



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL
E SUBTERRÂNEA NA MICROBACIA DO RIACHO ANGICO,
REGIÃO DO MÉDIO RIO PARAÍBA

FRANCISCA MAGNÓLIA DE OLIVEIRA

Campina Grande
Paraíba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS-CTRN
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA
SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA NA MICROBACIA DO
RIACHO ANGICO, REGIÃO DO MÉDIO RIO PARAÍBA

FRANCISCA MAGNÓLIA DE OLIVEIRA

Campina Grande, Paraíba
MAIO - 2005

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E
SUBTERRÂNEA NA MICROBACIA DO RIACHO ANGICO, REGIÃO DO
MÉDIO RIO PARAÍBA

FRANCISCA MAGNÓLIA DE OLIVEIRA

LICENCIADA EM QUÍMICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG, PB), em cumprimento das exigências para obtenção do título de Mestre (M.Sc) em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Prof^a.Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos

CAMPINA GRANDE - PB
Maio - 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS -CTRN

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E
SUBTERRÂNEA NA MICROBACIA DO RIACHO ANGICO, REGIÃO DO
MÉDIO RIO PARAÍBA

DISSERTAÇÃO

FRANCISCA MAGNÓLIA DE OLIVEIRA

Campina Grande - Paraíba
Maio - 2005



O48d Oliveira, Francisca Magnolia de
Diagnostico da qualidade da agua superficial e
subterranea na microbacia do riacho Angico, regio do medio
rio Paraiba / Francisca Magnolia de Oliveira. - Campina
Grande, 2005.
92 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Agricola) -
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de
Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Qualidade da Agua 2. Usos Multiplos da Agua 3. Riacho
Angico 4. Dissertacao I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de,
Dr. II. Ceballos, Beatriz Susana Ovruski de, Dra. III.
Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande
(PB) IV. Título

CDU 626.811(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

FRANCISCA MAGNÓLIA DE OLIVEIRA

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E
SUBTERRÂNEA NA MICROBACIA DO RIACHO ANGICO, REGIÃO
DO MÉDIO RIO PARAÍBA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Carlos Alberto V. de Azevedo-Orientador

APROVADA

Dra. Beatriz Susana O. Ceballos-Orientadora

Prof. José Geraldo de V. Baraculy-Examinador

Aprovado

Dr. Adilson David de Barros-Examinador

APROVADA

MAIO - 2005

Venham todos, vamos juntos
Venham todos, vamos juntos
Ao encontro do Senhor:
Ele mesmo nos convida
Para a ceia do amor.
Jesus Cristo, água viva,
Vem conosco celebrar,
Num fraterno conviver,
Nossa vida renovar.
Senhor Deus, Pai de bondade,
Criador de todo ser,
Vem trazer-nos conversão
E ensinar-nos a viver
Como outrora, no deserto.
Saciaste o teu povo,
Vem, Senhor, vem saciar-nos,
E faremos mundo novo.
Pela água que dá vida,
Pelos dons da criação,
Ó, Senhor do universo,
Eis a nossa louvação!
Pela água do batismo
Vida nova recebemos,
E, na fonte da palavra,
De Tua graça nós bebemos.
Para sermos, ó Senhor,
Solidários com os irmãos
Que ainda não tiveram
Vida plena, salvação.
Nós buscamos Teu perdão
Pelo mal que praticamos
Pois ao pobre, nosso irmão,
Águas limpas nós negamos.
Poluindo nossas fontes
É a vida que se vai...
Nova páscoa viveremos
Só no Teu amor, ó Pai.

Aos meus pais

João Manoel de Oliveira (In memorian)

Maria Anália de Oliveira

A meu esposo, Newton Lima de Araújo, por todas as dificuldades e superações que já enfrentamos.

Ao meu filho João Victor Oliveira Araújo que desde pequenininho me acompanhou durante toda esta pesquisa.

Em especial a minha irmã Maria da Saúde Oliveira, pelo apoio e carinho na duração este trabalho.

Aos meus irmãos Flávio e Batista (In memorian), Goreth, Ceíçinha, Tânia, Kalyana e Neto.

Dedico.

AGRADECIMENTOS:

- Agradeço a DEUS, por tudo, pela inteligência, saúde e fé em seus ensinamentos que me ajudaram ao longo da caminhada estudantil, com sua ajuda e bondade pude chegar até aqui.
- Ao Professor Carlos Alberto V. Azevedo pela dedicação como orientador e atenção nos momentos solicitados.
- A Professora Beatriz Susana Ovruski de Ceballos, pela dedicação, apoio e orientação durante todo o desenvolvimento deste trabalho.
- Ao Professor José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy pelas orientações e pelo convite de realizar a pesquisa na área de Estudo.
- Ao Professor Hans Gheyi, pela presteza no atendimento e suas valiosas sugestões.
- Ao professor Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela amizade e por ter permitido a realização das análises físicas e químicas das amostras de água no Laboratório de Irrigação e Salinidade LIS sob sua coordenação.
- Aos professores do curso de Engenharia Agrícola da UFCG-CCT, especialmente ao professor José Dantas Neto, pelos ensinamentos recebidos.
- A secretária Rivanilda pelo carinho e atenção nos momentos solicitados.
- Aos Técnicos do Laboratório de Sensoriamento Remoto-LMRS pela disponibilidade de mapas e outras informações essenciais para este trabalho.
- Ao Departamento de Engenharia Civil da UFCG através do Laboratório de Saneamento Ambiental (AES/DEC), pela realização das análises bacteriológicas da água e, especialmente, à técnica Thaís Araújo Kogiso.
- À Fundação Nacional de Saúde pela disponibilidade financeira na execução da pesquisa.
- A Soahd Arruda Rached Farias, pela sua presença e apoio constante na execução dos trabalhos de campo, pela paciência, constância, dedicação e incentivos na orientação e elaboração deste trabalho e a Frederico Antonio Loureiro Alves, pelas sugestões para a elaboração das tabelas e dos gráficos.
- Aos colegas de mestrados, especialmente Vanda Maria de Lira e Maria Betânia, pelos momentos compartilhados.
- Ao colega de laboratório "Doutor".
- A Darling de Lira Pereira, obrigada pelo apoio e amizade.
- À comunidade da microbacia de Paus Brancos, pela calorosa acolhida e colaboração nos trabalhos de campo.
- A todos que contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xv
RESUMO	xvii
ABSTRATC	xviii
1.0.INTRODUÇÃO	1
2.0.REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1.Bacia hidrográfica	4
2.2.Salinização do solo	5
2.3.Qualidade da água de irrigação	5
2.4.Fatores que influenciam na qualidade da água para irrigação	7
2.5.Parâmetros usados para avaliar a qualidade da água para irrigação	9
2.5.1.Concentração total de sais solúveis	10
2.5.2.Concentração relativa de sódio	10
2.5.2.1.Percentagem de saturação de sódio (%Na)	10
2.5.2.2.Percentagem de sódio possível (PSP)	11
2.5.2.3.Relação de adsorção de sódio (RAS)	11
2.5.2.4.Índice de permeabilidade (IP)	12
2.5.3.Concentração de íons tóxicos	12
2.5.4.Outras características	13
2.6.Classificação da água para irrigação	13
2.6.1.Quanto ao perigo de salinização	14
2.6.2.Quanto ao perigo de sodificação	15
2.7.Efeitos da qualidade da água nas propriedades dos solos e nas plantas	18
2.8.Qualidade das águas para dessedentação animal	22
2.9.Qualidade das águas para consumo humano	24
2.10.Contaminação Fecal	25
2.10.1.Indicadores de contaminação fecal	26
2.10.2.Coliformes totais e termotolerantes	27
2.11.Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano	28
2.12.Padrão químico de potabilidade da água para consumo humano	30
3.0.MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1.Descrição da área estudada	32
3.1.1.Região da Sub-bacia do Rio São Pedro	32
3.1.2.Características da microbacia Riacho Angico	33
3.2.Descrição das fontes analisadas.	35
3.3.Análises físicas e químicas	40
3.4.Análise microbiológica	43
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1.Aspectos Climáticos da Região	46
4.2.Potencial Hidrogeniônico (pH)	47
4.3.Condutividade Elétrica da Água e Resíduo Seco	49
4.4.Razão de Adsorção de Sódio (RAS)	53
4.5.Cálcio/Magnésio(Ca/Mg)	56
4.6.Sódio (Na)	56
4.7.Cloreto (Cl)	58
4.8.Cálcio (Ca)	60

4.9.Magnésio (Mg)	62
4.10.Potássio (K)	64
4.11.Ferro (F)	66
4.12.Carbonato (CO_3^{2-})	68
4.13.Bicarbonato (HCO_3^-)	70
4.14.Coliforme Termotolerantes (CTerm.)	72
4.15.Estreptococos Fecais (EF)	76
4.16.Bactérias Heterótrofas (BH)	79
4.17.Análises comparativas das variáveis microbiológicas	82
5.CONCLUSÕES	85
6.BIBLIOGRAFIA	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de classificação de água de irrigação, segundo RICHARDS (1954).....	14
Figura 2. Redução relativa da infiltração provocada pela salinidade e relação de adsorção de sódio (RHOADES, 1977 E OSTER & SCHOER, 1979).....	17
Figura 3. Normograma para se determinar a RAS da água de irrigação e para estimar o valor correspondente da PST do solo que está em equilíbrio com a referida água.....	21
Figura 4. Bacia do Rio São Pedro, pertencendo a região da Bacia Hidrográfica do médio Paraíba.....	32
Figura 5. Localização do Riacho Angico dentro da sub-bacia do Rio São Pedro.....	33
Figura 6. Mapa de solo da microbacia conforme BARACUHY, 2002 (A) e Esquema da localização das fontes das águas no leito do Rio Angico/São Pedro (B).....	34
Figura 7. Fonte de água PR1.....	38
Figura 8. Fonte de água PR2.....	38
Figura 9. Fonte de água PT1.....	39
Figura 10. Fonte de água PT2.....	39
Figura 11. Fonte de água PT3.....	39
Figura 12. Fonte de água PT4.....	39
Figura 13. Fonte de água PT5.....	39
Figura 14. Fonte de água PA1.....	39
Figura 15. Fonte de água PA2.....	39
Figura 16. Fonte de água PA5.....	40
Figura 17. Fonte de água PA8.....	40
Figura 18. Fonte de água AÇ1.....	40
Figura 19. Fonte de água AÇ2.....	40
Figura 20. Amostras de água de maio de 2003.....	41
Figura 21. Amostras de água de fevereiro de 2004.....	41
Figura 22. Amostras de água de setembro de 2003, no Laboratório de Irrigação e Drenagem-LIS.....	41
Figura 23. Manipulação do equipamento Multi Dosimat, para determinação do Ca^{+} , Mg^{++} , Cl^{-} , CO_3^{-} e HCO_3^{-}	41
Figura 24. Equipamento Fotômetro de chama.....	41
Figura 25. Condutivímetro Herisau.....	41

Figura 26.Coleta de amostra de água para análises microbiológicas das águas dos poços tubulares.....	44
Figura 27.Coleta de amostra de água para análises microbiológicas das águas dos poços amazonas.....	44
Figura 28.Equipamento para filtração por Membrana na quantificações de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais.....	44
Figura 29.Estufas microbiológicas.....	44
Figura 30.Registro de precipitação no posto pluviométrico da Fazenda Emas, no município Caturité – PB (posto pluviométrico registrado na latitude sul 7° 23'14" e longitude oeste 36° 03'53"), próximo ao local em estudo, no período janeiro de 2003 – maio de 2004.....	47
Figura 31.Panorama do Rio São Pedro em 15 de dezembro de 2003, apresentado plantio de capim elefante no seu leito.....	47
Figura 32.Panorama do Rio São Pedro em 18 de Fevereiro de 2004, após período chuvoso intenso na região, com a capineira submersa nas águas correntes.....	47
Figura 33.Panorama do açude AÇ2 em maio de 2003.....	47
Figura 34.Panorama do açude AÇ2 em Fevereiro de 2004, após o rompimento da barragem de terra.....	47
Figura 35.Potencial hidrogeniônico (Ph) das águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004 na microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	49
Figura 36.Condutividade elétrica das águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	53
Figura 37.Razão de adsorção de sódio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	55
Figura 38.Teores de sódio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	58
Figura 39.Teores de cloreto nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	60

Figura 40. Teores de cálcio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	62
Figura 41. Teores de magnésio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	64
Figura 42. Teores de potássio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	66
Figura 43. Teores de ferro nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	68
Figura 44. Teores de carbonato nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	70
Figura 45. Teores de bicarbonato nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	72
Figura 46. Variação das concentrações de coliformes termotolerantes nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	75
Figura 47. Variação das concentrações de estreptococos fecais nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	78
Figura 48. Variação das concentrações de bactérias heterotróficas nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), do açude da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de julho de 2003 a Fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	81
Figura 49. Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias heterotróficas nas águas dos poços naturais do riacho, no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	82

Figura 50.Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias heterótrofas nas águas dos açudes da microbacia, no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	82
Figura 51.Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e Bactérias Heterotróficas nas águas dos poços amazonas do riacho no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	83
Figura 52.Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e Bactérias Heterotróficas nas águas dos poços amazonas nas barragens subterrâneas no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	83
Figura 53.Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e Bactérias Heterotróficas nas águas dos poços de cata-vento no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação I, conforme AYERS & WESTCOT (1999).....	16
Tabela 2. Faixas normais de análises laboratoriais necessários para avaliação da qualidade da água de irrigação.....	18
Tabela 3. Guia de qualidade de água para dessedentação de gado e aves I.....	23
Tabela 4. Níveis sugeridos de magnésio nas águas para dessedentação de gado e aves I.....	24
Tabela 5. Parâmetros de qualidade de água potável segundo o artigo 11º da Portaria Nº 518/04, do Ministério da Saúde.....	29
Tabela 6. Padrão de aceitação de água para consumo humano, segundo artigo 16º da Portaria nº 518/04, do Ministério da Saúde.....	31
Tabela 7. Limite tolerável de alguns parâmetros físico e químicos com fins de consumo humano, segundo a Organização Mundial de Saúde, 1985.....	31
Tabela 8. Coordenadas das fontes de água estudadas e dos pontos de amostragem.....	35
Tabela 9. Referencial das fontes de água, segundo descrição dos proprietários, uso atual e características específicas.....	36
Tabela 10. Parâmetros químicos da qualidade das águas amostradas e métodos de análises conforme EMBRAPA (1997).....	42
Tabela 11. Metodologias empregadas na avaliação dos parâmetros sanitários: coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias heterotróficas (APHA, 1998).....	45
Tabela 12. Potencial hidrogeniônico (pH) das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	48
Tabela 13. Condutividade elétrica das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	51
Tabela 14. Classificação de restrição de uso da água para irrigação com relação ao potencial de problemas de salinização do solo, nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	52
Tabela 15. Razão de adsorção de sódio (RAS) nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	54
Tabela 16. Classificação de restrição de uso da água para irrigação com relação ao potencial de problemas com infiltração nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de maio/03 a março/04, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	54
Tabela 17. Relação entre o cálcio e magnésio (Ca/Mg) nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	56

Tabela 18.Sódio obtido nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, do município da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	57
Tabela 19.Cloreto obtidos nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, na microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	59
Tabela 20. Teores de cálcio obtidos nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	61
Tabela 21.Concentrações de Magnésio obtidos nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	63
Tabela 22.Concentrações de Potássio obtido nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	65
Tabela 23.Concentrações de ferro de águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	67
Tabela 24.Carbonato nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	69
Tabela 25.Bicarbonato nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	71
Tabela 26.Concentrações de coliformes termotolerantes nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	74
Tabela 27.Variação das concentrações de estreptococos fecais nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande.....	77
Tabela 28.Variação das concentrações de bactérias heterótrofas das amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.....	80

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DA MICROBACIA DO RIACHO ANGICO: REGIÃO DO MÉDIO RIO PARAÍBA

RESUMO

O presente trabalho realizou um diagnóstico das águas superficiais e subterrâneas da microbacia do Riacho Angico que é um afluente do Rio São Pedro, objetivando avaliar o seu uso para consumo humano, irrigação e consumo animal. Durante um período de 11 meses de pesquisa foram colhidas amostras de água em 17 fontes, correspondentes a 5 poços tubulares com cata-vento, 8 poços amazonas, dentre os quais 6 estão inseridos em barragens subterrâneas, 2 açudes e 2 cacimbões naturais do leito do riacho, totalizando 98 amostras para análise química e 76 para análise microbiológica. Os resultados mostraram que as águas para consumo humano tiveram do ponto de vista químico, como fontes mais adequadas os poços amazonas das barragens subterrâneas. Os açudes apresentaram restrições devido aos valores elevados de ferro. As demais fontes apresentaram valores superiores ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde e do Ministério da Saúde. A respeito da qualidade microbiológica ou sanitária, a água não se mostrou apropriada para o consumo humano em nenhuma das fontes estudadas, necessitando de tratamento seguido de desinfecção. Para irrigação, não existe água de excelente qualidade na microbacia, pois quando uma fonte exibia baixo risco de salinidade, apresentava simultaneamente, alto risco de sodificação, ocorrendo o oposto em outras fontes. Para o consumo animal, apresentaram-se sem restrição os poços amazonas das barragens subterrâneas e açudes. Os poços tubulares e amazonas podem também ser utilizados para consumo animal, mas com potencial de provocarem diarreia temporária em gado não acostumado com esse tipo de água. Entretanto, constatou-se que a água do Rio São Pedro que recebe as águas do Riacho Angico, chega a ter temporariamente (setembro a dezembro) concentrações elevadas de sais, tornando-se, então imprópria. Finalmente, conclui-se que se faz imprescindível um monitoramento sistemático da qualidade das águas de usos múltiplos.

Palavras-chave: qualidade da água, água para usos múltiplos, riacho Angico

DIAGNOSIS OF THE QUALITY OF SURFACE AND UNDERGROUND WATER OF THE ANGICO'S RIVER WATERSHED: AREA OF THE MEDIUM PARAÍBA RIVER

SUMMARY

The present research accomplished a diagnosis of the surface and underground waters of the Angico's River watershed, which is a tributary of São Pedro River, aiming to evaluate its use for human consumption, irrigation and animal consumption. During a period of 11 months of research water samples were collected from 17 sources, corresponding to 5 tubular wells with weather vane, 8 amazon wells, among which 6 are inserted into the underground dams, 2 dams and 2 natural water-holes in the bed of the stream, totaling 98 samples for chemical analysis and 76 for microbiological analysis. The results showed that the waters for human consumption had, in a chemical point of view, the amazon wells into the underground dams as the most appropriate sources. The dams presented restrictions due to high values of iron. The other sources presented values superior to the ones recommended by the World Organization of Health and by the Brazilian Ministry of Health. Regarding the microbiological or sanitary quality, the water was not shown appropriate for the human consumption in none of the studied sources, needing treatment following by disinfection. For irrigation, water of excellent quality doesn't exist in the watershed, because when a source exhibited low salinity risk, it presented simultaneously, high sodification risk, happening the opposite in other sources. For the animal consumption, the amazon wells into the underground dams and the dams presented without restriction. The tubular and amazon wells can also be used for animal consumption, but with potential to provoke temporary diarrhea in cattle no accustomed with that type of water. However, it was verified that the water of the São Pedro River that receives water from the Angico's River, comes to have temporarily (September to December) high concentrations of salts, so becoming inappropriate. Finally, it is concluded that it is indispensable a systematic monitoring of the quality of water for multiple uses.

Key words: Water quality, water for multiple uses, Angico's River

1.0. INTRODUÇÃO

A busca por fontes de água para fins de consumo humano, uso em irrigação e animal no semi-árido do Nordeste brasileiro é uma constante, em decorrência de ser uma região que apresenta escassez na precipitação pluviométrica e alta taxa de evaporação em quase todos os seus Estados, essa situação, junto com a falta de conservação ambiental, acelera a poluição e contaminação das águas superficiais e subterrâneas e dificultam a preservação das fontes de água destinadas para consumo humano, em particular aquelas de uso de pequenas comunidades não beneficiadas com água tratada.

Em relação à qualidade das águas para consumo humano, tanto as águas brutas como a água já tratada, estão regulamentadas pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004, que rege a potabilidade da água para consumo humano, onde água potável é aquela que se presta para o consumo humano e cujos parâmetros biológico, microbiológicos, físicos, químicos e radioativos, atendem ao padrão de qualidade e não ofereçam riscos à saúde. No artigo 7º, no âmbito municipal, se deve efetuar, sistemática e permanentemente, a avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre a ocupação da bacia contribuinte ao manancial e o histórico das características de suas águas.

A população da zona rural é a menos privilegiada com água potável, em decorrência das carências da ausência de sistemas de abastecimento de água encanada, sendo obrigados a usar fontes de água bruta, sem nenhum tratamento, tais como cacimbas, cacimbões, açudes, cisternas, poços amazonas ou poços tubulares. Em geral, a falta de proteção destes recursos hídricos e/ou as formas inadequadas de uso torna-as fontes de contaminação humana e animal com microrganismos patogênicos, agentes de doenças de veiculação hídrica que e tornam endêmicas na região.

A contaminação microbiológica das águas decorre da falta de saneamento básico e do uso não planejado das bacias hidrográficas. Segundo o IBGE (2000), o maior número percentual de distritos - sede que coletam esgotos se encontra nas bacias costeiras do Sudeste (95%) e nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Prata (ambas com 63%), seguidas pelas bacias costeiras do Nordeste oriental (57%) e do Sul (49%); as demais apresentam valores iguais ou inferiores a 20% de coleta de esgotos. A situação é mais grave quando se considera que, nas grandes bacias hidrográficas, menos de 50% do esgoto coletado recebem tratamento e nas restantes é inferior a 20%. Todavia, esse tratamento é incompleto, não produzindo efluentes dentro dos padrões de lançamento na maioria dos municípios.

