. *Ciência Rural*, v. 1(1), p.27-36, 2001

DIAS, N. da S.; MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; SILVA, F. V. da; BARROS, A. D. de. Evolução da salinidade em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por Gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8(2-3), p.240-246, 2004.

DILLY, O. Metabolic and anabolic responses of arable and forest soils to nutrient addition. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 164(1), p. 29-34. 2001.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, p. 3-21, 1994. (Publication Number, 35).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 306, 2006.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p. 212, 1997.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Recife: Embrapa Solos, 2001.

FARIAS, G.B. Avifauna em quatro áreas de caatinga strictu senso no centro-oeste de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15 (1) 53-60, 2007.

FERNANDES, J. G. Caracterização de águas e solos do Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada/PE. 2008, 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

FERREIRA, D. F. Estatística multivariada. 1 ed. Lavras: Editora UFLA, 2008, 662p.

FERREIRA, G.M. Atividade microbiana e agregação de um Latossolo vermelho distroférico em Campinas, SP, sob usos e manejos distintos. Dissertação de Mestrado, 2008, IAC-Campinas, SP.

FOTH, H. D. *Fundamentals of soil science*, 8^a Edição. Michigan-USA. Ed. WILEY, 1990, 382 p.

FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A. de B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J. M.; ROCHA, C. C. da. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do

Bioma Caatinga. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2629-2636.

FRANCELINO, M. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; RESENDE, M. Elaboração de um sistema de classificação da capacidade de suporte em ambiente semi-árido árido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9(1), p.83-91, 2005.

FREDDI, O. da S.; FERRAUDO, A. S.; CENTURION, J. F. Análise multivariada na compactação de um latossolo vermelho cultivado com milho. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v.32(3), p.953-961, 2008.

FREIRE, M. B. G. S. Saturação por sódio e qualidade da água de irrigação na degradação de propriedades físicas de solos do Estado de Pernambuco. Viçosa: UFV, 2001. 66 p. Tese Doutorado.

FREIRE, M.B.G.S.; RUIZ, H.A.; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, P.A.; ALVAREZ V., V.H. & FREIRE, F.J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 7:45-52, 2003.

FRIGHETTO RTS; VALARINI PJ. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 198, 2000. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).

GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S.. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. *Cienc. Rural* [online], v.33(2), p. 283-290, 2003.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38(9), p. 1097-1104, 2003.

HÖFT, M., BARIK, S. K.; LYKKE, A. M. Quantitative ethnobotany. Applications of multivariate and statistical analyses in ethnobotany. People and Plants working paper 6. UNESCO, Paris, 1999.

IBAMA, Caatinga. [online] Disponível na Internet via <http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/caatinga.htm>. Arquivo capturado em 2 de abril de 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. [2007] Disponível na Internet via: http://www.ibge.gov.br/cidadesat/historicos_cidades/historico_conteudo.php?codmun=26110. Arquivo capturado em 01 de outubro de 2009.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.5 (2), p.415-471, 1981.

KARLEN, D. L.; DITZLERB, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? *Geoderma*, v. 114, p. 145-156, 2003.

KOUTIKA, L. S.; ANDREUX, F.; HASSINK, J.; CHONE, T.; CERRI, C. C. Characterization of organic matter in topsoils under rain forest and pasture in the eastern Brazilian Amazon basin. *Biology and Fertility of Soils*, v. 29, p. 309-313, 1999.

KUZYAKOV, Y.; DOMANSKI, G. Carbon input by plants into the soil. *Review Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.163, p. 421-431, 2000.

LAL, R. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect, 2003.

LANDI, L.; VALORI, F.; ASCHER, J.; RENELLA, G.; FALCHINI, L.; NANNIPIERI, P. Root exudate effects on the bacterial communities, CO₂ evolution, nitrogen transformations and ATP content of rhizosphere and bulk soils. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 38, p. 509-516, 2006.

LEÃO, A.B.; CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I. de B.; GUERRA, GUERRA, H.O.C.; ANDRADE, A.R.S. de. Variabilidade espacial da salinidade do solo no Perímetro Irrigado Engenheiro Arcoverde, Condado, PB. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 6, n. 3, p. 404-421, 2009.

LEVITT, J. Responses of plants to environmental stress. Academic press. New York, 1972, 697p.

Li, X., Sarah, P. Arylsulfatase activity of soil microbial biomass along a Mediterranean-arid transect. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 35 (7), p. 925-934, 2003.