Um dos problemas que afetam a qualidade da água é a presença excessiva de sais, pois eles são produtos da intemperização das rochas e/ou pela entrada de fontes exógenas, tais como esgotos, escoamento superficial de bacias poluídas e com uso descontrolado do solo, etc. Do ponto de vista agrícola, águas de irrigação com sais em concentrações elevadas afetam diretamente o solo e as plantas, ao provocar salinização e diminuir sua permeabilidade, favorecendo o encharcamento.

Levando-se em consideração que a água é um fator fundamental na produção vegetal e que em regiões semi-áridas a concentração de sais nas águas de irrigação varia de acordo com a taxa de evaporação e com a composição química das rochas e/ou dos solos onde essas águas circulam, a falta de informação completa e sistemática a respeito de sua qualidade poderá conduzir ao uso de águas inapropriadas, com conseqüentes efeitos prejudiciais sobre as propriedades físicas e químicas do solo (COSTA & GHEYI, 1984).

Os problemas associados com a salinização dos solos é de grande importância econômica em áreas irrigadas, pois pode tornar um solo produtivo em um solo não produtivo ou de baixa produtividade, pelo fato da água de irrigação adicionar sais ao solo, o que, unido a problemas de drenagem, impede a lixiviação desses sais. A má drenagem pode promover a elevação do lençol freático contribuindo ainda mais para a salinização do solo, através do processo de ascensão capilar (BIGGAR et. al., 1984, citados por SCALOPPI & BRITO, 1986; MEDEIROS, 1992).

Para irrigação, conforme AYERS & WESCOTT (1999), a adequação da água não depende unicamente do teor total, mas também, de seus tipos. Na medida em que o conteúdo total de sais aumenta, os problemas do solo e das culturas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, para manter rendimentos aceitáveis.

Ante o exposto, o objetivo geral desta pesquisa foi caracterizar e avaliar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas para abastecimento humano, irrigação e consumo animal da microbacia hidrográfica do Riacho Angico, na comunidade de Paus Brancos, zona rural do município de Campina Grande, PB.

Os objetivos específicos foram:

1. Quantificar as variações sazonais dos sais através dos íons sódio (Na^+), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), potássio (K^+), ferro (Fe^{++}), cloreto (Cl^-), carbonato (CO_3^{--}) e bicarbonatos (HCO_3^-), além dos parâmetros potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), relação de adsorção de sódio (RAS) e razão de cálcio magnésio (Ca/Mg) contidos nas águas de poços amazonas, poços tubulares, cacimbões em leito de riacho e em

açudes destinados a usos múltiplos na comunidade de Paus Brancos, microbacia do Riacho Angico, área rural de Campina Grande-PB.

2. Identificar, através de análise microbiológica, a qualidade sanitária da água para consumo humano através das concentrações de coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias heterótrofas presentes nas águas das fontes estudadas e avaliar se estão dentro dos padrões nacionais e internacionais de água potável.

3. Analisar se as condições de qualidade dessas águas são adequadas para seu uso na irrigação, na dessedentação de animais e para consumo humano e caracterizar suas limitações.

2.0. REVISÃO DA LITERATURA

2.1-Bacia hidrográfica

De acordo com PAULA (1986), bacia hidrográfica compreende toda a área que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários. Uma bacia hidrográfica é bom exemplo de sistema geomorfológico aberto, recebendo energia do clima reinante sobre a bacia, mas perdendo energia através do deflúvio.

ROCHA & KURTZ (1991), define bacia hidrográfica como sendo a área que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários para um curso principal, com vazão iluente convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago. Conceitua sub-bacia hidrográfica da mesma forma que bacia, à exceção do fato de que o deságüe ocorre em outro rio e possui uma área variando 20.000 e 300.000 hectares. Finalmente, microbacias hidrográficas têm a mesma definição de sub-bacia, porém com área máxima até 20.000 hectares (área de máxima eficiência para o trabalho de uma equipe extensionista).

No Brasil, segundo SETTI (1999) citado por BARACUHY (2001), a questão de bacias hidrográficas foi analisado a partir dos estudos de gerenciamento dos recursos hídricos, no ano de 1978, com a criação do Comitê de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas, a nível nacional. Na medida em que o gerenciamento dos recursos hídricos passou a ter destaque nos planos políticos nacionais, a bacia hidrográfica passou a ser a unidade de referência e de planejamento.

Dentro do ordenamento jurídico brasileiro, a política de recursos hídricos passou a ser disciplinada através da Lei Federal nº 9.433 de 08/01/97. Este diploma legal, por sua vez define, em seu artigo primeiro, inciso 5º, que a *“bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implantação da política nacional dos recursos hídricos”*.

Em relação à qualidade das águas para consumo humano, tanto as águas brutas como a água já tratada, estão regulamentadas pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde que rege a potabilidade da água para consumo humano e a classificação das águas brutas do território nacional de acordo com sua qualidade em função dos usos aos quais essas águas se destinam estão regulamentada pelo CONAMA, na Resolução nº 20, de 1986 e recentemente modificada.

2.2-Salinização do solo

O efeito da salinidade é de natureza osmótica, originando redução de potencial total de água no solo, o qual afeta negativamente o rendimento das culturas. O potencial osmótico ou de soluto é uma propriedade coligativa relacionada à concentração total de sais e não com as espécies iônicas individuais. A alta concentração de sais no solo aumenta a força de retenção de água, dificultando a sua extração pelas raízes das plantas. Durante o déficit hídrico a concentração dos sais no solo aumenta muito, que este é capaz de retirar água da própria planta, causando "plasmólise" (PEREIRA & HOLANDA,1983).

Segundo DAY JR et al., (1989), citados por ESCOUTO et al., (1997), a concentração de sais na água acelera as colisões entre as moléculas, proporcionando melhor rendimento no processo de floculação da matéria em suspensão, através de forças atrativas mais fortes. A concentração de ferro sofre interferência da salinidade: quanto maior a salinidade, menor a concentração de ferro.

Para determinar a viabilidade do uso da água de irrigação, deve-se levar em consideração a sua composição química, a tolerância das culturas a salinidade, as condições climatológicas, o método de irrigação e as condições de drenagem (CONTRERAS & ELIZONDO, 1980).

2.3- Qualidade da água de irrigação

Toda água superficial ou subterrânea contém certo teor de sais em solução, mas em região áridas e semi-áridas essa concentração é, em geral maior, por causa dos períodos secos, que favorecem a evaporação da água e em consequência, se concentram os sais nas águas remanescentes dos reservatórios, causando grandes problemas de salinização e sodificação do solo quando utilizadas para irrigação. A orientação comum é determinar a qualidade a água de irrigação de acordo com a concentração e a composição desses sais (DAKER,1970).

A adequabilidade da água de irrigação não depende unicamente do teor total de sais, mas também do tipo de sais. À medida em que o conteúdo de sais aumenta, os problemas do solo e das culturas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, para manter rendimentos aceitáveis. A qualidade da água quanto a sua adaptabilidade à irrigação se determina, pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso, em longo prazo (AYERS & WESTCOT, 1999).

A água de irrigação é responsável pela salinização secundária dos solos e nas áreas irrigadas, apresentando, na maioria das vezes, uma composição química constituída de sais de sódio, cálcio, magnésio e potássio na forma de cloretos, sulfatos, carbonos e bicarbonatos, em diferentes proporções, dependendo da fonte de água, de sua localização, da época de coleta etc (RICHARDS, 1954, SHALHEVET & KAMBUROV, 1976; MEDEIROS, 1992); por isso, torna-se importante a sua avaliação através de análise física e química, quando for utilizada para irrigação (GUY et al., 1992).

Os problemas de salinização são causados pelo conjunto de fatores que contribuem para a acumulação e concentração de sais, a níveis tais que prejudiquem as condições físicas e químicas dos solos que afetem, direta ou indiretamente, a planta. O impasse se apresenta quando essas águas se evaporam do solo. O efeito da evapotranspiração diminui a umidade do solo e praticamente não elimina os sais, de forma que a solução do solo se torna mais salina à medida em que o solo seca. Por este processo, uma água que tenha, de início, uma concentração salina aceitável, pode alcançar valores elevados de sais. Para salinização de um solo, além da intemperização das rochas e liberação dos sais, é preciso que esses sejam transportados para outros locais, onde se concentram até níveis prejudiciais. O principal agente responsável pela remoção, transporte e acúmulo de sais, é a própria água, a exemplo, uma lâmina de 100 cm de água, com CEA de $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ leva ao solo cerca de $4,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de sais.

O conceito de qualidade de água refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico; em outras palavras, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas e biológicas. Preferências pessoais, como sabor, podem constituir simples avaliação de aceitabilidade, porém na avaliação da qualidade da água para a irrigação leva-se em conta, sobretudo, as características químicas e físicas e poucas são as vezes em que outros fatores são considerados importantes (AYERS & WESTCOT, 1999).

Segundo AYERS & WESTCOT, 1999 a qualidade da água para irrigação está relacionada a seus efeitos prejudiciais aos solos e às culturas requerendo muitas vezes, técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas associados à sua utilização; desta forma, a conveniência de uma água para irrigação deve ser avaliada juntamente com o estudo das condições locais de uso, tomando como base os fatores relacionados com a água, o solo e a planta.

2.4 - Fatores que influenciam na qualidade da água para irrigação

Os sais solúveis que ocorrem no solo e na água se originam, em geral a partir da intemperização dos minerais primários constituintes da crosta terrestre (RICHARDS,1954, FAO/UNESCO.1973). Segundo ISRAELSEN & HANSEN (1967), a intemperização química envolve processos de hidrólise, hidratação, solução, oxidação e carbonatação, resultando na liberação gradual de íons solúveis que, na ausência da precipitação pluviométrica em quantidades e freqüência suficientes para promover a lixiviação através do perfil do solo se acumulam, atingindo níveis restritivos ao desenvolvimento satisfatório das plantas cultivadas; por este motivo, a ocorrência de solos sódicos está quase sempre associada às regiões áridas ou semi-áridas, enquanto a presença de chuvas em áreas litorâneas pode contribuir significativamente para a deposição de sais no solo (BIGGAR et al.1984).

Em regiões úmidas, e por se tratar de zonas com precipitações elevadas, solos profundos e com relevo ondulado os sais liberados durante a intemperização são lixiviados até ao lençol freático ou são eliminados dos locais de origem através das águas superficiais, enquanto nas regiões áridas e semi-áridas, devido ao déficit hídrico ser maior em parte do ano e, na maioria das vezes, por serem solos rasos ou apresentarem camadas impermeáveis no perfil, aliado à existência de topografia relativamente plana, esses sais junto com a água são depositados em depressões, nas quais estarão sujeitos aos processos de evaporação e/ou evapotranspiração, podendo com o tempo atingir níveis elevados e comprometedores para o crescimento e desenvolvimento das culturas (RICHARDS,1954; PIZARRO,1978).

O teor de sais das águas superficiais embora seja função das rochas predominantes nas nascentes, da zona climática, da natureza do solo em que a água flui, depende também da poluição pelas atividades humanas; já no caso de água subterrânea, o teor de sais depende da origem da água e do curso sobre a qual ela flui, e a sua salinização está de conformidade com a lei de dissolução, com base no contato entre a água e o substrato que armazena a referida água. As mudanças no teor de sais da água subterrânea no processo de recarga resultam de redução, geralmente, de natureza bioquímica, troca catiônica, evapotranspiração e precipitação (YARON 1973, citado por MEDEIROS, 1992). Entretanto, atualmente, com a sobre-exposição dos solos à agricultura intensiva e à criação de gado e animais em geral, ocorrem cada vez com maior freqüência contaminações dos aquíferos com poluentes de origem antrópico, destacando-se os nitratos, agrotóxicos, metais pesados e contaminação fecal.

CRUZ & MELO (1969), estudando as águas subterrâneas no Nordeste indicaram, como principais fatores que controlam a salinização, em ordem decrescente, o clima, modo de

ocorrência das águas (aqüíferos livres ou confinados), as condições de circulação (zoneamentos verticais) e a natureza geológica (influência litológica). Por outro lado, SANTOS et al. (1984), tentando explicar as causas e processos de salinização das águas subterrâneas de aqüífero fraturado da região cristalina semi-árida do Estado do Rio Grande do Norte, mesmo ainda precisando de estudos complementares, consideram a relação entre a salinização das águas e as características das diferentes associações de solos presentes, ou seja, solos salinos – água salgada e solos não salinos – água doce ou salobra.

Para águas superficiais, LEPRUN (1983) apontou o tipo de solo como um indicador do nível de salinidade dessas águas. LARAQUE (1989), estudando a salinização nas águas de açudes na região semi-árida do Nordeste, conclui que o tipo de solo da bacia hidrográfica do açude pode ser indicativo do risco de salinidade da água e, também, que açudes superdimensionados podem ter suas águas salinizadas com o tempo, devido aos longos tempos de armazenamento, que favorecem os acúmulos de sais, caso não se faça descargas de fundo ou limpeza do mesmo.

A composição da água superficial pode alterar-se sob a influência da precipitação pluviométrica e da evaporação (LARAQUE, 1989; MEDEIROS, 1992). LEPRUN (1983) constatou, para as condições do Nordeste que, em termos médios, a salinização da água para diferentes fontes se situa na seguinte ordem: açude, rios, cacimbões e poços rasos, porém há muitas variações no nível da salinidade para cada fonte. Segundo SHALHEVET & KAMBUROV (1976) a distinção entre as diferentes águas usadas na irrigação depende das condições geoclimáticas da região, da fonte de água, da localização do curso de água, da época do ano e do desenvolvimento da irrigação.

PEREIRA et al. (1991) estudaram a qualidade das águas superficiais na microrregião do Seridó, RN, e concluíram que as fontes de água mais salina apresentam maior variabilidade que as de baixa salinidade; em geral, a qualidade da água para irrigação variou entre bacias hidrográficas e entre os tipos de fonte e, para determinada fonte, o nível de salinidade é maior na época que coincide com o período de irrigação (o verão ou época seca); utilizando a Classificação de Richards 71,9 % das fontes da água pesquisadas nessa região apresentaram águas de qualidade entre regular a excelente, para irrigação.

CRUZ (1966), MENTE et al. (1966) e LEPRUN (1983) viram que na zona semi-árida a salinidade da água aumenta muito da superfície para a profundidade e o maior acréscimo ocorre nos teores de sódio e cloreto. Na zona úmida a situação é o contrário, visto que a mineralização é maior na superfície do que em profundidade.

COSTA (1982), em estudo para caracterizar as águas de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB, utilizando amostras de água de diferentes fontes, coletadas nas épocas chuvosa e seca, concluiu que, via de regra, o sódio predomina em relação ao calcário e ao magnésio; no entanto, na época chuvosa, com a diminuição da concentração de sais nas águas, em algumas fontes pode-se verificar a recíproca, sobretudo onde as concentrações de bicarbonato eram maiores que as do cloreto. Quanto aos ânions, o autor observou predominância de bicarbonato ou cloreto para águas de concentração de sais abaixo ou acima de $0,75 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente; sendo que esta região apresentou 74.3% das fontes de água de boa qualidade.

2.5 - Parâmetros usados para avaliar a qualidade da água para irrigação

Ao se classificar a água, é conveniente lembrar que, procedente de uma mesma fonte, sua qualidade pode variar com o tempo. As amostras devem ser analisadas o ano inteiro ou durante o período de irrigação, com uma frequência adequada. Antes de ser utilizada para este fim, a água de irrigação passa pelo processo de escoamento e armazenamento, seja nos reservatórios superficiais ou subterrâneos. A água ao escoar por zonas de solo que possuem grandes quantidades de sais solúveis tem seu teor de sais aumentado antes do processo de armazenamento e posteriormente, esses sais serão depositados nos solos irrigados, criando os problemas já citados, para os solos e para o desenvolvimento das plantas.

Vários são os critérios e classificações de qualidade de água para a irrigação, mas a sua generalização é arriscada de vez que os fatores que condicionam os critérios de qualidade são tão importantes que, às vezes, podem invalidar, total ou parcialmente, o critério estabelecido. O ideal seria juntar um conhecimento mais profundo na área vegetal para se avaliar a qualidade de uma água específica para um determinado cultivo em um ecossistema também específico (PEREIRA & HOLANDA, 1983).

WILCOX (1948), RICHARDS (1954), ALLISON (1964), SHAINBERG & OSTER (1978), AYERS & WESTCOT (1961), e outros apontam, como características mais importantes que determinam a qualidade de uma água para uso de irrigação, os seguintes parâmetros básicos: concentração total de sais solúveis, concentração relativa de sódio e concentração dos íons tóxicos.

2.5.1 – Concentração total de sais solúveis

Embora diversos fatores possam influenciar na qualidade e composição dos sais solúveis presentes na água de irrigação, as variações na composição não são muito acentuadas para uma região. Estudos de LEPRUN (1983) indicam que a concentração dos principais íons presentes na água pode ser estimada a partir de sua condutividade elétrica, que expressa a concentração total de sais solúveis. Segundo RICHARDS (1954) pode ser expressa com a seguinte relação.

$$STD = 640.CEa \quad (1)$$

onde a Condutividade elétrica da água (CEa) é expressa em $dS\ m^{-1}$ e sólidos totais dissolvidos (STD) é expresso em $mg\ L^{-1}$

2.5.2 – Concentração relativa de sódio

A concentração relativa alta de sódio (Na) na água de irrigação pode elevar a percentagem de sódio trocável (PST) do solo, prejudicando a sua permeabilidade (RICHARDS, 1954; RHOADES, 1972; SHARINBERG & OSTER, (1978).

Devido ao fato de muitos íons interferirem nos efeitos da qualidade da água sobre a permeabilidade do solo, vários termos foram desenvolvidos como percentagem de sódio, percentagem de sódio possível, relação de adsorção de sódio e índice de permeabilidade, os quais são apresentados a seguir:

2.5.2.1. Percentagem de saturação de sódio (%Na)

Este parâmetro é o mais antigo para se avaliar o perigo de sódio. Em várias classificações de água para irrigação tem-se utilizado este conceito (WILCOX, 1948; THORNE & THORNE, 1951; CHRISTIANSEN et al., 1977) entre outros. A %Na é determinada da seguinte forma:

$$\%Na = \frac{Na^+}{Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que as concentrações dos íons são em $meq\ L^{-1}$.

2.5.2.2. Percentagem de sódio possível (PSP)

EATON (1949), considerando que nas concentrações da solução do solo pela evapotranspiração, o Ca e o Mg se precipitavam em forma de CO_3^{2-} e HCO_3^- resultando num aumento relativo do Na na solução do solo, propôs o conceito de carbonato de sódio residual (CRS), a partir do qual o autor introduziu o parâmetro percentagem de sódio possível (PDP) assim:

$$PSP = \frac{Na^{++}}{(Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+) - (CO_3^{2-} + HCO_3^-)} \cdot 100 \quad (3)$$

2.5.2.3. Relação de adsorção de sódio (RAS)

RICHARDS (1954) não apenas indicou a RAS como sendo o parâmetro de água que melhor se correlaciona com a PST do solo, mas introduziu, pela primeira vez, este conceito, num sistema de classificação. A RAS é definida pela expressão abaixo:

$$RAS = \frac{Na^+}{\left[\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2} \right]^{1/2}} \quad (4)$$

Donde: os íons são expressos em meq L^{-1} e RAS em $(\text{mmol L}^{-1})^{-1/2}$

Em virtude da baixa solubilidade do CaCO_3 , BOWER et al. (1965), propuseram o uso do índice de saturação de Langelier (ISL) para estimar a precipitação do carbonato de cálcio da água de irrigação na solução do solo. O método para o cálculo do ISL pode ser encontrado em MEDEIROS (1992).

A partir do ISL, BOWER et al. (1968) estabeleceram uma relação para determinar a RAS ajustada (RASaj):

$$RASaj = RAS \cdot (1 + ISL) \quad (5)$$

RHOADES (1977), OSTER & SCHROER (1979) e SUAREZ (1981) avaliaram o parâmetro RASaj e concluíram que o perigo de sódio indicado por este parâmetro era superestimado. SUAREZ (1981) sugeriu um novo procedimento, com melhor compreensão das

modificações do cálcio na água do solo, que dão lugar ao aumento de seu teor, provocado pela dissolução dos carbonatos e silicatos, ou sua diminuição, ocasionada pela precipitação, em forma de carbonato de cálcio. Este novo parâmetro foi denominado RAS corrigida (RASc) (AYERS & WESTCOT, 1999), e é determinado pela equação abaixo:

$$RASc = \frac{Na}{\left(\frac{Ca_c + Mg}{2}\right)^{1/2}} \quad (6)$$

Sendo Ca_c o teor do cálcio corrigido pela salinidade da água (CE) e a relação HCO_3^-/Ca , a RAS é, hoje, o parâmetro mais recomendado para se avaliar o risco da água de irrigação com tendência a provocar problemas de infiltração no solo (AYERS & WESTCOT, 1999, HOORN & ALPHEN, 1988, RHOADES & LOVEDAY, 1990).

2.5.2.4. Índice de permeabilidade (IP)

Este índice foi desenvolvido por DONNEN (1967), e considera que a permeabilidade de um solo irrigado por um longo período será dada pelos teores de Na^+ e HCO_3^- . Este índice é obtido pela equação:

$$IP = \frac{Na^+ + (HCO_3^-)^{1/2}}{Na^+ + Ca^{++} + Mg^{++}} \cdot 100 \quad (7)$$

2.5.3 – Concentração de íons tóxicos

A toxicidade se origina quando certos íons são absorvidos pela planta através da solução da água do solo e são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocar danos. Os danos podem reduzir significativamente os rendimentos das culturas, e sua magnitude depende do tempo, da concentração dos íons, da sensibilidade das plantas e do uso de água pelas culturas (AYERS & WESTCOT, 1999). Os íons que podem tornar tóxicos em altas quantidades na água de irrigação são: o cloreto, que provoca a toxicidade mais freqüente com sintomas necróticos e queimaduras nas folhas, o sódio que é mais difícil de ser diagnosticado, e o boro que, mesmo em concentração muito pequena, pode ser tóxico para certas plantas. Os danos desses íons podem ser provocados individualmente ou em combinação.

2.5.4 – Outras características

Além desses parâmetros, várias outras características são consideradas na avaliação da adequação da água para irrigação; conforme recomendação de AYERS & WESTCOT (1999), esses outros parâmetros são:

- a) pH da água;
- b) Presença de bicarbonatos;
- c) Presença de elementos traços (oligoelementos)- Fe, Cu, Ni, Cd, Mn, etc.;
- d) Presença de nitrogênio (nitrato, nitrito e amônio);
- e) Relação Ca/Mg;
- f) Presença de vetores de doenças.

2.6 – Classificação da água para irrigação

Para que se tenha uma interpretação correta da qualidade da água para irrigação, deve-se, primeiro, analisar parâmetros que se relacionem com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, para que só então sejam estudados em conjunto, a fim de que seja possível controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (SCALOPPI & BRITO, 1986).

HILGARD (1906) foi pioneiro em trabalhos sobre a qualidade da água, mostrando a importância da sua composição; ele avaliou a água pelas concentrações aniônica e total de sais. Baseado nos trabalhos deste autor, STABLER (1911) considerou o NaCO_3^- como sendo duas vezes mais indesejável que o NaCl e dez vezes mais que o Na_2SO_4 para águas de irrigação; no entanto, esses resultados foram ignorados durante mais de cinquenta anos. A partir da teoria sobre os cátions trocáveis e do papel do sódio em dispersar o solo com conseqüente diminuição da permeabilidade e do desenvolvimento das condições sódicas, a determinação dos cátions passou a desempenhar papel mais significativo na avaliação da qualidade da água para irrigação (DONNEN, 1975).

Vários autores têm propostos esquemas de interpretação e classificação da água para irrigação. WILCOX (1948), THORNE & THORNE (1951), RICHARDS (1954), THORNE & PERTERSON (1954), AYERS & WESTCOT (1976) e outros, se baseiam nos fatores que determinam sua qualidade, sobretudo, na salinidade total e na quantidade relativa de sódio. SCOFIELD (1936) e CHRISTIANSEN et al. (1977) consideram a concentração de cloreto,

sulfato e boro etc. DONEEN (1975), KOVDA (1977) E BHUMBLA (1977), consideram a permeabilidade do solo, a lixiviação e a tolerância das culturas. EATON (1949) propôs uma classificação em função do carbonato de sódio residual.

Dos sistemas de classificação de água propostos para irrigação, o recomendado pelo Laboratório de Salinidade dos E.U.A. (RICHARDS, 1954) é o que tem sido mais utilizado no mundo; entretanto, as diretrizes de classificação hoje propostas pela FAO (AYERS & WESTCOT, 1999), têm sido as mais recomendadas.

O diagrama para classificação da água de irrigação, indicado pelo Laboratório de Salinidade dos E.U.A. (RICHARDS, 1954) se baseia na condutividade elétrica (CE) como indicadora do perigo da salinidade e na relação, de acordo de adsorção de sódio (RAS), como indicadora do perigo de sodificação do solo. O diagrama e sua interpretação são apresentados na Figura 01.

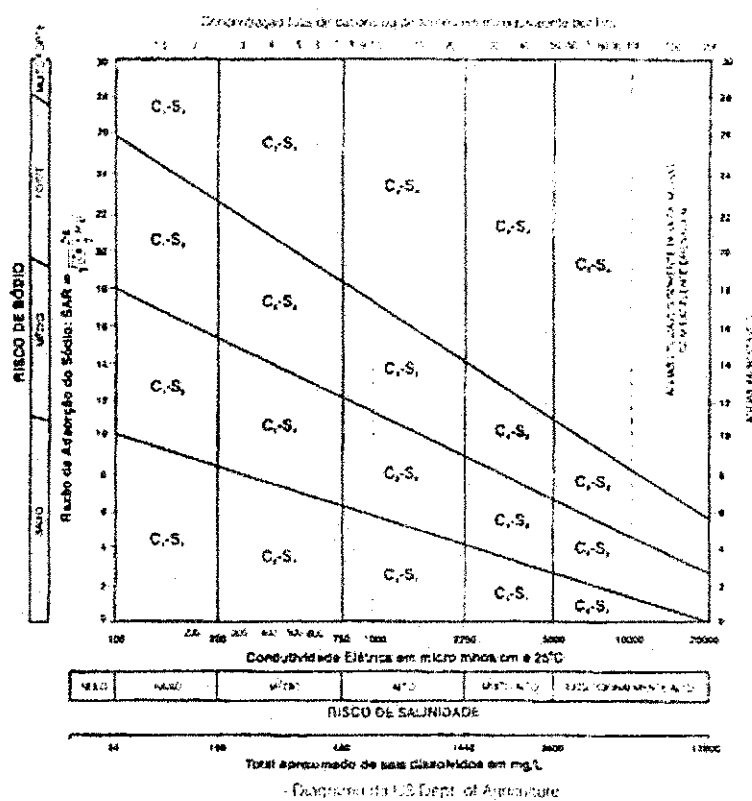


Figura 1. Diagrama de classificação de água de irrigação, segundo RICHARDS (1954).

2.6.1. Quanto ao perigo de salinização

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua condutividade elétrica, ou seja, em função da concentração total de sais solúveis segundo, RICHARDS (1954).

C₁: água de baixa salinidade: pode ser usada para irrigar a maioria das culturas, em quase todo tipo de solo, com pouca probabilidade de que ocorra problemas de salinidade; alguma lixiviação é necessária, porém isso ocorre normalmente nas práticas de irrigação, exceto em solos com permeabilidade extremamente baixa.

C₂: água de salinidade média: pode ser usada em quase todos os casos sempre que houver um grau moderado de lixiviação; culturas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas sem a necessidade de práticas especiais de controle da salinidade.

C₃: água de alta salinidade: não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem; mesmo com drenagem adequada pode necessitar de práticas especiais de controle da salinidade e desta forma, deve ser usada apenas em culturas muito tolerantes à salinidade.

C₄: água de salinidade muito alta: não é recomendada para irrigação sob condições normais, porém pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos devem ser permeáveis e a drenagem adequada, devendo-se aplicar uma lâmina em excesso para conseguir boa lavagem, caso em que deve ser utilizada apenas para culturas altamente tolerantes à salinidade.

2.6.2. Quanto ao perigo de sodificação

As águas são divididas em quatro classes, em função da acumulação de sódio no solo e seus conseqüentes efeitos nas condições físicas do solo. O perigo de sodificação do solo é avaliado através da RAS, que têm limites determinados por equação, em função da CEa, para cada classe a seguir:

S₁: água com baixa concentração de sódio: ($RAS < 18,87 - 4,44 \cdot \log CEa$): pode ser usada para irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável, porém culturas muito sensíveis, como o abacateiro, podem ser afetadas por essa água.

S₂: água com concentração média de sódio: ($18,87 - 4,44 \log CEa < RAS < 31,31 - 6,66 \cdot \log CEa$): só pode ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos e de boa permeabilidade; solos de textura fina, com alta capacidade de troca de cátions (CTC) e sob condições de boa lixiviação, essa água apresenta perigo de sodificação bastante considerável, a não ser que o solo contenha gesso.

S₃: água com alta concentração de sódio: ($31,31 - 6,66 \cdot \log (CEa) < RAS < 43,75 - 8,87 \log(CEa)$): pode produzir níveis críticos de sódio trocável na maioria dos solos.

necessitando de práticas especiais de manejo de solo. boa drenagem, alta lixiviação e adição de material orgânico, gesso etc.

S₄: água com concentração muito alta de sódio: ($RAS > 43,75 - 8,87 \log (CEa)$): em geral é imprópria para irrigação, porém pode ser usada ocasionalmente, quando sua salinidade é baixa ou média, em solos bem drenados ou com presença de gesso.

Atualmente, a FAO recomenda a classificação proposta pelo Comitê dos Consultores da Universidade da Califórnia-UCCC (1974) citado por AYERS & WESTCOT, (1999) cujas diretrizes se baseiam no estudo do grau de restrição no uso da água com problemas potenciais, como: salinidade, problemas de infiltração, toxicidade de íons específicos e outros. (Tabela 1).

Tabela 1. Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação¹, conforme AYERS & WESTCOT (1999)

Problema Potencial da Água de Irrigação		Grau de Restrição de Uso		
Unidade		Nenhum	Baixo a moderado	Severo
Salinidade				
CEa ²	dS m ⁻¹	< 0,7	0,7 - 3	> 3,0
SDT ³	mg L ⁻¹	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltração				
RAS ⁴	0 - 3 e CEa	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
	3 - 6	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,2
	6 - 12	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
	12 - 20	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
	20 - 40	> 5,0	5 - 2,9	< 2,9
Toxicidade de íon específico				
Sódio (Na)⁵				
Irrigação superficial	RAS	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	< 3	> 3	
Cloreto (Cl)⁵				
Irrigação superficial	meq L ⁻¹	< 4	4 - 10	> 10
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	< 3	> 3	
Outros íons que afetam culturas sensíveis)				
Nitrogênio (N -NO ³) ⁶	mg L ⁻¹	< 5,0	5 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃) (apenas aspersão convencional)	meq L ⁻¹	< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
pH		Faixa normal: 6,5 - 8,4		

¹ Adaptada da UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS (1974)

² CE_a - Condutividade elétrica da água, em dS m⁻¹ a 25°C

³ SDT = Sódio Totais Dissolvidos (mg. L⁻¹)

⁴ RAS significa Relação de Adsorção de Sódio algumas vezes representada como R_{na}. Para determinado valor de RAS, a velocidade de infiltração aumenta à medida em que aumenta a salinidade. Avalia-se o problema potencial de infiltração através da RAS e da CE_a.

⁵ A maioria das culturas arbóreas e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e ao cloreto; no caso de irrigação por superfície, usam-se os valores indicados.

⁶ Significa nitrogênio em forma de nitrato expresso em termos de nitrogênio elementar.

Segundo AYERS & WESTCOT (1999) os problemas mais sérios são relativos à salinidade e permeabilidade, associados à quantidade de sais dissolvidos na água e ao elevado teor de sódio, em relação aos de cálcio e magnésio, respectivamente. Alternativamente, a classificação das águas quanto aos problemas potenciais de infiltração, pode ser realizada a classificação utilizando-se a Figura 2

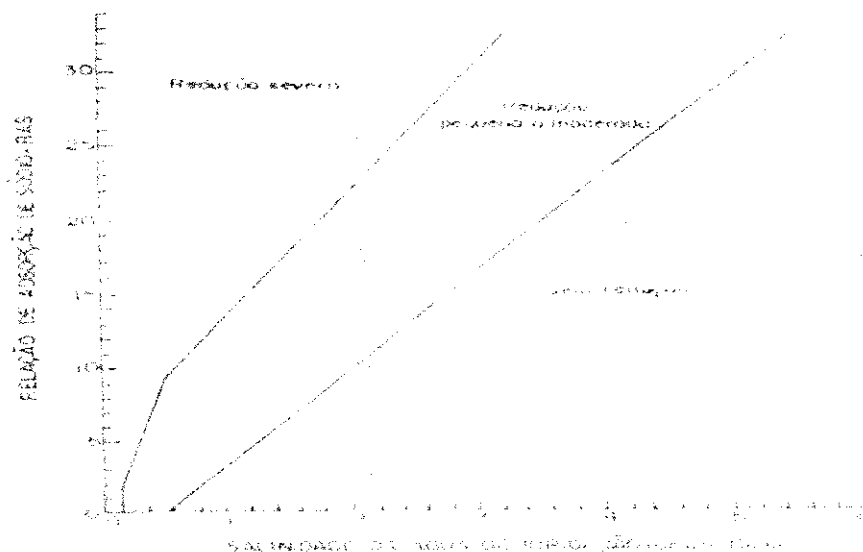


Figura 2. Redução relativa da infiltração provocada pela salinidade e relação de adsorção de sódio (RHOADES, 1977 E OSTER & SCHOER, 1979)

Segundo RHOADES & LOVEDAY (1990), ultimamente, a adequabilidade de água para irrigação tem sido avaliada levando-se em conta as condições específicas de uso, incluindo-se o desenvolvimento das culturas, as propriedades do solo, o manejo da irrigação, as práticas culturais e os fatores climáticos; entretanto, o método mais recente para se avaliar a adequabilidade de uma água para irrigação, consiste em (i) predizer a composição e o potencial mátrico de água do solo no tempo e no espaço, resultante da irrigação e cultivo, (ii) interpretar tais condições sob determinadas variáveis climáticas.

Um método em que se usam esses critérios tem sido desenvolvido por RHOADES & MERILL (1976), cuja seqüência é a seguinte: (i) prever a salinidade, sodicidade e concentração de íons tóxicos de determinada água de irrigação de certa composição, aplicada com fração de lixiviação específica, e (ii) avaliar o efeito desse nível de salinidade (ou concentração iônica) no rendimento da cultura, e no nível de sodicidade sobre a permeabilidade do solo.

As análises de laboratório necessárias para o uso de diretrizes técnicas, são apresentadas na Tabela 2. A exatidão recomendada das análises é de $\pm 5\%$. Os procedimentos de laboratório pertinentes podem ser encontrados nas publicações de (RICHARDS, 1954; RHOADES & CLARK, 1978; DEWIS & FREITAS, 1970; APHA, 1995) etc.

Tabela 2. Faixas normais de análises laboratoriais necessários para avaliação da qualidade da água de irrigação.

PARÂMETROS	Símbolo	Unidade	Valores normais em Água de irrigação
SALINIDADE			
Conteúdo de Sais⁽¹⁾	CEa	dS m ⁻¹	0 - 3
Conductividade elétrica ou Sólidos Totais Dissolvidos	STD	meq L ⁻¹	0 - 2.000
Cátions e ânions			
Cálcio	Ca ⁺⁺	meq L ⁻¹	0 - 20
Magnésio	Mg ⁺	meq L ⁻¹	0 - 5
Sódio	Na ⁺	meq L ⁻¹	0 - 40
Carbonatos	CO ₃	meq L ⁻¹	0 - 0,1
Bicarbonatos	HCO ₃	meq L ⁻¹	0 - 20
Cloretos	Cl ⁻	meq L ⁻¹	0 - 30
Sulfatos	SO ₄	meq L ⁻¹	0 - 20
Nutrientes⁽²⁾			
N-Nítrico	N-NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	0 - 10
N-Amoniacal	N-NH ₄ ⁺	mg L ⁻¹	0 - 5
Ortofósforo solúvel	P-PO ₄ ⁻⁻⁻	mg L ⁻¹	0 - 2
Potássio	K ⁺	mg L ⁻¹	0 - 2
Outros			
Boro	B	mg L ⁻¹	0 - 2
Acidez ou alcalinidade	pH	mg L ⁻¹	6 - 8,5
Relação de adsorção de sódio ⁽³⁾	RAS	(mmol L ⁻¹) ^{1/2}	0 - 15

⁽¹⁾ dS.m⁻¹ = deciSiemens/metro

mg L⁻¹ = miligrama/litro = partes por milhão (ppm)

meq L⁻¹ = milequivalente/litro (meq L⁻¹ = mg L⁻¹ equivalente). Em unidades SI, 1 meq L⁻¹ =

milimol_e L⁻¹ corrigido segundo carga elétrica.

⁽²⁾ N-NO₃⁻ Significa que o laboratório deverá determinar NO₃⁻ e expressá-lo em termos de equivalente químico de N; da mesma forma que para N-NH₄⁺ o Laboratório determinará o NH₄⁺, mas expressará em termos de equivalentes químicos de N elementar. O nitrogênio total disponível para as plantas será a soma de equivalentes de nitrogênio. O mesmo método deverá ser utilizado para expressar o P.

⁽³⁾ RAS e calculada a partir de Na, Ca e Mg, em meq L⁻¹.

FONTE: Ayers & Westcot, 1999

2.7 - Efeitos da qualidade da água nas propriedades dos solos e nas plantas

De acordo com AYERS & WESTCOT (1999), esses efeitos constituem o problema mais comuns do solo; segundo eles os efeitos da qualidade da água são relacionados com:

- Salinidade, que em quantidade elevada no solo e na água reduzem a disponibilidade de água para as plantas, a tal ponto que afetam os rendimentos;
- infiltração da água, pois teores relativamente altos de sódio reduzem a velocidade com que a água de irrigação atravessa a superfície do solo. Esta redução pode alcançar tal magnitude, que as raízes das plantas não recebem água suficiente entre as irrigações;
- toxicidade de íons específicos, como sódio, cloreto e boro contidos no solo ou na água que acumulam-se nas plantas em concentrações suficientemente altas causando danos e reduzindo o rendimento das culturas;
- além de problemas, como: os excessos de nutrientes que reduzem os rendimentos das culturas e/ou sua qualidade. As manchas nas frutas ou na folhagem prejudicam a comercialização dos produtos; a corrosão excessiva dos equipamentos aumenta os custos de manutenção e reparos.

Enquanto a acumulação de sais torna o solo floculado, fofo e bem permeável, o aumento de sódio trocável poderá torná-lo adensado, compacto em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas. Devido a esses fatos, o solo sódico apresenta permeabilidade baixa, e qualquer excesso de água ficará empossado na superfície do solo, impedindo a germinação das sementes e o crescimento das plantas por falta de aeração (GHEYI et al. 1992).

Nem todas as culturas respondem bem à salinidade. Algumas possuem uma grande capacidade de adaptação osmótica e conseguem retirar a água em condições de alta salinidade, produzindo, assim rendimentos aceitáveis. Todavia, existem outras que não possuem esta adaptação e acabam tendo baixos rendimentos. Culturas como beterraba, algodão, milho, sorgo, trigo, cebola, cenoura, morango, abacate, manga e maracujá são extremamente sensíveis.

Segundo ZARTMAN & GICHURU (1984) muitos estudos indicam que em geral, sais de cálcio melhoram as propriedades físicas do solo pela floculação desses elementos, enquanto sais de sódio provocam deterioração dessas propriedades por causa de seus efeitos dispersivos. A dispersão das partículas do solo diminui a condutividade hidráulica (QUIRK & SCOFIELD, 1955) e a velocidade de infiltração (MARSHALL, 1968) mas, aumenta a densidade global (WALDROW et al. 1970).

SHARMA & MONDAL (1981) estudando o efeito das águas de 24 poços com CE com valores variando de 0,57 a 3,54 dS m⁻¹, RASaj com valores entre 5,2 e 53,1 (mmol L⁻¹)^{1/2} e CSR entre 2,8 e 10,8 meq L⁻¹ nas áreas irrigadas com as respectivas águas concluíram, após 6 a 8 anos de irrigação, que a acumulação de sais no solo cresce logaritmicamente, com o

aumento linear da PST e, ainda que a PST está melhor correlacionada com a RAS_{ij} que a CSR (carbonato de sódio residual) da água de irrigação.

Em muitos solos, a maior parte dos cátions adsorvidos são de cálcio, mas em solos irrigados de qualidade inferior, ocorre tendência do sódio trocável atingir valores consideráveis. Segundo RICHARDS (1954), FAO/UNESCO (1973) e HOORN & ALPHEN (1988), a composição dos cátions trocáveis está relacionada com a concentração dos diferentes cátions presentes na solução do solo e, de forma simples, esta relação é dada pela equação de Gapon, a qual pode ser apresentada da seguinte forma:

$$RST = KG.RAS \quad (8)$$

Sendo RAS, a relação de sódio trocável cujo valor é dado pela equação

$$RAS = \frac{Na_{troc}}{CTC - Na_{troc}} \quad (9)$$

KG: coeficiente de Gapon; trata-se de uma constante cujo valor depende da mineralogia da argila, do teor de matéria orgânica e da combinação dos cátions presentes no sistema solo-água.

Portanto, como existe uma relação matemática entre a PST e a RST, PST pode ser estimada a partir do valor da RAS, pela seguinte equação:

$$PST = \frac{KG.RAS}{1 + KG.RAS} \quad (10)$$

Isto significa que a RAS da água de irrigação pode ser usada como medida do risco de sodicidade, enquanto ela possa ser relacionada com a RAS, resultante do equilíbrio com o solo (SHAINGERG & OSTER, 1978).

A partir daí, RICHARDS (1954) estabeleceu uma relação empírica entre a RAS da água de irrigação e a PST do solo, de acordo com a Figura 3.

Usando o índice de Langelier modificado, juntamente com a RAS da água de irrigação com alto teor de carbono e sem bicarbonato de sódio residual, BOWER et al. (1965) propôs a seguinte equação empírica:

$$PST = 2.RAS + 2.RAS.(8,4 - pH_e) \quad (11)$$

BOWER *et al.* (1968) recomendaram o uso da RASaj da água de irrigação como forma de prever a PST do solo após o uso prolongado da respectiva água.