LIU, Q. M.; WANG, S. J.; PIAO, H. C.; OUYANG, Z. Y. The changes in soil organic matter in a forest-cultivation sequence traced by stable carbon isotope. *Australian Journal of Soil Research*, v.41, p.1317-1327, 2003.

- LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R.; RIBEIRO, A. Í. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3(3), p. 276-280, 1999.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. *Revista Árvore*, v. 30(5), p. 837-848, 2006.
- MALUCHE-BARETTA, C. R. D. Diversidade microbiana em solos sob florestas de *Araucária angustifolia*. Tese de doutorado ESALQ-Piracicaba, 2007.
- MANSOUR, M. M. F.; SALAMA, K. H. A. Cellular basis of salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.52(2), p.113, 2004.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação - Princípios e Métodos. 2a. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2007, 358p.
- MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, V. M. T. S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, Recife, v. 1, p.89-111, 2004.
- MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA, C. A. de; RAPOSEIRAS, R.; GOMES, E. A.; LANNA, U. G. de P.; CARNEIRO, A. A.; CARNEIRO, N. P. Aplicação da técnica eletroforese em gel de gradiente desnaturante (DGGE) na caracterização de microrganismos dominantes na rizosfera de plantas cultivadas em solo ácido. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 8p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 72).
- MARTEL, J.H.I.; FERRAUDO, A.S.; MÔRO, J.R.; D. PERECIN. Estatística multivariada na discriminação de raças amazônicas de pupunheiras (*Bactris gasipaes Kunth*) em Manaus (Brasil). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 25(1), p. 115-118, 2003.
- MARTINEZ-MENA, M.; ALVAREZ, R. J.; CASTILLO, V.; ALBALADEJO, J. Organic carbon and nitrogen losses influenced by vegetation removal in a semiarid Mediterranean soil. *Biogeochem.*, v. 61, p.309-321, 2002.
- MEDEIROS, R.; SANTOS, V.; ARAÚJO, A.; OLIVEIRA FILHO, C. Estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi. *Revista Caatinga*, v. 21(5), p. 202-206, 2008.

MELO FILHO, J. F.; SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 17, p. 291-297, 1993.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. *Cerne*, v. 12(3), p. 211-220, 2006.

MENDHAM, D.S.; CONNELL, A.M. & GROVE, T.S. Organic matter characteristics under native forest, long-term pasture, and recent conversion to eucalyptus plantations in Western Australia: microbial biomass, soil respiration, and permanganate oxidation. *Australian Journal of Soil Science.*, 40:859-872, 2002.

MENDHAM, D.S.; CONNELL, A.M. & GROVE, T.S. Organic matter characteristics under native forest, long-term pasture, and recent conversion to eucalyptus plantations in Western Australia: microbial biomass, soil respiration, and permanganate oxidation. *Australian Journal of Soil Science*, 40:859-872, 2002.

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

MERCANTE, F.M.; FRANCELINO, C.S.F.; OTSUBO, I.M.N.; CAVALHEIRO, J.C.T.; SILVA JUNIOR, A. Atributos microbiológicos avaliados em cultivo de mandioca sob diferentes coberturas de solo. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, Campo Grande, 2005.

MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: Uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: UFMG, p. 295, 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI. Nova delimitação do Semi-árido brasileiro. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/programas/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas/programas/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas/cisternas-2/o-semi-arido>. Acesso em: 2 de maio. 2009.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI. SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA-SIH. *Fundos Constitucionais de Financiamento*. Brasília, 2005.

MOITA NETO, J.M. Estatística multivariada - Uma visão didática-metodológica. Filosofia da Ciência. Disponível em: http://criticanarede.com/cien_estatistica.html. Acesso em: 10 jan. 2008.

MOITA NETO, J.M.; MOITA G.C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. Química Nova, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 467-469, 1998.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2a Edição. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

NAHAS, E. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTIN NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. Eds. Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, p. 467-486, 1999.

NAKATANI, A. S.; SIQUEIRA, J. O.; SOARES C. R. F. S.; LAMBAIS, M. R.. Comunidades microbianas, atividade enzimática e fungos micorrízicos em solo rizosférico de “landfarming” de resíduos petroquímicos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1501-1512, 2008.