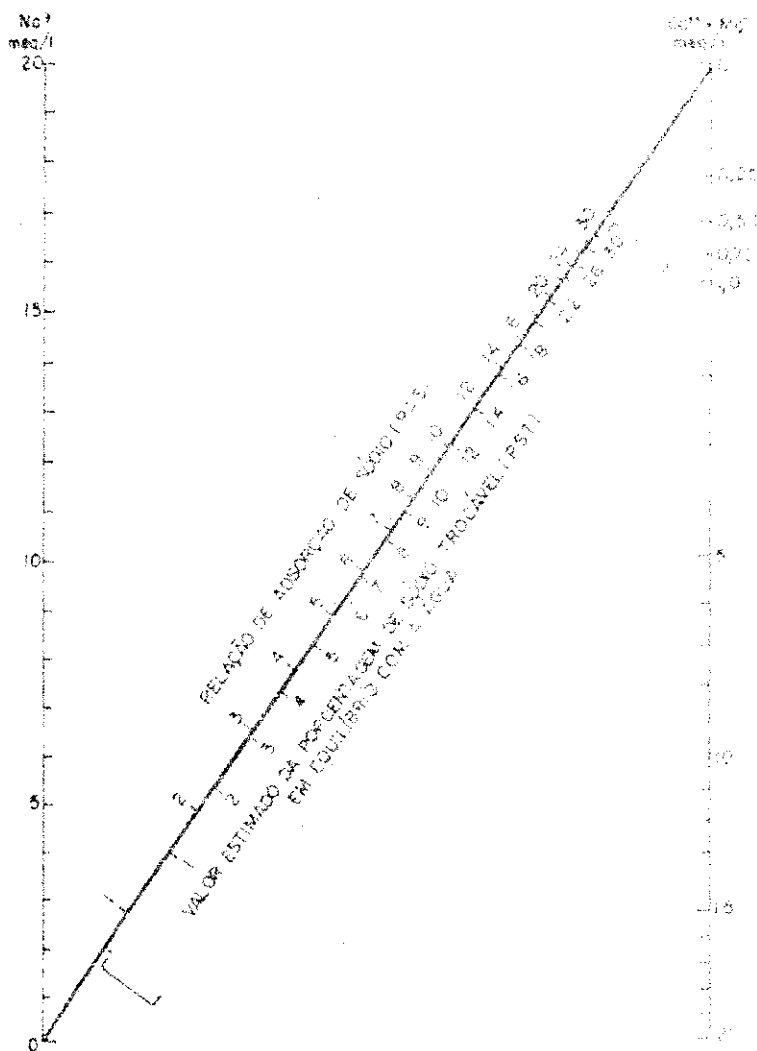


Figura 3. Normograma para se determinar a RAS da água de irrigação e para estimar o valor correspondente da PST do solo que está em equilíbrio com a referida água.

Segundo GHEYI *et al.* (1992), a lavagem é, no momento, a técnica mais prática de eliminação dos sais do solo, a qual consiste em se fazer passar, através do perfil do solo, uma certa quantidade de água capaz de carrear os sais presentes, e estes deverão ser eliminados, de forma superficial ou subterrânea, através de uma drenagem adequada. A fração de lixiviação depende da concentração de sais presentes na água de irrigação e da tolerância da cultura a eles.

A acumulação de sais solúveis em quantidades excessivas poderá afetar o crescimento e o rendimento das plantas, mediante um ou mais mecanismos. As plantas que crescem em meio salino tendem a apresentar menor tamanho; suas folhas têm cor verde-azulado mais escuras que aquelas plantas que crescem em condições normais, podendo apresentar queimadura nas bordas ou clorose nas folhas (RICHARDS, 1954; BLACK, 1975). Embora a salinidade reduza a disponibilidade de água, de forma similar para todos os tipos de planta, nem todas as culturas são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade (RICHARDS, 1954; MAAS, 1984; AYERS & WESTCOT, 1999).

Em meio salino, algumas plantas poderão aumentar a concentração de sais no seu interior, de modo que permaneça um gradiente osmótico favorável para a absorção de água pelas raízes. Este processo é chamado ajustamento osmótico, que varia entre as diferentes espécies de plantas (GHEYI et al., 1992). A tolerância relativa da maioria das culturas é suficientemente conhecida (RICHARDS, 1954; AYERS & WESTCOT, 1999), o que permite a preparação de diretrizes técnicas de salinidade.

2.8- Qualidade das águas para dessedentação animal

Segundo AYERS & WESTCOT, (1999) nas regiões áridas e semi-áridas, o gado, em geral, consome águas de qualidade inferior durante vários meses do ano. De vez em quando, as águas contêm altos níveis de sais e provocam desarranjos fisiológicos e até a morte dos animais. O efeito mais comum é a falta de apetite que tem sua origem não apenas de um desequilíbrio no conteúdo de água nos tecidos, mas também, de uma toxicidade iônica, sendo o magnésio o íon que pode provocar mais facilmente diarreia no gado.

Após uma avaliação das fontes de água, as variações estacionais durante os períodos secos e quentes, a idade e condições dos animais, a composição dos alimentos e a própria espécie animal, e com fim de evitar perdas econômicas, a Academia Nacional de Ciências dos EUA (1972) citado por AYERS & WESTCOT (1999), estabeleceu que do ponto de vista da salinidade, as águas com uma condutividade inferior a 5 dS m^{-1} são satisfatórias para o gado, praticamente em qualquer circunstância, porém nas regiões áridas e semi-áridas é necessário muitas vezes usar as águas que excedam do limite de 5 dS m^{-1} , onde pode-se observar, através da Tabela 3 alguns limites toleráveis para algumas espécies animais.

Tabela 3. Guia de qualidade de água para dessedentação de gado e aves¹.

Salinidade de água (dS m ⁻¹)	Classe	Observações
< 1,5	Excelente	Adequada para todas as classes de gado e aves confinadas.
1,5 – 5,0	Muito Satisfatória	Adequada para todas as classes de gado e aves confinadas. Provoca diarreia temporária em gado não acostumado e excrementos aquosos nas aves.
5,0 – 8,0	Satisfatória para o gado Não apta para as aves	Pode produzir diarreia temporária ou não ter aceitabilidade por animais não acostumados a ela. Provoca frequentemente excrementos aquosos, aumento de mortalidade e redução de crescimento, especialmente em perus.
8,0 – 11,0	De uso limitado para o gado Não apta para as aves	Adequada com razoável segurança para bovinos de leite, de corte, ovinos, suínos e eqüinos. Evitar para fêmeas prenhas e em lactação. Não adequadas para aves domésticas.
11,0 – 16,0	De uso limitado	Não adequada para aves e provavelmente para suínos. Grande risco para vacas lactentes ou prenhas, ovinos e eqüinos. Evitar seu uso, embora os ruminantes, cavalos, suínos e aves mais velhos possam subsistir em certas condições.
> 16,0	Não recomendável	Riscos muito grandes.

1. Fonte: National Academy of Science (1972; 1974) citado por AYERS & WESTCOT. (1999).

Conforme AYERS & WESTCOT. (1999), com exceção do Mg, os íons responsáveis pela salinidade não são muito tóxicos em sua maioria, assim as normas Australianas recomendam que se deve considerar o Mg, sobretudo, quando a salinidade excede de 6,6 dS m⁻¹ (4.000 mg L⁻¹) nas águas para o gado bovino e 10 dS m⁻¹ (6.000 mg L⁻¹) nas águas para ovinos. Na Tabela 4 encontramos os níveis toleráveis de magnésio que a Australian Water Resources Council (1969) citado por AYERS & WESTCOT (1999), apresenta.

Tabela 4. Níveis sugeridos de magnésio nas águas para dessedentação de gado e aves¹

Aves e Gados	Concentração de Magnésio	
	mg L ⁻¹	meq L ⁻¹
Aves Confinadas ²	< 250	< 21
Suínos ²	< 250	< 21
Eqüinos	< 250	< 21
Vacas lactentes	< 250	< 21
Ovelhas e cordeiros	< 250	< 21
Bovinos de corte	< 400	< 33
Ovinos adultos alimentados com feno	< 500	< 41

¹. Fonte: Australian Water Resources Council (1969) citado por AYERS & WESTCOT (1999).

². A tolerância das aves e suínos ao Mg é desconhecida, porém se estima que seja inferior a 250 mg L⁻¹

2.9- Qualidade das águas para consumo humano

No Brasil, os portugueses observaram o hábito da população indígena de consumir águas limpas. Em 1648, William Pies, médico da corte Nassau, escrevia a respeito das águas do Brasil: *“os velhos naturais não menos solertes em distinguir pelo gosto as diferenças das águas, que os nossos em discernir as várias qualidades dos vinhos, acusam de imprudência os que colhem água sem nenhum modo as discriminar. Quanto a eles, buscam as mais tênues e doces, que não deixam nenhum depósito e as conservam ao ar livre em lugares elevados, por dias e noites, em bilhas de barro, onde não obstantemente os raios a prumo do sol as tornam num momento mui frescas”*. Talvez seja esta a recomendação mais antiga de critérios sanitários da água no Brasil (Branco,1986).

Na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, Artigo 17º, as metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade, devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization).

A descoberta dos microrganismos por Leewenhoek, em 1683, a associação entre a ingestão da água do Rio Tamisa, contaminada por esgotos, durante a epidemia de cólera em Londres, feita por SNOW (1990), na metade do século XIX, e a constatação de que muitos desses microrganismos eram causadores de enfermidades por Koch; Pasteur e outros pesquisadores, trouxeram na segunda metade desse século, bases científicas para elaboração

de normas de proteção de mananciais e da qualidade da água potável (BRANCO, 1986; CEBALLOS, 1995; SNOW, 1990).

A poluição orgânica das águas superficiais aumenta a concentração de carboidratos, lipídios e proteínas nos corpos receptores. Esses compostos orgânicos, ao serem degradados pelos organismos decompositores, principalmente bactérias e fungos, liberam ácidos fracos e sais minerais, entre os quais há compostos de nitrogênio e fósforo. A biodegradação aeróbia da matéria orgânica pode gerar elevada demanda de oxigênio (DBO), reduzindo a sua concentração no corpo aquático. Quando o consumo do oxigênio é alto, a reaeração atmosférica e a atividade fotossintética podem ser insuficientes para repor o oxigênio dissolvido na massa d'água; e então predominam condições anaeróbias e, em consequência, desaparecem os organismos aeróbios surgindo, em seu lugar uma biota anaeróbia, que não oxida completamente a matéria orgânica e cujos produtos se acumulam no fundo e, pela continuação do processo de decomposição anaeróbia, ocorre desprendimento de gases com odores desagradáveis (H_2S , mercaptanas entre outros) que tornam essa água imprestável ao abastecimento e à irrigação (BRANCO, 1986).

Os microrganismos patogênicos são descarregados na água de forma intermitente e em pequenos números; seu isolamento, identificação e quantificação, são complexas, exigindo pessoal especializado, altos custos e tempo prolongado, em média 6 dias, para se chegar ao resultado final; portanto até sua detecção, a população já terá consumido a água e os alimentos contaminados. Por isso, para avaliar a qualidade microbiológica de uma água ou qualidade sanitária, foram definidas bactérias indicadoras de contaminação fecal, destacando-se os coliformes, em particular os coliformes fecais ou termotolerantes e os estreptococos fecais como adjuvantes para discernir a contaminação fecal se coliformes estivessem ausentes ou intermitentes (CEBALLOS, 2001).

A Portaria nº 518/04 do Ministério de Saúde que rege a qualidade de potabilidade da água para consumo humano, reza no artigo 7º, no que compete à esfera municipal deve-se fiscalizar as características físicas dos sistemas, as práticas operacionais e o controle da qualidade da água, assim como o histórico da qualidade da água produzida e distribuída para a população.

2.10-Contaminação Fecal

Em função da água ser um elemento indispensável à vida faz-se necessário colocar à disposição dos consumidores um abastecimento satisfatório e da melhor qualidade possível,

de acordo com o permitido pelas circunstâncias econômica e social (OMS, 1995). No Brasil, a qualidade da água para consumo humano está determinada pela portaria 518/04, já citada. O lançamento de dejetos nos corpos d'água no geral está acompanhada pela entrada de esgotos e de material fecal, ocorrendo a contaminação dos mananciais através de microrganismos patogênicos, cuja presença faz, dos esgotos e dos corpos d'água por eles degradados, excelentes vias de disseminação de doenças de veiculação hídrica, principalmente as diarreicas (OMS, 1995).

Segundo LEÓN & CAVALLINI (1996) são coletados anualmente, na América Latina e no Caribe, cerca de 40 milhões de metros cúbicos de água servidas e lançadas sem tratamento adequado em rios, lagos e mares. Os autores calculam que, em 2000, este volume chegou a 100 milhões de metros cúbicos, agravando ainda mais o nível de contaminação dos recursos hídricos. As doenças de veiculação hídrica, causadas por organismos enteropatogênicos, são um grave problema de saúde pública, causando a morte de mais ou menos 4 milhões de crianças, todos os anos (OMS, 1987).

CEBALLOS (2001), destaca que os microrganismos patogênicos mais frequentes nos esgotos são vírus (poliovírus, hepatovírus e rotavírus); bactérias enteropatogênicas (*Salmonella* spp, *Shigella* spp, *Vibrio cholerae*, *Campylobacter* spp, *Yersinia* spp.); protozoário (*Giardia* spp., *Entamoeba* spp.); helmintos (*Schistosoma mansoni*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia saginata*, *Trichuris trichiura*, *Ancylostoma duodenale*), entre outros. Na região nordestina, são endêmicas as parasitoses, as diarreias por salmonellas e vírus, em, especial em crianças.

2.10.1 - Indicadores de contaminação fecal

Como é inviável quantificar cada organismo patogênico separadamente devido a complexidade dos métodos, dos custos e ao tempo gasto para se obter resultados, utiliza-se desde do início do século XX, organismos indicadores de contaminação fecal que, segundo FEACHEM et al. (1983), devem possuir as seguintes características:

- serem componentes normais da biota intestinal de animais de sangue quente;
- serem de origem exclusivamente fecal
- não se reproduzirem no ambiente externo
- estarem presentes sempre que houver organismos patogênicos no meio
- apresentar-se em números mais elevados que os organismos patogênicos
- ter taxa de mortalidade igual ou inferior à dos patógenos

- possibilitarem suas quantificações, identificações e isolamentos através de técnicas fáceis e econômicas
- não serem patogênicos

Até 1945, aproximadamente, se usavam como indicadores de contaminação fecal os denominados coliformes totais. Seu uso demonstrou que este grupo é muito amplo reunindo bactérias que se multiplicam no meio ambiente e próprias do ambiente, presentes nos solos, nas águas, etc. Atualmente, os organismos indicadores de contaminação fecal mais utilizados são os coliformes fecais (denominados também de "termotolerantes") e estreptococos fecais e, mais recentemente, a *Escherichia coli* que, a partir da edição do Standard Methods, 1992, está sendo mais utilizados por serem melhores indicadores de poluição estritamente fecal de animais homeotérmicos.

Os coliformes fecais válidos como indicadores de contaminação fecal através da Portaria nº 518/04 do MS. Entretanto, ainda dentre este grupo de coliforme fecais, haverá bactéria de origem ambiental (*Klebsiella* e *Enterobacter* entre outras): que se adaptaram a altas temperaturas, por isto se recomenda atualmente a confirmação de *Escherichia coli*.

2.10.2-Coliformes totais e termotolerantes

O grupo das bactérias coliformes se constitui dos coliformes denominados totais e termotolerantes. O subgrupo dos coliformes totais é formado pelos gêneros *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Escherichia*. Os coliformes são bastonetes Gram-negativos, não esporulados, anaeróbios facultativos que fermentam a lactose com a produção de gás (CO₂ e H₂) segundo APHA, 1998.

Na Portaria Nº 518/04 do MS, algumas definições são descritas no artigo 1º para alguns parâmetros usados na avaliação de uma água para consumo humano:

- **Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme):** bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos, que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a 35,0 ± 0,5°C em 24-48 horas, e podem apresentar atividade da enzima β-galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

- **Coliformes termotolerantes:** subgrupo das bactérias do grupo coliforme, fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, cujo principal representante é a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal.

- ***Escherichia coli*:** bactéria do grupo coliforme, fermenta a lactose e o manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; produz indol a partir do triptofano, é oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase; é considerada como o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

- **Contagem de bactérias Heterótrofas:** determinação da densidade de bactérias capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC) na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições preestabelecidas de incubação $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas, em um meio de cultura padrão.

Segundo CEBALLOS et al.(1997) **estreptococos fecais** são grupos de bactérias em forma de cocos, de 1 μm de diâmetro, gram positivos, que crescem no intestino de animais homeotérmicos, sendo úteis indicadores de contaminação fecal. Os estreptococos fecais são usados para confirmar a contaminação fecal quando os coliformes estão ausentes ou em números baixos ou aparecem de forma intermitente. Esse grupo e bactéria são mais resistentes que os coliformes às condições ambientais extremas.

Embora estes microrganismos não são recomendados nas portarias e resoluções citadas foram quantificados em pesquisas por CEBALLOS et al.(1997), devido a confirmação de poluição fecal quando os coliformes termotolerantes estiverem ausentes. Nas águas do semi-árido, é freqüente o aumento da salinidade das águas superficiais com o avanço do verão e em águas salinas, a sobrevivência dos coliformes termotolerantes é menor à dos estreptococos fecais.

2.11-Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

No Artigo 11º da Portaria nº 518/04, do Ministério da Saúde, a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros de qualidade de água potável segundo o artigo 11º da Portaria Nº 518/04, do Ministério da Saúde

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml

NOTAS:

¹ Valor Máximo Permitido.(VMP)

² Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

³ A detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Ressalta-se que alguns parágrafos do artigo 11º informam os procedimentos de monitoramento:

§ 1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos, até que as novas amostras revelem resultado satisfatório.

§ 2º Nos sistemas de distribuição a recoleta deve incluir, no mínimo, três amostras simultâneas, sendo uma no mesmo ponto e duas outras localizadas à montante e à jusante.

§ 3º Amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para *Escherichia coli* e/ou coliformes termotolerantes, devendo, neste caso, ser efetuada a verificação e confirmação dos resultados positivos.

§ 4º O percentual de amostras com resultado positivo de coliformes totais em relação ao total de amostras coletadas nos sistemas de distribuição, deve ser calculado mensalmente, excluindo-se as amostras extras (recoleta).

§ 5º O resultado negativo para coliformes totais das amostras extras (recoletas) não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§ 6º Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa na Tabela 5, não são tolerados resultados positivos que ocorram em recoleta, nos termos do § 1º deste artigo.

§ 7º Em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve se efetuar a contagem de bactérias Heterótrofas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por mL, devem ser providenciadas imediatamente recoleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

§ 9º Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e/ou coliformes termotolerantes podendo, nesta situação, ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

2.12-Padrão químico de potabilidade da água para consumo humano

A avaliação da qualidade da água para fins de consumo humano quanto aos parâmetros físicos e químicos, é a seguir apresentada segundo os critérios do ministério da saúde (MS) através dos valores da tabela 6, e segundo a organização mundial de saúde (OMS) pela tabela 7.

Tabela 6. Padrão de aceitação de água para consumo humano, segundo artigo 16º da Portaria nº 518/04, do Ministério da Saúde.

PARÂMETRO	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg L ⁻¹	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg L ⁻¹	1,5
Cloreto	mg L ⁻¹	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg L ⁻¹	500
Etilbenzeno	mg L ⁻¹	0,2
Ferro	mg L ⁻¹	0,3
Manganês	mg L	0,1
Monoclorobenzeno	mg L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg L	1.000
Sulfato	mg L	250
Sulfeto de hidrogênio	mg L	0,05
Surfactantes	mg L	0,5
Tolueno	mg L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg L	5
Xileno	mg L	0,3

NOTAS:

¹ Valor máximo permitido

² Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)

³ critério de referência

⁴ Unidade de turbidez.

Recomenda-se, no parágrafo 1º que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Tabela 7 : Limite tolerável de alguns parâmetros físico e químicos com fins de consumo humano, segundo a Organização Mundial de Saúde, 1985

Determinação	Máximo desejável	Máximo Permissível	Unidade
Cálcio	75	200	(mg L ⁻¹)
Magnésio	30	150	(mg L ⁻¹)
Sódio	-	200	(mg L ⁻¹)
Potássio	-	20	(mg L ⁻¹)
Ferro	0,1	1	(mg L ⁻¹)
Cloreto	200	600	(mg L ⁻¹)
Sulfato	200	400	(mg L ⁻¹)
Nitritos	Nulo	1,0	(mg L ⁻¹)
Nitratos	Nulo	1,4	(mg L ⁻¹)
Amônia	-	0,5	(mg L ⁻¹)
Resíduo seco	500	1500	(mg L ⁻¹)
Alcalinidade(CO ₃)	-	120	(mg L ⁻¹)
Alcalinidade(HCO ₃)	-	250	(mg L ⁻¹)
pH	6,5	9,2	

3.0 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1-Descrição da área estudada

3.1.1 Região da Sub-bacia do Rio São Pedro

O presente trabalho constitui-se num diagnóstico base, um levantamento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, potencialmente utilizáveis para o consumo humano, para fins de irrigação e consumo animal, em uma microbacia pertencente à região do curso médio do Rio Paraíba, reconhecido na localidade pelo nome de Riacho Angico, que é um afluente do Rio São Pedro (sendo o contorno de sua bacia, apresentado na figura 4), o qual deságua no Rio Bodocongó e, este no Rio Paraíba.

A região paraibana, em especial entre as microrregiões do agreste da Borborema (Campina Grande) e dos Cariris Velhos (Boqueirão) apresenta as mesmas características climáticas, ou seja, clima semi-árido quente, com precipitação média anual de 479,0 mm, para o Agreste, e de 239,7 mm para a região dos Cariris Velhos; a temperatura média para as duas regiões é em torno de 27,3° C (LMRS, 1999).

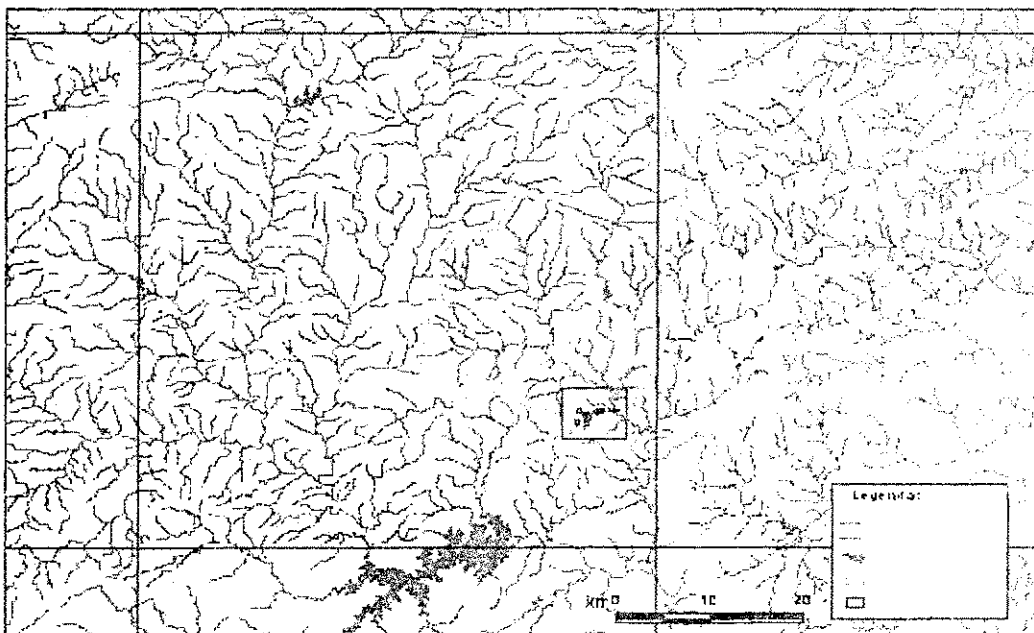


Figura 4. Bacia do Rio São Pedro, pertencendo a região da Bacia Hidrográfica do médio Paraíba

3.1.2. Características da microbacia Riacho Angico

A microbacia do Riacho Angico (Paus Brancos) está localizada no extremo sudoeste do município de Campina Grande, em área estritamente rural, onde reside grande parte das 72 famílias assentadas sob a tutela do Instituto de Terras da Paraíba – INTERPA, desde 1986; sua extensão territorial é de 2.309,70 há (BARACUHY, 2001), e está localizada entre as latitudes 07° 25' 00" e 07° 20' 00" Sul e longitudes 36° 02' 20" e 36° 07' 00" Oeste. A Figura 5 mostra a localização do riacho Angico no mapa da hidrologia da região.

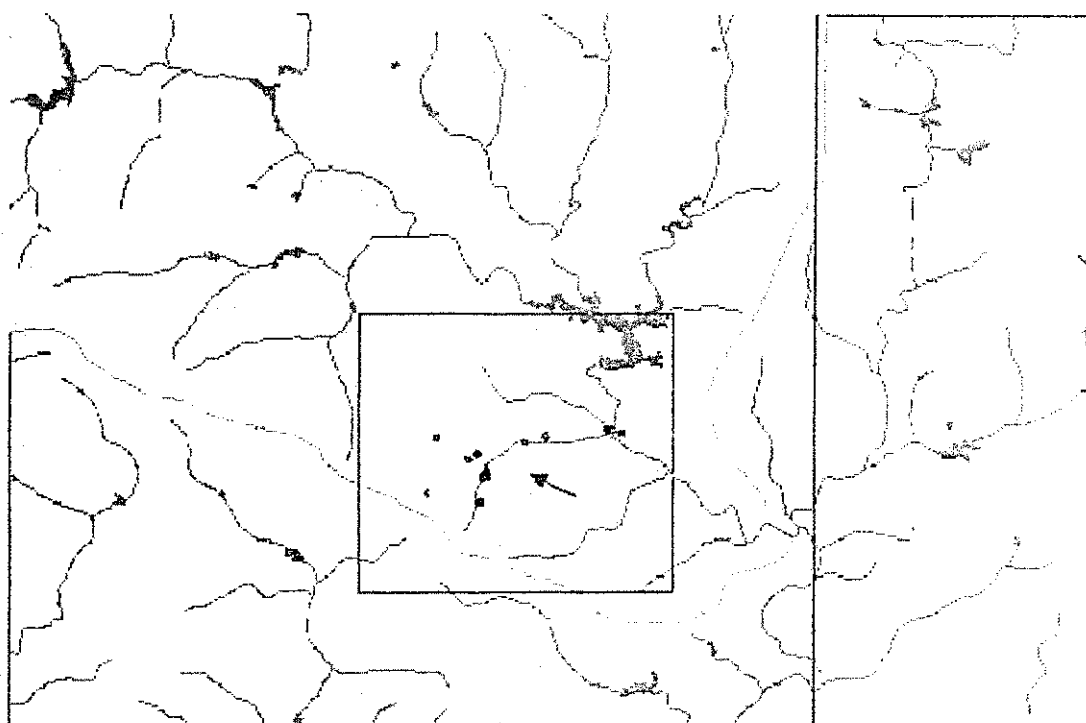


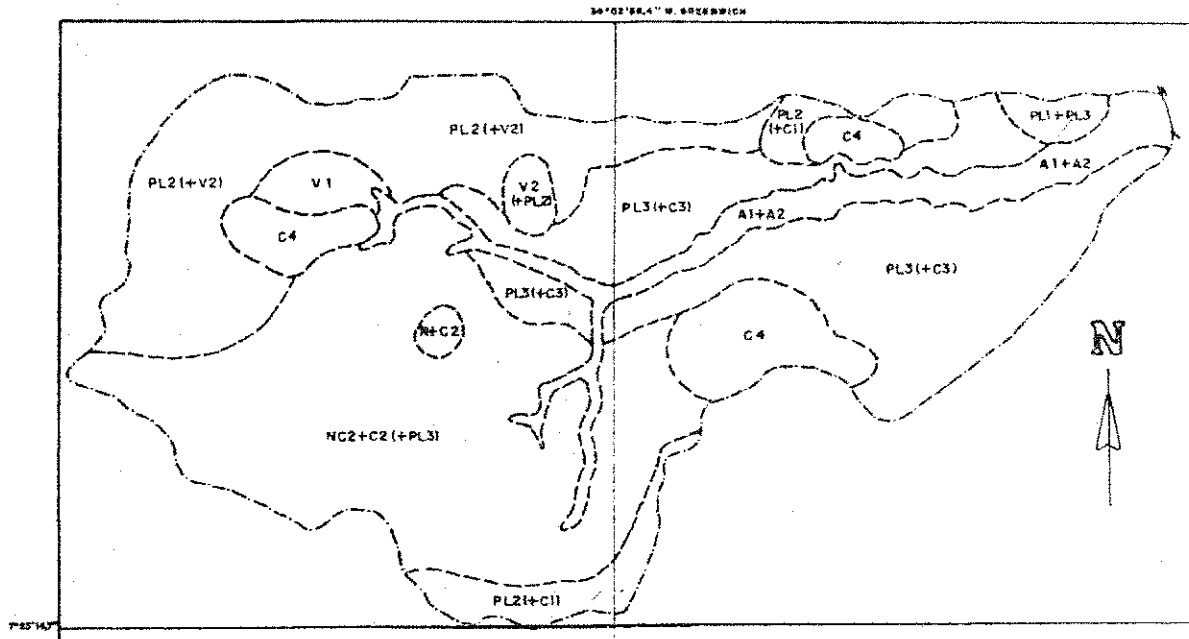
Figura 5. Localização do Riacho Angico dentro da sub-bacia do Rio São Pedro

Os tipos de solo que foram classificados na referida microbacia segundo BARACUHY, 2001, associações de NC2 + C2 (+PL3), PL1 (+PL3), PL2 (+V2), PL2 (+C1), PL3 (+C3), C4, V1, V2 (+ PL2), A1+A2, R+C2, onde as siglas de tipo de solo representa: Bruno não Cálculo (NC), Planossolo (PL), Cambissolo (C), Vertissolo (V), Aluvial (A) e Litólico (R), já a simbologia da presença do tipo de solo associado quando duas classes de solo estão separadas pelo sinal mais, significa proporção praticamente igual entre elas, para duas áreas com uma segunda colocada em parênteses, significa que esta classe é duas vezes menor que a primeira, já a situação de três classes separada pelo sinal mais, com a terceira colocada entre parênteses, significa que esta classe ocorre em proporção pelo menos duas

vezes menor que as primeiras. A Figura 6a, mostra a distribuição das classes de solo da microbacia.

As fontes de água amostradas foram georreferenciadas através do aparelho de GPS 12XL marca Garmim e transferidas para localização no mapa com os dados de latitude e longitude, apresentados na Tabela 8, usando-se o programa MAPINFO 7.0, que permitiu a distribuição espacial, conforme apresenta-se a Figura 6b.

A.



B.

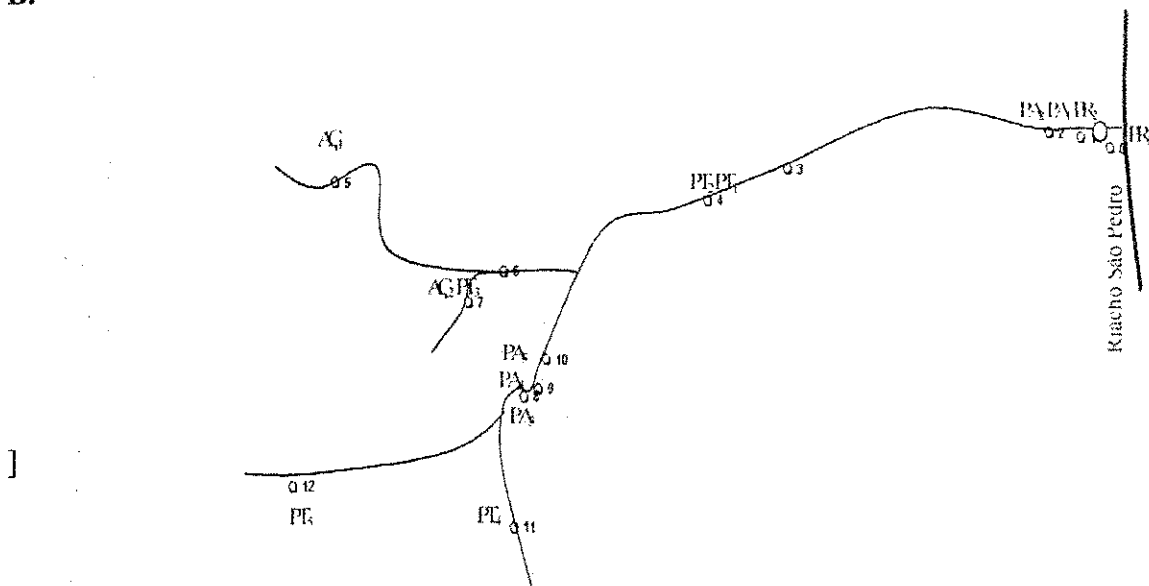


Figura 6. Mapa de solo da microbacia conforme BARACUHY,2002 (A) e Esquema da localização das fontes das águas no leito do Rio Angico/São Pedro(B).

Tabela 8. Coordenadas das fontes de água estudadas e dos pontos de amostragem

Fonte	Nomenclatura	Longitude Oeste			Latitude Sul		
		grau	min.	seg.	grau	min.	seg.
Riacho São Pedro	PR1	36	02	17,2	07	22	01,1
Riacho Angico	PR2	36	02	21,9	07	21	59,7
Poço amazonas 1	PA1	36	02	22,2	07	21	59,6
Poço amazonas 2	PA2	36	02	27,7	07	21	59,0
Poço tubular com cata-vento 1	PT1	36	03	11,9	07	22	03,4
Poço tubular com cata-vento 2	PT2	36	03	25,3	07	22	07,1
Poço amazonas 6	PA6	36	03	25,9	07	22	07,0
Açudeco 01	AÇ1	36	04	28,2	07	22	04,7
Poço tubular com cata-vento 3	PT3	36	03	59,8	07	22	15,7
Poço amazonas 7	PA7	36	04	05,3	07	22	17,0
Açudeco 02	AÇ2	36	04	05,8	07	22	19,4
Poço amazonas 3	PA3	36	03	56,3	07	22	30,8
Poço amazonas 4	PA4	36	03	53,9	07	22	29,9
Poço amazonas 5	PA5	36	03	52,6	07	22	26,4
Poço amazonas 8	PA8	36	03	56,5	07	22	32,0
Poço tubular com cata-vento 4	PT4	36	03	58,1	07	22	46,7
Poço tubular com cata-vento 5	PT5	36	04	35,5	07	22	41,5

3.2 Descrição das fontes analisadas.

As nomenclaturas foram convencionadas com base na seqüência de coleta realizada no campo e suas siglas (em letras) baseadas na abreviação do tipo de fonte analisada, isto é, PR-Ponto Riacho; PA-Poço Amazonas; PT-Poço Tubular com acionamento de cata-vento; AÇ-Açude; Suas características particulares são descritas na Tabela 9, além da visualização através das fotografias de algumas fontes, conforme as Figuras de 7 a 19.

Tabela 9. Referencial das fontes de água, segundo descrição dos proprietários, uso atual e características específicas.

Nomenclatura	Proprietário (nº de usuários)	Descrição da fonte
PR1	-	Pertencente à bacia hidrográfica do curso médio do Rio Paraíba, o Riacho São Pedro é um afluente do Rio Bodocongó. A coleta foi realizada em rebaixamento natural aproximadamente a 0,70 m do leito seco do riacho, com exceção de fev/04, quando foi colhida água corrente do rio.
PR2	José Iremar Hemergidio de Souza (6)	Pertencente à bacia hidrográfica do Médio Paraíba, o Riacho Angico é afluente do Rio São Pedro. A coleta foi realizada em cacimbão natural no leito do riacho, com rebaixamento natural de 0,70 m a 1,0 m do solo do riacho. Fonte de água para animais e serve irrigação, por sistema localizado (microaspersão) de uma área de 0,5 ha com cultura de coco anão, há mais de 4 anos.
PA1	José Iremar Hemergidio de Souza (6)	Poço amazonas, sem tampa, com revestimento de anéis pre-moldados de diâmetro 1,50 m e profundidade de 3,5 m, estando o nível da água a 1,83 m do nível do terreno no início do estudo. Utilizado para dessedentação de animais bovinos.
PA2	José Iremar Hemergidio de Souza (6)	Poço amazonas sem tampa com revestimento de anéis pre moldados de diâmetro 1,50 m e profundidade de 3,5 m, cujo nível da água está a 2,30 m do nível do terreno no início do estudo. Poço instalado no começo de 2003, e inserido na área das plantações irrigadas de coco.
PT1	Pertence ao Assentamento de Paus Brancos, localizado no lote do Sr. Severino Ferreira (350)	Poço tubular, com cata-vento que bombeia a água para um tanque/bebedouro, com 20 m de profundidade e mais de 30 anos de instalação. É a fonte principal de uso para os moradores do local, (cozimento dos alimentos, banho e lavagem de roupa) usado para beber na ausência de carros pipas e cisternas além da dessedentação de animais.
PT2	Regina Maria da Conceição (6)	Poço tubular com cata-vento que bombeia a água para irrigação de capineira e plantas frutíferas; possui 25 m de profundidade e tem mais de 5 anos de instalação; é a fonte alternativa para os moradores do local, quando PT1 está quebrado. Usa-se para cozimento dos alimentos, banho, lavagem de roupa, dessedentação de animais e pouco usado para beber.
PA6	Regina Maria da Conceição (-)	Poço amazonas à montante de barragem subterrânea, sem obstáculo superficial, próximo à fonte PT2.

Nomenclatura	Proprietário (nº de usuários)	Descrição da fonte
AÇ1	Edilson Ferreira (10)	Açude com 40 m de largura e extensão de 55 m, no início do estudo com profundidade máxima de 2.0 m. E usado para abastecimento humano e animal.
PT3	Pertence ao Assentamento Paus Brancos, localizado no lote da Sra. Rosa Mendes Pereira (10)	Poço tubular, com cata-vento que bombeia a água para tanque em PVC coberto com torneira e capacidade de 5.000 l. Eventualmente, irriga uma pequena área de capim elefante. O poço possui 39,8m de profundidade e tem 2 anos de instalação. Não apresenta água em abundância, mas é outra fonte coletiva da comunidade abastece os animais, cozimento dos alimentos banho etc.
AÇ2	Rosa Mendes Pereira (2)	Açude com 25 m de largura e extensão de 43 m no início do estudo. Profundidade máxima de 1.5 m. E usado mais para consumo animal.
PA7	Rosa Mendes Pereira(-)	Poço construído à montante de uma barragem subterrânea que possui obstáculo superficial de solo compactado (forma de açude).
PA3	Sebastião Cardoso(-)	Poço amazonas, sem tampa, com revestimento de anéis pré- moldados de 1,5 m de diâmetro e profundidade de 5,86 m, estando o nível da água a 4,90 m do nível do terreno, no início do estudo. Instalado em 2001, ficando à montante de uma barragem subterrânea construída em 2000 que possui obstáculo de pneus para aumento de nível e captação de água em momentos de enxurrada. E usada para consumo humano, animal e pequenas irrigações com baldes.
PA4	Sebastião Cardoso(-)	Poço amazonas sem tampa, com revestimento de anéis pré- moldados, de 1,5 m de diâmetro e profundidade de 3,00 m, estando o nível da água a 2,80 m do nível do terreno no começo do estudo. Instalado no início de 2003, ficando à montante de uma barragem subterrânea construída em 2000 que possui obstáculo de pneus para aumento de nível e captação de água em momentos de enxurradas.
PA5	Sebastião Cardoso(-)	Poço amazonas, sem tampa, com revestimento de anéis pré- moldados de 1,5 m de diâmetro e profundidade de 2,90 m, estando o nível da água a 2,60 m do nível do terreno no início do estudo. Instalado em 1999, ficando à montante de uma barragem subterrânea construída em 1999, que possui obstáculo de pneus para aumento de nível e captação de água em momentos de enxurrada. É usado para consumo humano, animal e pequenas irrigações com baldes.

Nomenclatura	Proprietário (nº de usuários)	Descrição da fonte
PA8	Sebastião Cardoso (-)	Poço amazonas, sem tampa, com revestimento de anéis premoldados de 1,5 m de diâmetro e profundidade de 2.90 m, estando o nível da água a 2,60 m do nível do terreno, no início do estudo. Foi instalado em janeiro de 2003, à montante de uma barragem subterrânea construída em 2002, que possui obstáculo de pneus para aumento de nível e captação de água em momentos de enxurrada. É usado para pequenas irrigações com baldes ao redor do poço.
PT4	Herdeiros do Sr. Peres Filho (10)	Poço tubular com cata-vento que bombeia água para tanque, tendo 36 m de profundidade e mais de 10 anos de instalação, abastecendo os animais, cozimento dos alimentos, banho, lavagem de roupa e pouco usado para consumo direto humano (beber).
PT5	Laudemiro Lopes de Figueiredo (Bebe Lopes) (10)	Poço tubular, com cata-vento que bombeia a água para tanque/bebedouro, com 42 m de profundidade e com mais de 20 anos de instalação. A fonte é utilizada para abastecimento animal e raramente para consumo humano (cozimento, banho e lavagem de roupa).