NIAZI, M. H. K.; HUSSAIN, N.; KAHN, G. D.; MEHDI, S. M.; RASHID, M. Efficacy of acid reclaimants in combination with nonconventional fertilizers for salinity control. In: INTERNATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 6., 1992, Mashville. Proceedings... Mashville, p.387-394, 1992.

OKUR, N.; ÇENGEL, M.; GÖÇMEZ, S. Influence of salinity on microbial respiration and enzyme activity of soils. Acta Hort. (ISHS), v. 573, p. 189-194, 2002.

OLIVEIRA, L. B. de; ROSAS, M. R.; FERREIRA, M. da G. de V. X.; LIMA, J. F. W. F. de; MARQUES, F. A. Interferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37(10), p.1477-1486, 2002.

OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R. & KER, J. C. Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. R. Bras. Ci. Solo, 33:1333-1345, 2009.

OLIVEIRA, L.B. Mineralogia, micromorfologia, gênese e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do Nordeste Brasileiro. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 169p. (Tese de Doutorado)

- PAUL, K. I.; POLGLASE, P. J.; NYAKUENGAMA, J. G.; KHANNA, P. K. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*, 168:241-257, 2002.
- PEREIRA, S. V.; MARTINEZ, C. R.; PORTO, E. R.; OLIVEIRA, B. R. B.; MAIA, L. C. Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.8, p.757-762, ago. 2004.
- PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G. & MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39(6), p. 567-573, 2004.
- PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperation de suelos salinos*. Madrid: Editora Agrícola, Española, 542p, 1985.
- PÔRTO, M.L.; ALVES, J. do C.; DINIZ, A.A.; SOUZAI, A.P. de; SANTOS, D. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, vol.33(4), p. 1011-1017, 2009.
- POST, W. M.; KWON, K. C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biol.*, v.6, p. 317-327, 2000.
- RAMOS, M.C.; COTS-FOLCH, R.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A. Effects of land terracing on soil properties in the Priorat region in Northeastern Spain: A multivariate analysis. *Geoderma* v.142, (3-4), p. 251-261, 2007.
- RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T. M.; BLOODWORT, H. Effect of soil carbon on soil water retention. *Geoderma*, v.116, p. 61-76, 2003.
- RIBEIRO, A. M. B. Indicadores químicos e microbiológicos de qualidade do solo em ambientes naturais e antropizados do complexo vegetacional de Campo Maior – PI. p.51, 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.
- RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C. ; FREIRE, M. B. G. S. . Química dos solos salinos e sódicos. In: Vander de Freitas Melo; Luís Reynaldo Ferraciú Alleoni. (Org.). *Química e Mineralogia do Solo*. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009, v. II, p. 449-484.
- RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. *Agriculture Handbook - N° 60*, United States Department of Agriculture, p.160, 1954.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; FRANCHINI, J. C. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 163-198, 2006.

SADIQ, M.; HASSAN, G.; CHAUDHRY, G. A.; HUSSAIN, N.; MEHDI, S. M. & JAMIL, M. Appropriate land preparation methods and sulphuric acid use for amelioration of salt affected soils. Pakistan Journal of Agronomy, Hafizabad, v.2 (3), p.138-145, 2003.

SAINT-ETIENNE, L.; PAUL, S.; IMBERT, D.; DULORMNE, M.; MULLER, F.; TORIBIO, A.; PLENCHETTE, C.; BÂ, A. M. Arbuscular mycorrhizal soil infectivity in a stand of the wetland tree *Pterocarpus officinalis* along a salinity gradient. Forest Ecology and Management, v. 232, p. 86-89, 2006.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 11-21, 2008.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. Ciência e Agrotecnologia, v. 32(2), p. 353-359, 2008.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M. do S.B.; SAMPAIO, Y.S.B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. Revista de Geografia. v. 22, n. 1, 2005.

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

SARDINHA, M.; MÜLLER, I. T.; SCHMEISKY, H.; JOERGENSEN, R. G. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. Applied Soil Ecology, p. 23:237-244, 2003.

SCHMIDT, T. M. The maturing of microbial ecology. International Microbiology, v.9, p. 217-223, 2006.

SCHMIDT, T. M. The maturing of microbial ecology. *International Microbiology*, v.9, p. 217-223, 2006.

SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 407-414, 2005.

SENA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; TOKESHI, H.; POPPI, R. J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 67, p. 171-181, 2002.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete sample). *Biometrika*, London, v.52 (3-4), p.591-611, 1965.