Figura 7. Fonte de água PR1



Figura 8. Fonte de água PR2

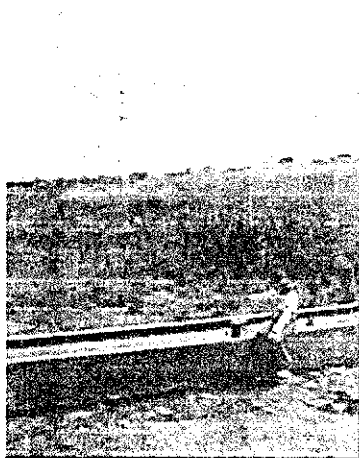


Figura 9. Fonte de água PT1



Figura 10. Fonte de água PT2

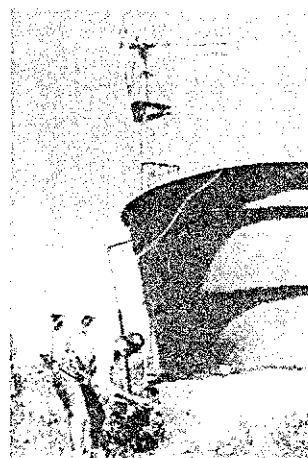


Figura 11. Fonte de água PT3

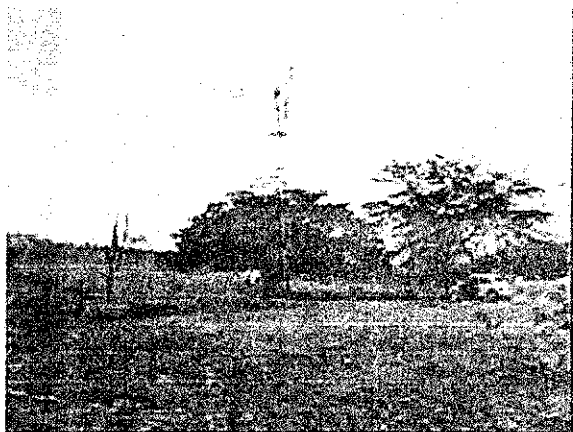


Figura 12. Fonte de água PT4

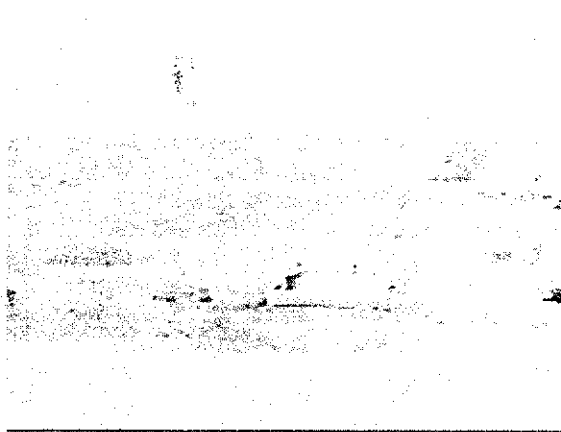


Figura 13. Fonte de água PT5



Figura 14. Fonte de água PA1

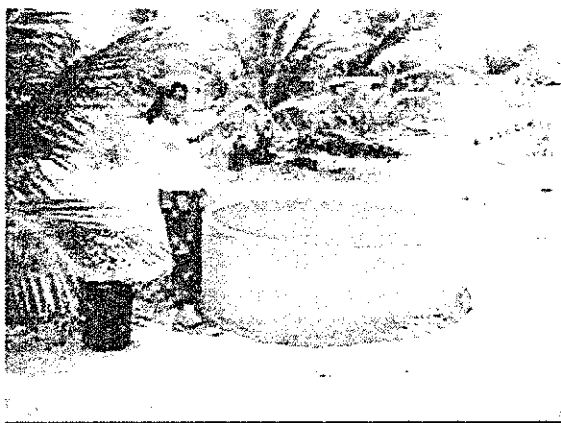


Figura 15. Fonte de água PA2



Figura 16. Fonte de água PA5

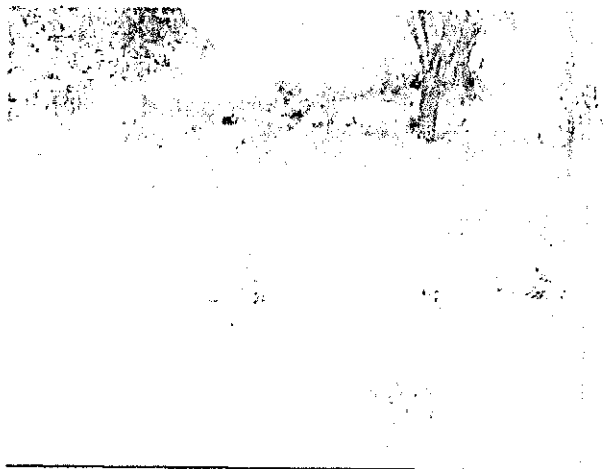


Figura 17. Fonte de água PA8

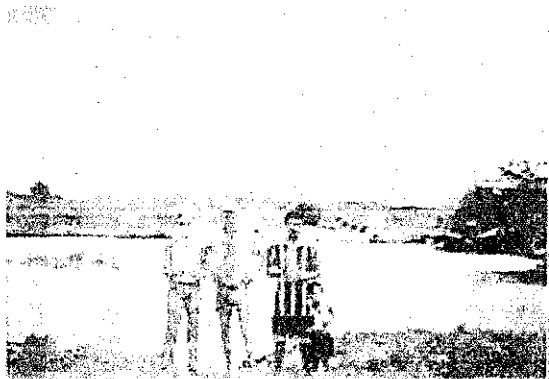


Figura 18. Fonte de água AÇ1

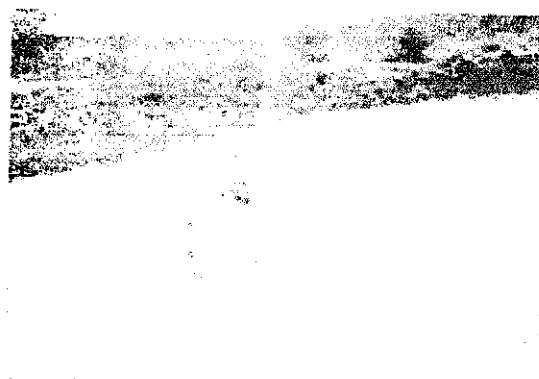


Figura 19. Fonte de água AÇ2

3.3-Análises físicas e químicas

Após um período de 11 meses de pesquisa (maio de 2003 a março de 2004) foram colhidas amostras de 17 fontes de água totalizando 98 amostras para análises física e química.

As coletas das amostras de água para estas análises física e químicas foram feitas em recipientes plásticos limpos e no momento da coleta usou-se um pouco da água da fonte para uma ligeira lavagem e definitiva coleta de água, onde foram levadas ao laboratório e procederam-se às análises. As mesmas foram feitas no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS – da Universidade Federal de Campina Grande, PB. As Figuras de 20 a 25 apresentam algumas amostras e equipamentos laboratoriais utilizados nas análises..

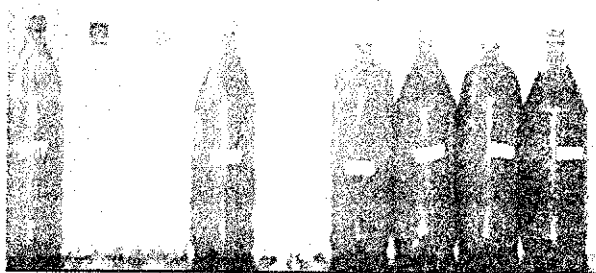


Figura 20. Amostras de água de maio de 2003



Figura 21. Amostras de água de fevereiro de 2004

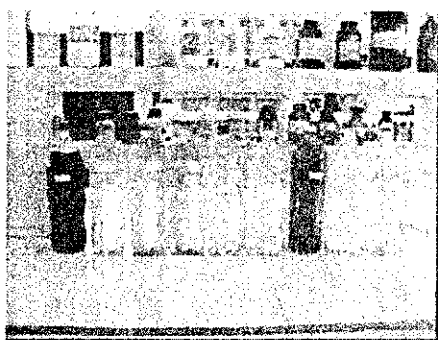


Figura 22. Amostras de água de setembro de 2003, no Laboratório de Irrigação e Drenagem-LIS



Figura 23. Manipulação do equipamento Multi Dosimat, para determinação do Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} e HCO_3^-

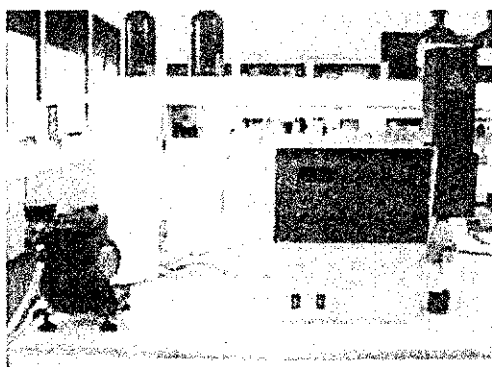


Figura 24. Equipamento Fotômetro de chama.

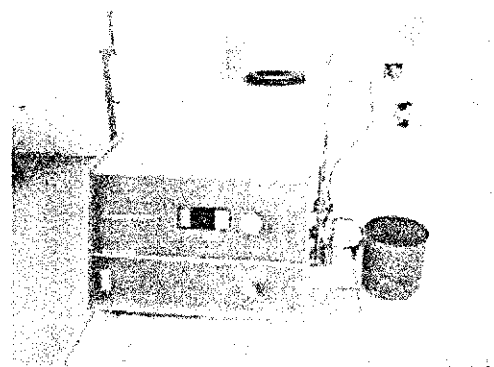


Figura 25. Condutivímetro Herisau

A obtenção dos dados laboratoriais dos parâmetros físicos e químicos avaliados neste estudo foram utilizados a metodologia da EMBRAPA (1997), relatados na Tabela 10, assim como a metodologia de classificação da qualidade de água para fins de irrigação foi utilizado baseado nos parâmetros do Comitê dos Consultores da Universidade da Califórnia-UCCC, 1974 conforme Tabela 01.

Tabela 10: Parâmetros físicos e químicos da qualidade das águas amostradas e métodos de análises conforme EMBRAPA (1997).

Parâmetro.	Método
pH	pH-metro e padrões pH 4,0 e 7,0 para calibração e leitura.
Condutividade elétrica	Condutivímetro Metrohm Herisau (Figura 25), previamente calibrado, com leitura da temperatura da água para correção.
Sódio (Na ⁺) e Potássio (K ⁺)	Amostra de 20 mL da água e análise em fotômetro de chama Celm FC 180 (Figura 24) com gradiente ajustado para K ⁺ : calibrado com solução padrão, o qual gera valor 50 no instrumento, e água destilada para zerar (0) o equipamento. Na mesma amostra se calibra leitura de Na ⁺ com solução padrão de Sódio (Na ⁺) o qual gera valor 100 no instrumento, e água destilada para zerar. Para concentração elevada dos íons, se fez necessário diluições da água analisada com água destilada.
Cálcio (Ca ⁺⁺) e Magnésio (Mg ⁺⁺).	Método do Versenato utiliza uma amostra de 20 ml adicionando coquetel tampão pH=10 (cloreto de amônio, hidróxido de amônio, sulfato de magnésio, EDTA, trietanolamina e cianeto de potássio) e indicador negro de Eriocromo (cor vinho) e titulação com EDTA (C ₁₀ H ₁₄ N ₂ O ₈ Na ₂ .2H ₂ O) a 0,025N (Acido Etilenodiaminotetra acético) (Multidosimat, Figura 23), com leitura para cor azul esverdeada.
Cálcio (Ca ⁺)	20 mL da água amostra com KOH e indicador muroxida (róseo claro) e sendo titulação com EDTA (C ₁₀ H ₁₄ N ₂ O ₈ Na ₂ .2H ₂ O) a 0,025N (Multidosimat, Figura 23) gerando resultado para leitura quando atinge a cor uva-morango
Cloretos (Cl)	20 mL da amostra adicionada de indicador cromato de Potássio 5% (amarelo claro) e titulação com Nitrato de Prata (AgNH ₃), a 0,05N (Multidosimat, Figura 23) gerando resultado para leitura quando atingir a cor laranja forte (atijolado).
Carbonatos (CO ₃ ⁻) e Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	20 mL da amostra adicionada o indicador Fenofialemina (Roseo claro) a 1% ,e observado mudança de cor, com titulação de Ácido sulfúrico a 0,01N e leitura quando fica transparente. Utilizando a mesma amostra é adicionado o indicador metilorange a 1%(laranja claro) e titulado com ácido sulfúrico, a 0,025N (Multidosimat ,Figura 23) atinge a cor avermelhado laranja, quando pronto para leitura.
Ferro	Método calorimétrico.

Na avaliação da água para fins de consumo humano, foram analisados os seguintes parâmetros: cálcio, magnésio, sódio, ferro, cloreto, resíduo seco, alcalinidade (CO₃⁼ e HCO₃⁻) e pH através dos limites toleráveis da Organização Mundial de Saúde (1985) e dos valores máximos permitidos (VMP) da portaria nº 518/04 do MS (art. 16º), para cloreto, ferro, sódio e sólidos dissolvidos totais. Para ocorrer uma avaliação de consumo humano através de valores em meq L⁻¹, foram divididos os valores limites (mg L⁻¹) pelos respectivos pesos equivalentes dos elementos químicos analisados, com exceção de ferro (ppm).

Para avaliação da qualidade da água destinada ao consumo animal foi considerado o parâmetro condutividade elétrica segundo os valores recomendados pela Academia Nacional de Ciências dos EUA, (1972; 1974) e os níveis de magnésio sugeridos nas águas para gado e

aves pela AUSTRALIAN WATER RESOURCES COUNCIL (1969), ambos citados em AYERS & WESTCOT (1999).

3.4-Análise microbiológica

Após um período de 08 meses de pesquisa (julho de 2003 a fevereiro de 2004) foram colhidas amostras de 15 fontes de água totalizando 76 análises microbiológicas.

As coletas de amostras de água para avaliação de coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias Heterótrofas mesófilas seguiram as recomendações da APHA, (1998). Foram usados frascos de vidro neutro, cor escura, esterilizado por calor seco a 170 °C durante 2 h em estufa, com o gargalho protegido com papel de alumínio.

As coleta de amostras de açudes foram feitas em locais próximos às margens e nos mesmos pontos utilizados pelos usuários. Para isto, o frasco foi mergulhado com a boca para baixo e se deixou encher $\frac{3}{4}$ do volume do recipiente. Após a coleta este foi tampado imediatamente e preservado da luz e da temperatura ambiente numa caixa isotérmica com gelo (menor que 10 °C). Todo o procedimento seguiu as condições apropriadas de assepsia, para evitar eventuais contaminações.

As coleta de amostra nos poços tubulares (Figura 26): foram feitas diretamente nos tubos de descarga. Primeiro, se procedeu à limpeza dos tubos. Para isto, se deu descarga a fim de eliminar a água retida no tubo; logo em seguida se limpou o tubo e a boca de saída de água com pano limpo e em seguida com álcool a 97% e se procedeu a flambagem do local. A seguir, se deixou escorrer um pouco de água pelo tubo e se procedeu à coleta, com os cuidados de assepsia já citados.

Para a coleta de amostra de poços amazonas (Figura 27) foi necessário descer o frasco estéril amarrado a um barbante, dentro do poço. Como o recipiente descia aberto, todo o procedimento foi executado o mais rapidamente possível, para evitar contaminações.

Após as coletas, os recipientes foram acondicionados em caixas de isopor com gelo a uma temperatura inferior a 10 °C e foram levados ao Laboratório da Área de Saneamento Ambiental (AES/A) do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande.

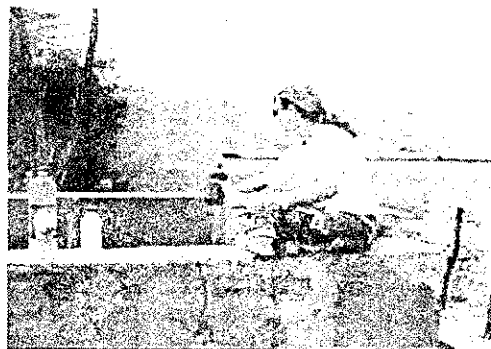


Figura 26. Coleta de amostra de água para análises microbiológicas das águas dos poços tubulares.



Figura 27. Coleta de amostra de água para análises microbiológicas das águas dos poços amazonas.

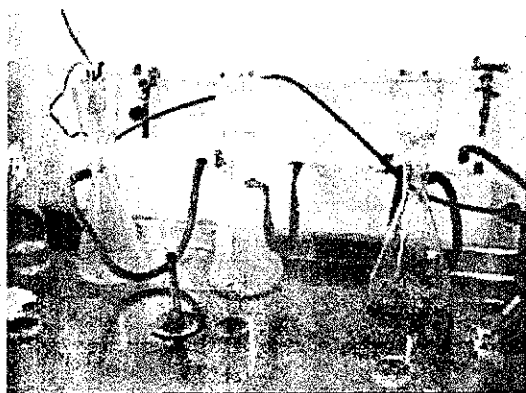


Figura 28. Equipamento para filtração por Membrana na quantificações de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais.

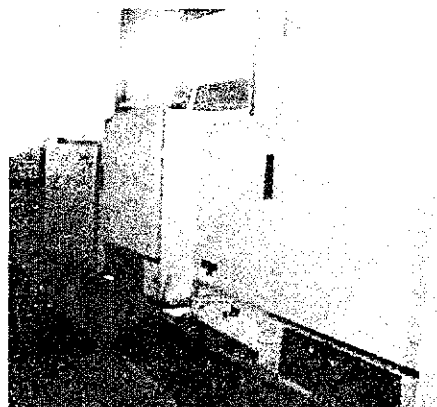


Figura 29. Estufas microbiológicas

Os parâmetros microbiológicos determinados e as técnicas usadas são apresentadas na Tabela 11

Tabela 11. Metodologias empregadas na avaliação dos parâmetros sanitários: coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias heterotrófas (APHA, 1998).

Parâmetros	
Coliforme termotolerantes	<p>Técnica da membrana filtrante (Figura 28). Meio de cultura m-FC (Difco). Incubação a $44,5^{\circ} \text{C} \pm 0,5$ durante 24 horas (Figura 29). São quantificadas as colônias azuis.</p> <p>Calculo: $\frac{\text{N}^{\circ}\text{de colônias} \times 10^2}{\text{Volume filtrado} \times \text{diluição}}$</p> <p>Unidade: $\text{UFC} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ = Unidades Formadoras de Colônias em 100 mL da amostra.</p>
Estreptococos fecais	<p>Técnica da membrana filtrante. Meio de cultura m-enterococos (Difco). Incubação a 37°C com durante 24 horas (Figura 29). São quantificadas as colônias vermelhas.</p> <p>Calculo: $\frac{\text{N}^{\circ}\text{de colônias} \times 10^2}{\text{Volume filtrado} \times \text{diluição}}$</p> <p>Unidade: $\text{UFC} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ = Unidade Formadoras de Colônias em 100 mL da amostra.</p>
Bactérias heterotrófas mesófilas (ou bactérias totais)	<p>Técnica de Vertido em placa ou "pour plate". Meio de cultura Agar triptona glicose estrato de levedura. Incubação a 37°C com durante 48 horas (Figura 29). São quantificadas todas as colônias que crescem no meio.</p> <p>Calculo: $\frac{\text{N}^{\circ}\text{de colônias}}{\text{Volume filtrado} \times \text{diluição}}$</p> <p>Unidade: $\text{UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ = Unidade Formadoras de Colônias em 1 mL da amostra.</p>

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1-Aspetos Climáticos da Região

Através da Figura 30 pode-se observar a distribuição de chuvas acumuladas mensais, de janeiro de 2003 até maio de 2004, o que permite avaliar todo o período de chuvas da pesquisa. No ano de 2003 foi registrado 528,7 mm de precipitação pluviométrica, acima da média climatológica local, que é de 519,4 mm ano⁻¹. Neste ano, ocorreu no mês de abril o maior acumulo mensal com 141,1 mm.mês⁻¹, sendo o mês de dezembro o menor acumulo mensal, com 2,0mm. A Figura 31 apresenta o aspecto panorâmico do Rio São Pedro nesta época. No ano de 2004, de janeiro a maio foram registrados 591,2 mm, sendo o maior registro mensal em janeiro, com 298,3 mm.mês⁻¹. Este valor é atípico para este mês na região. Precipitações com mais de 30 mm dia⁻¹ ocorreram em abril de 2003 (84 mm no dia 06 e 30,6 mm no dia 28) ; em janeiro de 2004 (92 mm no dia 19 e 78 mm no dia 20) ; e em fevereiro de 2004 (54,2 mm no dia 01 e 38,8 mm no dia 13).

Não houve coleta de água no mês de janeiro de 2004 devido à impossibilidade de acesso ao local em decorrência do Rio São Pedro (Figura 32) e seus afluentes apresentarem um fluxo de água constante no seu leito pois desde 14 de janeiro de 2004 e durante quase 25 dias corridos ocorreram chuvas intensas no local (com apenas dois dias dentro da seqüência, não tiveram registro de chuvas).

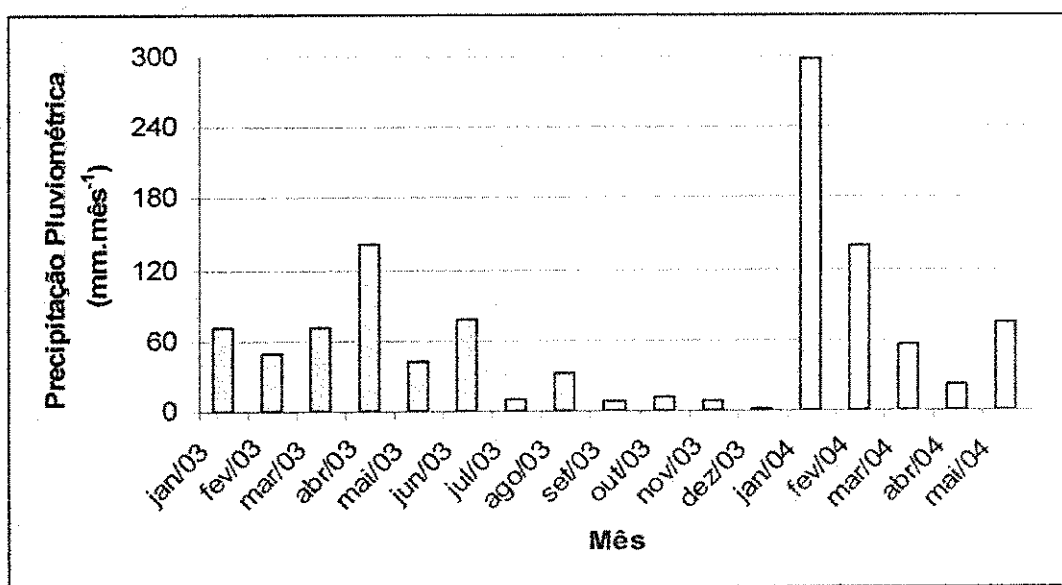


Figura 30. Registro de precipitação no posto pluviométrico da Fazenda Emas, no município Caturité - PB (posto pluviométrico registrado na latitude sul 7° 23' 14" e longitude oeste 36° 03' 53"), próximo ao local em estudo, no período janeiro de 2003 - maio de 2004.

Em decorrência das chuvas intensas do início de 2004, alguns poços amazonas inseridos em barragens subterrâneas ficaram entupidos, impossibilitando a coleta de amostra no segundo ano da pesquisa, como observa-se através das imagens de maio de 2003 (Figura 33) e de fevereiro de 2004, o aspecto do açude AÇ2 (Figura 34), quando foi rompido o barramento.



Figura 31. Panorama do Rio São Pedro em 15 de dezembro de 2003, apresentado plantio de capim elefante no seu leito.



Figura 32. Panorama do Rio São Pedro em 18 de Fevereiro de 2004, após período chuvoso intenso na região, com a capineira submersa nas águas correntes.



Figura 33. Panorama do açude AÇ2 em maio de 2003



Figura 34. Panorama do açude AÇ2 em Fevereiro de 2004, após o rompimento da barragem de terra.

4.2-Potencial Hidrogeniônico (pH)

De todas as fontes de água amostradas durante o estudo, o pH das mesmas situou-se entre 6,61 e 8,89, mostrando-a desde ligeiramente acida a básica (Tabela 12). Observando-se a Figura 35, percebe-se que o pH dos poços analisados apresentaram comportamento semelhante, com uma maior variação acima de 7,00, o que torna a água ligeiramente básica.

Esse pH pode vir gerar problemas sérios nos solos irrigados, uma vez que valores de pH acima de 7,0 geram precipitação de carbonato de cálcio e de magnésio, bem como de sulfato de cálcio, acarretando aumento na concentração relativa de sódio na solução do solo, o que pode substituir o cálcio e o magnésio trocáveis, dando origem ao processo de sodificação do solo.

Segundo University of Califórnia Committee of Consultants-UCCC (1974) citado por AYERS & WESTCOT, (1999), a faixa normal do pH na água para irrigação pode variar entre 6,50 e 8,40. Durante a pesquisa as fontes AÇ2, PT3 e PR1 chegaram a apresentar valores máximos de 8,72, 8,60 e 8,89, respectivamente, estando acima do recomendado.

Para o consumo humano, o pH de todas as fontes estiveram dentro do recomendado pela OMS (1985), entre 6,5 que é o máximo desejável e 9,2 o máximo permissível.

Tabela 12. Potencial hidrogeniônico (pH) das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

MÊS	pH																
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	7,83	7,32	7,20	7,23	7,21				7,29	7,57	6,87	7,04	8,05				
jun-03	7,81	7,71	7,09						6,76	7,49	6,88	6,80	7,78				
jul-03	7,61	8,18	7,01						7,37	8,72	6,89	6,80	7,53	7,05	7,27	8,37	
ago-03	7,61	7,78							7,14	8,17	6,94	6,75	8,11	7,01	7,16	7,49	7,72
set-03	7,55	7,82							6,94		6,91	6,83	8,15	7,70	7,15	7,65	8,07
out-03	7,38	7,52									6,89	6,77	7,84	7,00	7,14	8,89	7,71
nov-03	7,94	7,88									7,51	7,47		7,48	7,79	8,18	8,15
dez-03	7,29	7,59									6,98	6,96		7,03	7,31	8,22	7,72
fev-04	7,62	7,30				7,18	7,63	7,32	7,15		6,86	6,61	7,83	7,01	7,22	7,36	7,25
mar-04	7,93	7,72							8,13				8,60	7,50	7,49	7,79	7,85
Média	7,66	7,68	7,10	7,23	7,21	7,18	7,63	7,32	7,25	7,99	6,97	6,89	7,99	7,22	7,32	7,99	7,78
D. Padrão	0,22	0,26	0,10						0,44	0,57	0,21	0,25	0,32	0,29	0,22	0,51	0,29
Mediana	7,62	7,72	7,09	7,23	7,21	7,18	7,63	7,32	7,15	7,87	6,89	6,80	7,95	7,04	7,25	7,99	7,72
Máximo	7,94	8,18	7,20	7,23	7,21	7,18	7,63	7,32	8,13	8,72	7,51	7,47	8,60	7,70	7,79	8,89	8,15
Mínimo	7,29	7,30	7,01	7,23	7,21	7,18	7,63	7,32	6,76	7,49	6,86	6,61	7,53	7,00	7,14	7,36	7,25

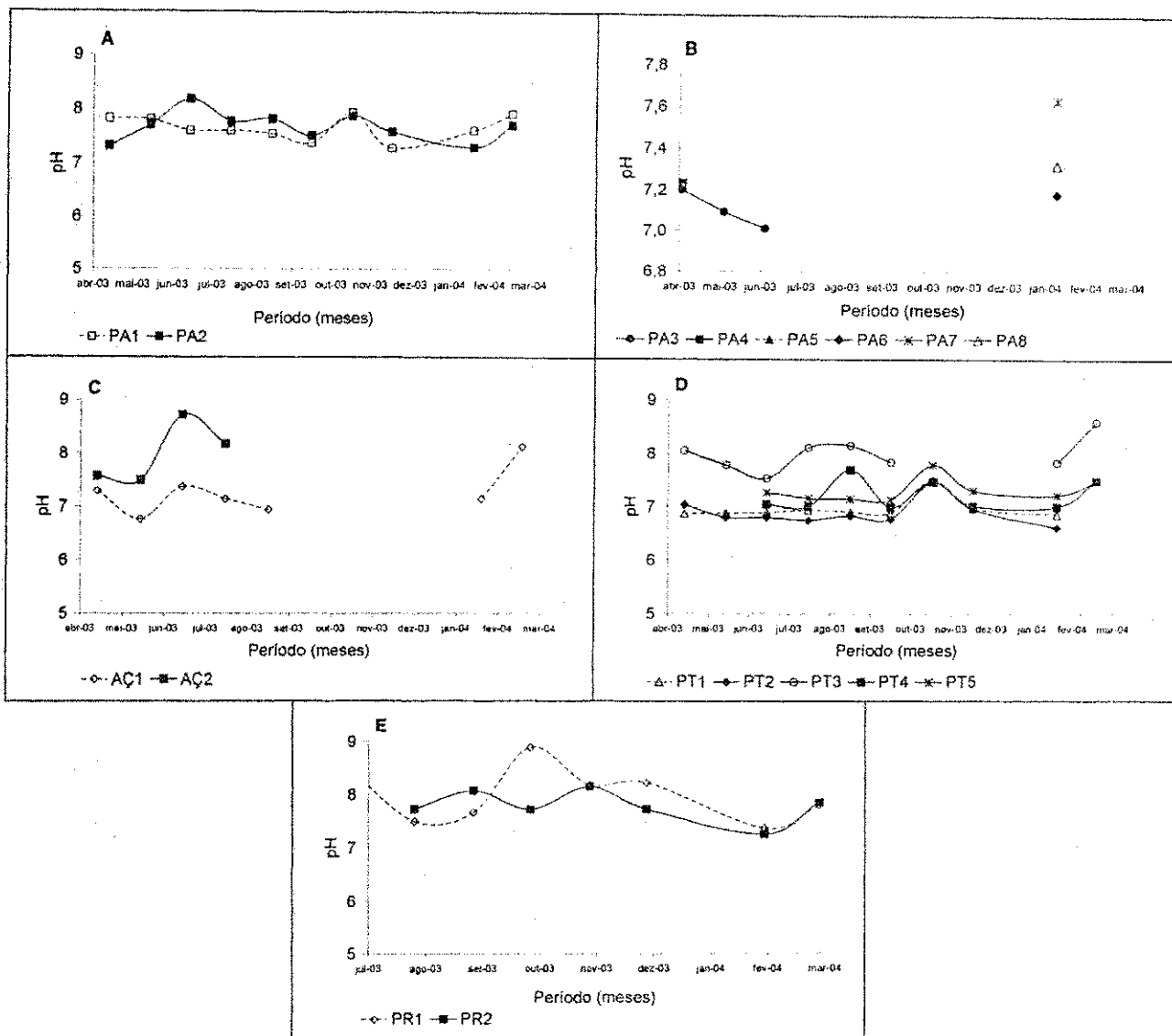


Figura 35. Potencial hidrogeniônico (pH) das águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004 na microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.

4.3-Conductividade Elétrica da Água e Resíduo Seco

Segundo a OMS, (1985), concentrações de resíduo seco ou STD de 500 mg L^{-1} ($0,78 \text{ dS m}^{-1}$) é o máximo desejável e o de 1500 mg L^{-1} ($2,34 \text{ dS m}^{-1}$) o máximo admissível; já a Portaria N° 518/04 do MS aceita como padrão 1000 mg L^{-1} de STD ($1,56 \text{ dS.m}^{-1}$) para águas após tratadas, havendo uma contradição com a resolução CONAMA 20/86 que aceita apenas 500 mg L^{-1} de STD para água de classe 2 e 3 que são as duas classes de águas brutas aptas para a consumo humano após tratamento adequado. Baseado em tais valores, observa-se na Tabela 13, que as fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1 e AÇ2 se encontram dentro

do máximo desejável. Já as fontes PT1 e PT2 de largo uso para consumo humano na microbacia do riacho Angico apresentaram valores toleráveis superiores aos permissíveis, o que compromete o uso. Deve-se observar que as fontes PR1, PR2, PA1, PA2, PT3, PT4 e PT5 não se enquadram nas recomendações da OMS, (1985) para o consumo humano com relação ao parâmetro resíduo seco devido o nível elevado de concentrações de sais nestas águas. Segundo a Portaria nº 518/04 do MS, o valor de $1,56 \text{ dS m}^{-1}$ se cumpre apenas para as fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1 e AÇ2 que se encontram dentro do máximo desejável. PT1, o poço de maior uso para consumo humano na comunidade, está acima dos padrões estabelecidos, no entanto, na falta de outra fonte de melhor qualidade, a comunidade utiliza esta água como sendo uma água tolerável para o consumo humano.

Na Tabela 13 encontra-se a variação da condutividade elétrica da água (CEa) para todos os locais de amostragem. Verificam-se acréscimos da CE no período de agosto a dezembro, com exceção das fonte PR2 e as demais fontes secas que não dispunham de água para análise no mês de dezembro. Observa-se em especial a fonte PA2 (poço amazonas do riacho Angico) apresenta um forte crescimento na concentração de sais entre o mês de maio e dezembro, que pode ser explicado pela fonte se encontra numa área de irrigação que utiliza a fonte PR2 (concentração de sais elevada) promovendo por conseqüência através da drenagem natural, elevação da concentração de sais do PA2. já o PR1 (poço natural do rio) recebe contribuição de águas superficiais com elevadas taxas de sais e devido a proximidade do lençol freático do solo conjuntamente com uma taxa elevada de evapotranspiração promovem uma maior concentração de sais no período seco.

Na Tabela 14 está apresentada a classificação da água, mês a mês de cada fonte, segundo University of Califórnia Committee of Consultants-UCCC (1974). Quanto ao risco potencial de salinidade através da irrigação, quando a água possui CE menor que $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ não apresenta restrição para uso, entre $0,7$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, o grau de restrição é baixo a moderado e acima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, apresenta severa restrição.

Observa-se, nas águas dos poços amazonas do riacho PA1 e PA2 uma restrição severa, principalmente para o poço PA1 que no decorrer do ano, indicou a menor CE obtida, de $1,80 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 36A), valor este que se deve à decorrência da estação chuvosa, que proporcionou um aumento nos níveis de água e, conseqüentemente, redução da concentração de sais totais na água; enquanto no PA2 esta restrição se deu no período de agosto a dezembro, quando a CE foi em média 3,85 vezes maior que a do mês de julho, fato justificado por haver ocorrido, nesses meses as menores médias pluviométricas e, ainda, por se encontrar

dentro de uma área irrigada e receber contribuição de águas da fonte PR2 que através das águas drenadas contribui para uma elevada presença de sais num período não chuvoso.

Baseado na classificação UCCC, 1974 nos poços com cata-vento (PT3, PT4 e PT5), severo grau de restrição, e nos poços PT1 e PT2, que se classificam de ligeira a moderada restrição, até mesmo nos meses subseqüentes ao período chuvoso (Figura 36D).

Dos pontos observados, o poço do riacho (PR1), foi o que teve a maior CE, com alto grau de restrição, em que a CE deste poço foi superior a 20 dS m⁻¹ (Figura 36E) nos meses de setembro a dezembro, sendo em média 53,12 vezes maior que a maior CE obtida nas águas do açude da microbacia (0,54 dS. m⁻¹); outro fato interessante, é que no poço PR2 ou PR1, a CE aumentou nos meses de maiores índices pluviométricos.

Como a variação na composição e qualidade das águas destinadas à irrigação depende da zona climática, fonte de água, época do ano e do manejo adotado na irrigação, apenas as águas dos açudes da microbacia (AÇ1 e AÇ2) podem ser utilizadas durante o período que apresentou água sem causar prejuízos ao meio ambiente, uma vez que apresentaram, respectivamente, mostrou uma CE média de 0,30 e 0,23 dS m⁻¹, com valores máximos de 0,54 dS m⁻¹ e mínimo de 0,12 dS m⁻¹ (Figura 36C).

Tabela 13. Condutividade elétrica das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (UNIDADE)																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	4,12	0,55	0,14	0,28	0,25				0,12	0,19	2,54	2,31	3,40				
jun-03	3,66	0,79	0,17						0,15	0,20	2,39	2,29	3,40				
jul-03	4,40	0,92	0,24						0,26	0,27	2,55	1,96	3,10	3,70	4,80	8,50	
ago-03	3,43	3,66							0,54	0,27	2,31	1,89	2,89	3,41	4,46	9,99	4,26
set-03	4,13	2,36							0,37		2,46	2,21	3,22	3,65	4,90	24,19	4,42
out-03	4,18	3,23									2,74	2,10	3,26	3,74	4,99	22,56	4,08
nov-03	4,18	3,84									2,65	2,25		3,70	4,80	31,10	4,18
dez-03	3,96	3,96									2,56	2,30		3,58	4,81	37,72	4,05
fev-04	1,80	0,18				0,28	0,54	0,18	0,27		1,57	2,66	2,55	3,38	4,80	1,53	5,19
mar-04	3,65	0,30							0,36				2,02	3,12	4,75	7,68	5,95
Média	3,75	1,98	0,18	0,28	0,25	0,28	0,54	0,18	0,30	0,23	2,42	2,22	2,98	3,53	4,79	17,91	4,59
D. Padrão	0,75	1,58	0,05						0,14	0,04	0,34	0,22	0,48	0,22	0,15	12,83	0,71
Mediana	4,04	1,64	0,17	0,28	0,25	0,28	0,54	0,18	0,27	0,24	2,54	2,25	3,16	3,62	4,80	16,28	4,26
Máximo	4,40	3,96	0,24	0,28	0,25	0,28	0,54	0,18	0,54	0,27	2,74	2,66	3,40	3,74	4,99	37,72	5,95
Mínimo	1,80	0,18	0,14	0,28	0,25	0,28	0,54	0,18	0,12	0,19	1,57	1,89	2,02	3,12	4,46	1,53	4,05

Tabela 14. Classificação de restrição de uso da água para irrigação com relação ao potencial de problemas de salinização do solo, nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE SALINIZAÇÃO, SEGUNDO UCCC (1974)

MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai/03	S	N	N	N	N				N	N	BM	BM	S				
jun/03	S	BM	N						N	N	BM	BM	S				
jul/03	S	BM	N						N	N	BM	BM	S	S	S	S	
ago/03	S	S							N	N	BM	BM	BM	S	S	S	S
set/03	S	BM							N		BM	BM	S	S	S	S	S
out/03	S	S									BM	BM	S	S	S	S	S
nov/03	S	S									BM	BM		S	S	S	S
dez/03	S	S									BM	BM		S	S	S	S
fev/04	BM	N				N	N	N	N		BM	BM	BM	S	S	BM	S
mar/04	S	N							N				BM	S	S	S	S

N= nenhuma; BM=baixa e moderada; S=severa

Segundo a Academia Nacional de Ciências dos EUA (1972; 1974) citada em AYRES & WESTCOT (1999) para consumo animal as fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1, AÇ2, e PA2 são, no período chuvoso, as únicas fontes com CE menor que $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ e estão classificadas como classe excelente e adequadas para todas as classes de gado e aves confinadas. As fontes PA1, PA2 (período seco), PT1, PT2, PT3, PT4, PT5 e PR2 são consideradas excelentes de vez que são adequadas para todas as classes de gado e aves confinadas, mas provocariam diarreia temporária em gado não acostumado e excrementos aquosos nas aves; apenas a fonte PR1 apresentou grande variação no nível de sais durante toda a pesquisa, chegando a ser, excepcionalmente, a classe excelente em fevereiro de 2004. Contudo, foi de uso limitado para o gado, e se deve evitar que fêmeas prenhas e em lactação usem dessa água, assim como não são aptas para aves, quando a condutividade está entre 8 a 11 dS m^{-1} ; por outro lado, não é recomendável seu consumo nos meses de setembro a dezembro, isto é, quando a CE foi maior que $16,0 \text{ dS m}^{-1}$.

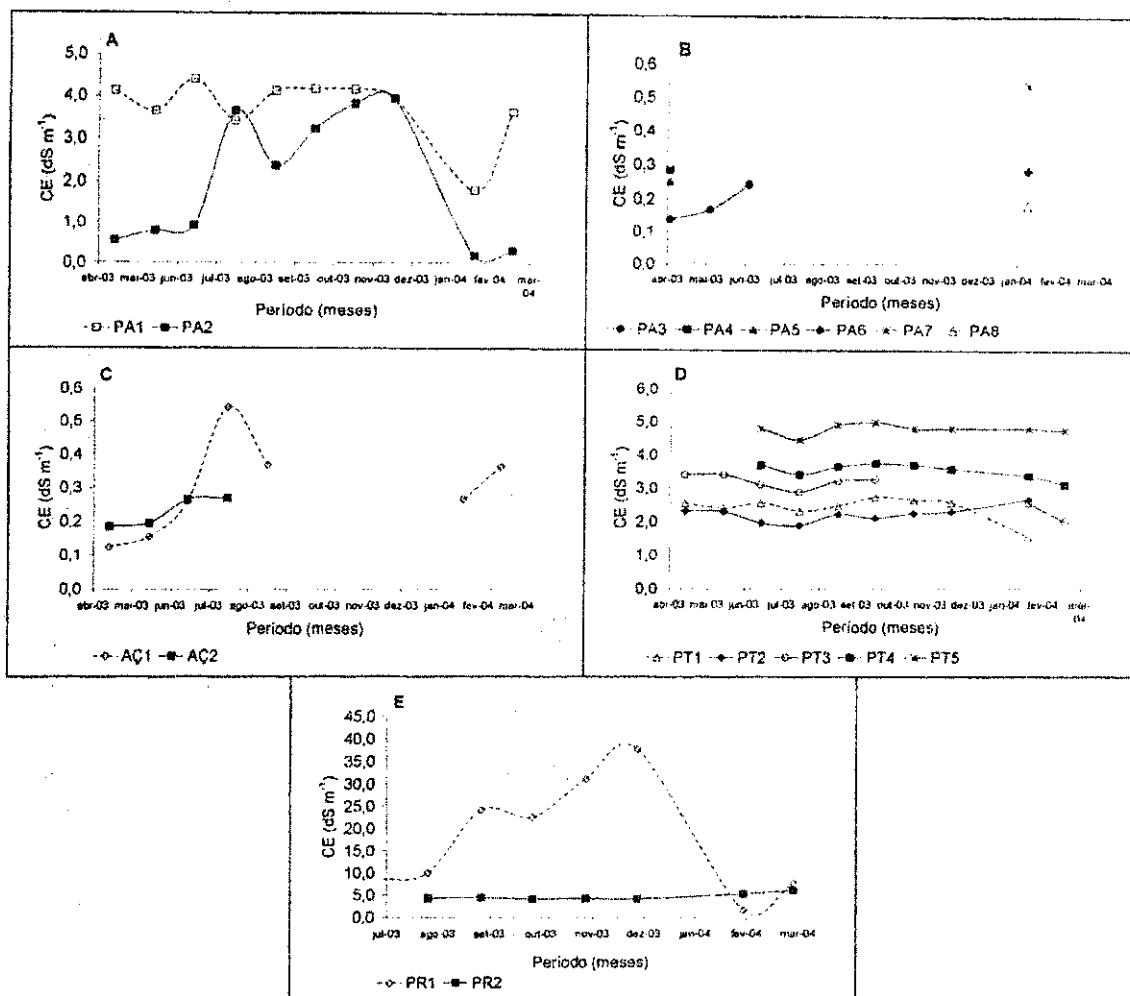


Figura 36. Condutividade elétrica das águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.4-Razão de Adsorção de Sódio (RAS)

Os valores calculados da RAS durante o período em estudo estão apresentados na Tabela 15. Com relação ao problema potencial de infiltração (risco de sodificação), de acordo com a University of Califórnia Committee of Consultants-UCCC (1974), citado por AYRES & WESTCOT (1999) tem-se na Tabela 16, a classificação, mês a mês, do resultado da análise combinada da RAS x CE da água, sendo dado o grau de restrição de uso da água para irrigação, em função do risco de sodificação.