SILVA JÚNIOR, C. D. da.; PASSOS, E. E. M.; GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.6 (1), p.39-44, 2002.

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

SILVA, C.M.M. DE S. VIEIRA, R.F. & OLIVEIRA, P.R. Salinidade, sodicidade e propriedades microbiológicas de Argissolo cultivado com erva-sal e irrigado com rejeito salino. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília (2008), v.43(10), p.1389-1396.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M. de; FIGUEIREDO, C. A. P. de; MARQUES JÚNIOR, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. *Ciência Rural* [online], v.37(2), p. 401-407, 2007.

SILVA, P.C.M. da; CHAVES, L.H.G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.3, p.431-436, 2001.

SILVA, R. M. A. Entre o combate à seca e a convivência com o Semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. (Tese de Doutorado). Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável/UNB, 2006. 298p.

SILVA, R. R. da; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande MG. *Ciência Agrotec.*, Lavras, v. 29(4), p. 719-730, 2005.

SILVEIRA, R. B; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, em Itajubá/MG. *Cerne*, v. 12(1), p. 48-55, 2006.

SOBRAL, M. C. M.; CARVALHO, R. M. C. M. O.; SILVA, M. M.; MELO, G. L. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semi-árido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. In: XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL – AIDIS, Punta del Este - Uruguay, 2006. Anais ... Punta del Este - Uruguay, 2006.

SOLOMON, D.; FRITZSCHE, F.; LEHMANN, J.; TEKALIGN, M.; ZECH, W. Soil organic matter dynamics in the subhumid agroecosystems of the Ethiopian highlands: evidence from natural ¹³C abundance and particle-size fractionation. *Soil Science Society of America Journal*, v. 66, p. 969-978, 2002.

SOUZA, A.L. de & SOUZA, D.R. de. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, amazônia oriental. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.30(1), p.49-54, 2006.

SOUZA, Z. M. de; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural* [online], v.34(6), p. 1763-1771, 2004.

STIRZAKER, R. J.; PASSIOURA, J. B.; WILMS, Y. Soil structure and plant growth: impact of bulk density and biopores. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 185, p. 151-162, 1996.

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 6(2), p. 207-212, 2002.

SU, Y. Z.; ZHAO, H. L.; ZHANG, T. H.; ZHAO, X. Y. Soil properties following cultivation and non-grazing of a semi-arid sandy grassland in northern China. *Soil & Tillage Research*, v. 75, p. 27–36, 2004.

SUASSUNA, J. A pequena irrigação no nordeste: algumas preocupações. [1994] Disponível na Internet via <http://www.fundaj.gov.br/geral/textos%20online/estudos%20avancados/irrigacao.pdf>. Arquivo capturado em 01 de abril de 2009.

TAN, K.H. Principles of soil chemistry. 3a ed., Athens, Georgy-USA. 1998, 556 p.

TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. Soil and Tillage Research, v. 19, p. 111-119, 1991.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. Revista Brasileira de Fruticultura. [online], v. 23(3), 2001.

THEMAG. Relatório de estudos edafoclimáticos dos projetos Chesf da Borda do Lago de Itaparica – margem esquerda, Recife, p.214, 1986. (Acervo Chesf)

TIESSEN, H.; FELLER, C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas and dry forest. Climatic Change, v. 40, p. 105-117, 1998.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.195-275.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil biology and Biochemistry, v.19, p.703-707, 1987.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L. M. Uso de biossólidos em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. R. Bras. Ci. Solo, v. 26, p.747-758, 2002.

VON SPERLING,E. Qualidade da Água. In: Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável da Agricultura. Brasília, DF – MMA, SHR, ABEAS; Viçosa, MG – UFV, Departamento de Engenharia Agrícola. p. 252, 1997.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. Biology Reviews, v. 67, p. 321-358, 1992.

WICHERN, J.; WICHERN, F.; JOERGENSEN, R. G. Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma*, v.137, p.100-108, 2006.

YANO-MELO, A.M.; TRUFEM, S.F.B. & MAIA, L.C. Arbuscular mycorrhizal fungi in salinized and surrounded areas at the São Francisco Submedium Valley, Brazil. *Hoehneo*, v. 30(2), p.79-87, 2003.

YUAN, B. C.; LI, Z. Z.; LIU, H.; AO, M.; ZHANG, Y. Y. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. *Applied Soil Ecology*, v.35, p.319-328, 2007.