Os resultados mostram que a água do poço amazonas do riacho (PA2) mostrou nos meses de maio, fevereiro e março baixa a moderada e severa restrição de uso. A água do poço AÇ1 (do açude) aponta grau severo de restrição nos meses de maio e junho e, nos demais meses, seu grau de restrição passou a ser baixo a moderado. No poço AÇ2, igualmente ao AÇ1, em maio e junho, a restrição é severa e, nos demais, baixa a moderada. Nos poços da

barragem subterrânea (PA3 a PA8) apenas os poços PA3 e PA8 apresentaram severo grau de restrição nos meses de maio e junho para PA3 e, no mês de fevereiro, para PA8, sendo as águas dos demais poços classificadas como de ligeira a moderada restrição na irrigação. O poço PA1, os poços com cata-vento (PT1 a PT5) e os poços do riacho (PR1 e PR2) não apresentaram nenhuma restrição quanto ao uso na irrigação, segundo classificação de AYERS & WESTCOT (1999); entretanto, a toxicidade potencial do sódio contido nas águas analisadas pode torná-las mais perigosas para emprego na irrigação, devido a relação Ca/Mg ter sido menor que 1 (Tabela 17) em todas as épocas de estudo, o que pode levar a dispersão das argilas e, conseqüentemente, a redução da permeabilidade.

Tabela 15. Razão de adsorção de sódio (RAS) nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

RAS																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	5,71	1,34	0,44	0,70	0,33				0,44	0,37	3,11	2,05	3,20				
jun-03	6,85	2,81	1,54						0,64	0,48	3,42	2,55	6,34				
jul-03	7,19	2,54	0,54						0,37	0,39	3,01	1,76	1,65	2,12	5,25	10,40	
ago-03	8,29	1,24							0,23	0,56	2,31	2,03	2,71	2,18	4,18	12,76	6,67
set-03	6,31	5,62							0,68		2,71	2,00	3,42	2,45	4,19	19,64	5,15
out-03	5,60	6,05									3,08	2,05	3,04	2,32	4,38	14,79	4,96
nov-03	6,72	7,29									3,09	2,13		2,27	5,34	21,47	6,19
dez-03	6,67	7,49									3,16	2,17		2,52	5,44	27,59	5,93
fev-04	4,76	0,55				0,54	0,47	0,18	0,90		3,10	1,90	4,82	3,11	6,91	5,09	8,13
mar-04	6,12	0,42							0,74				5,58	2,61	5,05	11,43	7,43
Média	6,42	3,54	0,84	0,70	0,33	0,54	0,47	0,18	0,57	0,45	3,00	2,07	3,85	2,45	5,09	15,40	6,35
D. Padrão	0,97	2,80	0,61						0,23	0,09	0,32	0,22	1,58	0,32	0,90	7,15	1,16
Mediana	6,49	2,68	0,54	0,70	0,33	0,54	0,47	0,18	0,64	0,44	3,09	2,05	3,31	2,39	5,15	13,78	6,19
Máximo	8,29	7,49	1,54	0,70	0,33	0,54	0,47	0,18	0,90	0,56	3,42	2,55	6,34	3,11	6,91	27,59	8,13
Mínimo	4,76	0,42	0,44	0,70	0,33	0,54	0,47	0,18	0,23	0,37	2,31	1,76	1,65	2,12	4,18	5,09	4,96

Tabela 16. Classificação de restrição de uso da água para irrigação com relação ao potencial de problemas com infiltração nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de maio/03 a março/04, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE SODIFICAÇÃO, SEGUNDO UCCC, 1974																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai/03	N	BM	S	BM	BM				S	S	N	N	N				
jun/03	N	N	S						S	S	N	N	N				
jul/03	N	N	BM						BM	BM	N	N	N	N	N	N	
ago/03	N	N							BM	BM	N	N	N	N	N	N	N
set/03	N	N							BM		N	N	N	N	N	N	N
out/03	N	N									N	N	N	N	N	N	N
nov/03	N	N									N	N		N	N	N	N
dez/03	N	N									N	N		N	N	N	N
fev/04	N	S				BM	N	S	BM		N	N	N	N	N	N	N
mar/04	N	BM							BM				N	N	N	N	N

N= nenhuma; BM=baixa e moderada; S=severa

Segundo a Figura 37A, a RAS da água do poço PA1 sempre foi superior à do PA2, com exceção dos meses de outubro, novembro e dezembro. Estatisticamente, nos poços PT1, PT2, PT4 e PT5 (com cata-vento) a variabilidade dos valores foram relativamente baixas ao longo da pesquisa, apresentando comportamento similar; comparado com o poço PT3 que apresentou uma variação maior em toda a época avaliada (Figura 37D). No tocante aos máximos valores encontrados, percebe-se que as fontes próximas ao deságüe no Rio São Pedro (PA1, PR2 e PR1) tiveram os maiores valores de RAS, o que pode ser explicado pelas manchas de solos solonch solodizado existentes na parte superior da bacia do São Pedro (PARAIBA, 1978), aumentando consideravelmente esses valores.

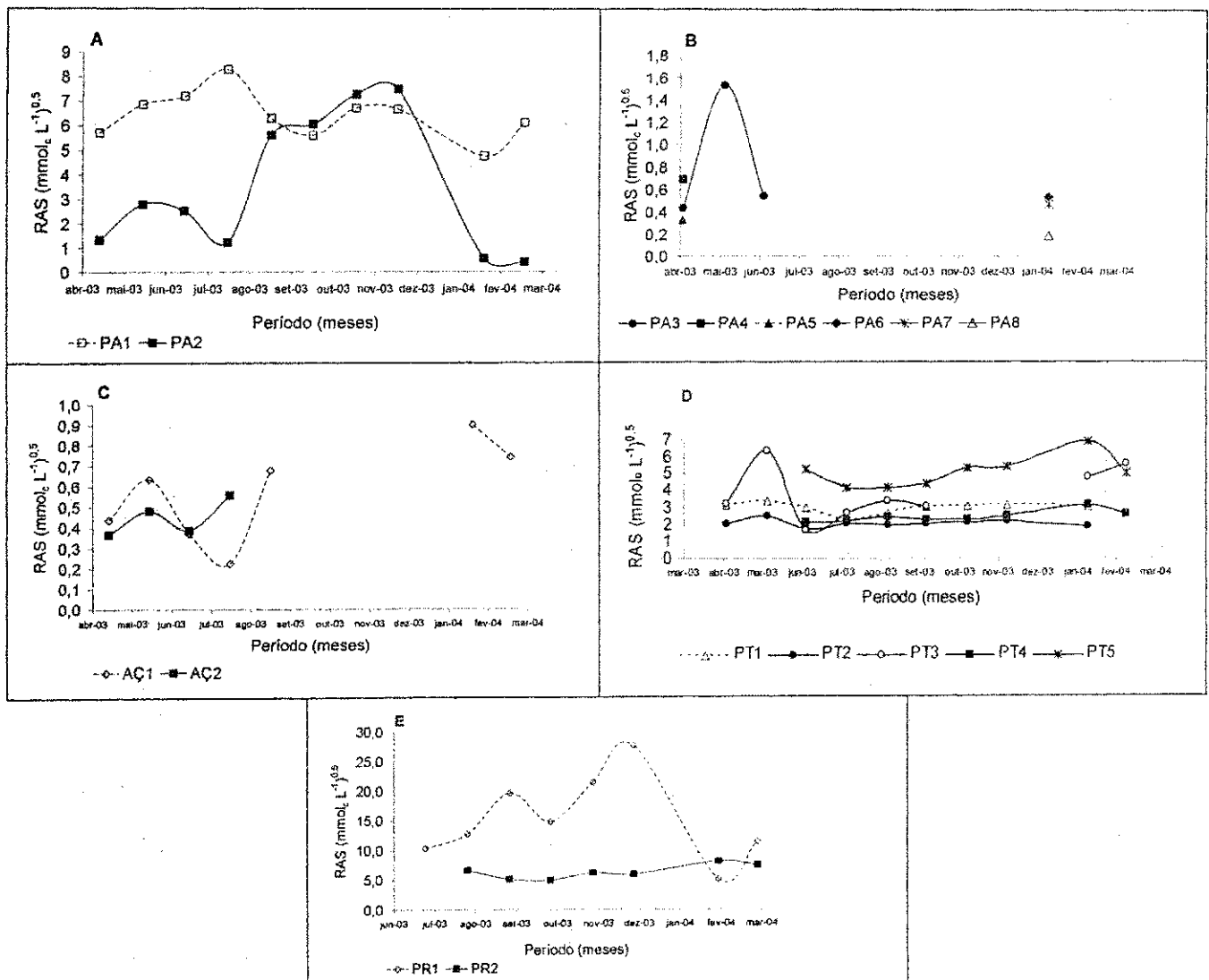


Figura 37. Razão de adsorção de sódio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.5-Cálcio/Magnésio(Ca/Mg)

De maneira geral e de acordo com a Tabela 17, a relação proporcional dos valores de cálcio com relação aos valores de magnésio (Ca/Mg) foi muito baixa em todos os pontos analisados, o que torna mais perigosa a utilização dessas águas para irrigação; esta relação foi prejudicada pela concentração de Na que predominou sobre o teor de Ca e Mg, mas, na época de maior precipitação pluviométrica (fevereiro), e com diminuição da concentração de sais nas águas em alguns locais, observou-se predominância do Ca e do Mg sobre o Na; além desse, a presença de bicarbonato nas amostras, exemplifica, até certo ponto, a predominância dos íons de sódio, pois em virtude da alta temperatura do ambiente, os sais de cálcio e/ou magnésio são precipitados em forma de carbonatos aumentando, em consequência a concentração de sódio, acarretando a diminuição da relação Ca/Mg (EATON, 1954).

Tabela 17. Relação entre o cálcio e magnésio (Ca/Mg) nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

MÊS	Ca/Mg																	
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	ΛÇ1	ΛÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2	
mai-03	0,37	0,35	0,38	0,68	0,41				0,15	0,38	0,28	0,27	0,47					
jun-03	0,39	0,69	0,31						0,95	0,51	0,31	0,37	0,63					
jul-03	0,27	0,79	0,48						0,57	0,38	0,51	0,61	0,25	0,80	0,45	0,76		
ago-03	0,47	0,22							3,18	2,60	0,64	0,44	0,74	0,59	0,40	1,94	0,34	
set-03	0,37	1,04							0,43		0,46	0,57	0,66	0,65	0,66	0,42	0,59	
out-03	0,06	0,14									0,23	0,33	0,15	0,40	0,26	5,34	0,33	
nov-03	0,15	0,10									0,53	0,58		0,47	0,34	2,30	0,14	
dez-03	0,08	0,16									0,48	0,51		0,51	0,45	0,99	0,07	
fev-04	0,46	0,51				0,87	0,86	0,84	0,67		0,47	0,44	0,42	0,78	0,35	0,49	0,24	
mar-04	0,46	1,82											0,55	0,78	0,57	0,56	0,49	
Média	0,31	0,58	0,39	0,68	0,41	0,87	0,86	0,84	0,99	0,97	0,43	0,46	0,48	0,62	0,44	1,60	0,31	
D. Padrão	0,16	0,54	0,09						1,10	1,09	0,13	0,12	0,20	0,16	0,13	1,66	0,18	
Mediana	0,37	0,43	0,38	0,68	0,41	0,87	0,86	0,84	0,62	0,45	0,47	0,44	0,51	0,62	0,43	0,88	0,33	
Máximo	0,47	1,82	0,48	0,68	0,41	0,87	0,86	0,84	3,18	2,60	0,64	0,61	0,74	0,80	0,66	5,34	0,59	
Mínimo	0,06	0,10	0,31	0,68	0,41	0,87	0,86	0,84	0,15	0,38	0,23	0,27	0,15	0,40	0,26	0,42	0,07	

4.6-Sódio (Na)

As variações dos teores de sódio estão apresentados na Tabela 18, na qual se constata variação muito acentuada entre as amostras de cada grupo analisadas, com ressalvas de que foram as dos poços dos riachos que mais se destacaram.

Segundo a OMS,1985 e o Ministério da Saúde, portaria nº 518/2004, a concentração máxima permissível de sódio é 5,1 meq L⁻¹ para consumo humano. Os valores encontrados na

pesquisa mostram que as fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1 e AÇ2 se encontraram abaixo do máximo permissível, as restantes não foram recomendadas para consumo humano.

Observando os resultados para as águas dos poços amazonas (Figura 38A), nota-se que o sódio em PA1 foi superior ao de PA2 em todas as épocas avaliadas, excetuando o mês de novembro de 2003, fato também constatado na variável CE, já referida (Tabela 16). Nos poços com cata-vento (PT) verifica-se que no PT3 ocorreu a maior variabilidade; os demais poços mantiveram uma variação constante ao longo do tempo e o PT5 foi o poço tubular que apresentou maior teor de sódio (Figura 38D).

Na classificação apresentada por AYERS & WESTCOT (1999) da University of Califórnia Committee of Consultants-UCCC (1974), apenas as águas dos açudes da microbacia e os poços das barragens subterrâneas não apresentam nenhum risco de toxicidade para as plantas; já as águas dos poços dos riachos tendem a altos teores de sódio, principalmente do poço PR1 (Figura 38E) denotando, assim, ser inadequado para fins de irrigação.

Tabela 18. Sódio obtido nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, do município da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

SÓDIO (meq L ⁻¹)																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	20,58	2,14	0,35	0,76	0,36				0,35	0,33	9,15	5,95	11,31				
jun-03	23,67	4,41	1,32						0,56	0,46	10,28	7,91	22,64				
jul-03	28,82	4,92	0,64						0,44	0,47	10,28	5,85	6,47	9,87	23,67	52,51	
ago-03	18,52	5,13							0,43	0,67	6,68	6,16	9,25	8,74	17,49	54,57	23,67
set-03	22,64	13,37							0,89		8,22	6,06	10,1	9,77	17,49	185,38	18,52
out-03	20,58	17,49									9,25	6,06	10,28	9,25	18,52	133,88	17,49
nov-03	23,67	26,76									9,66	6,57		9,25	23,67	226,58	21,61
dez-03	24,70	24,70									9,77	6,88		9,66	23,67	350,18	20,58
fev-04	9,46	0,35				0,43	1,01	0,60	0,80		6,68	6,16	12,34	10,28	25,73	8,74	32,94
mar-04	18,52	0,40							0,88				12,34	8,63	19,55	51,48	31,91
Média	21,12	9,97	0,77	0,76	0,36	0,43	1,01	0,60	0,62	0,48	8,88	6,40	11,84	9,43	21,22	132,91	23,82
D. Padrão	5,14	9,96	0,50						0,23	0,14	1,40	0,65	4,76	0,57	3,30	115,50	6,22
Mediana	21,61	5,03	0,64	0,76	0,36	0,43	1,01	0,60	0,56	0,47	9,25	6,16	10,80	9,46	21,61	94,23	21,61
Máximo	28,82	26,76	1,32	0,76	0,36	0,43	1,01	0,60	0,89	0,67	10,28	7,91	22,64	10,28	25,73	350,18	32,94
Mínimo	9,46	0,35	0,35	0,76	0,36	0,43	1,01	0,60	0,35	0,33	6,68	5,85	6,47	8,63	17,49	8,74	17,49

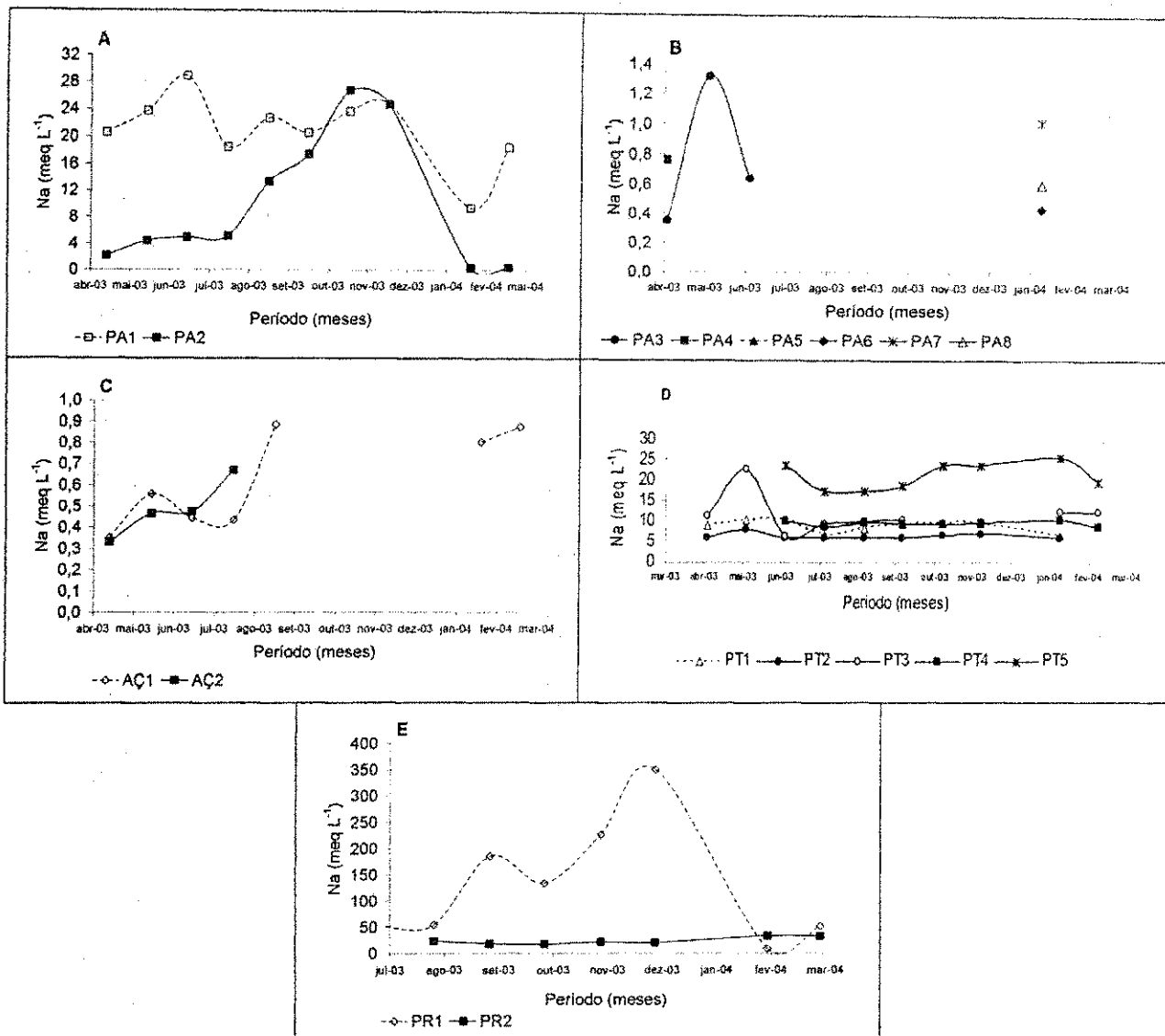


Figura 38. Teores de sódio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.7-Cloreto (Cl)

Segundo a OMS (1985), o cloreto é avaliado pelo máximo desejável de 200 mg L⁻¹ (5,6 meq L⁻¹) e o máximo permissível de 600 mg L⁻¹ (16,9 meq L⁻¹) para consumo humano e, para o Ministério da Saúde, através da Portaria nº 518/04, o valor máximo permitido (VMP) para consumo humano deve ser de 250 mg L⁻¹ (7,0 meq L⁻¹); desta forma, para os valores avaliados na pesquisa, as fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1 e AÇ2 se encontram abaixo do máximo permissível, a fonte PA2 apenas no período chuvoso (fev a jul) e as outras fontes são recomendadas para consumo humano.

Vê-se, na Tabela 19 as variações dos teores de cloreto ao longo do tempo estudado, em que os menores valores foram obtidos nos poços amazonas do riacho, logo após o período chuvoso; mesmo assim, os valores encontrados no poço PA1 foram elevados e se mantiveram sempre constantes variando de 30 a 38 meq L⁻¹ no decorrer dos meses analisados, exceto no mês de fevereiro (Figura 39A).

Para as águas dos açudes da microbacia seus valores estão dentro dos padrões citados por AYERS & WESTCOT (1999), isto é, 0-30 meq L⁻¹; já nos poços com cata-vento verifica-se que o PT4 e o PT5 não se encontram dentro dos limites de águas normais para irrigação; de modo similar às outras variáveis descritas, os poços do riacho foram os que obtiveram os maiores índices de cloreto, tornando inadequado o uso destas águas; nota-se, também, que no PR1 ocorreu o maior decréscimo (97,78%) do mês de dezembro para fevereiro devido, ao período chuvoso, fato justificado em razão do cloreto ser facilmente deslocado no solo (Figura 39E); para as águas dos poços amazonas do riacho, localizados à montante de barragens subterrâneas, onde só foi possível realizar uma coleta por ano, os valores obedecem aos padrões aceitáveis por AYERS & WESTCOT (1999).

As altas concentrações de cloreto encontradas nas amostras desse estudo, se devem principalmente à falta de chuvas na região e ao alto índice de evaporação durante os meses secos, pois se nota que nos açudes, de maior volume de água, a maior concentração deste íon foi de 3,35 meq L⁻¹ e, nos poços que, em geral, possuem menor volume de água, o teor deste íon atingiu 638,72 meq L⁻¹.

Tabela 19. Cloreto obtidos nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, na microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

MÊS	CLORETO (meq.L ⁻¹)																	
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2	
mai-03	35,38	2,14	0,45	0,17	0,17				0,22	0,12	18,41	17,64	28,35					
jun-03	31,73	2,25	0,27						0,44	0,16	17,93	18,13	28,10					
jul-03	35,94	3,44	1,26						1,50	0,58	19,02	16,74	28,60	35,44	51,78	97,25		
ago-03	30,75	44,13							3,35	0,97	19,40	17,09	28,51	34,87	50,89	126,18	34,61	
set-03	36,80	16,03							0,25		19,78	17,75	28,94	34,20	49,37	308,54	41,18	
out-03	38,80	26,28									19,80	17,34	29,15	34,74	51,69	294,59	37,01	
nov-03	32,92	38,49									20,31	18,49		34,37	49,75	412,24	35,25	
dez-03	37,66	36,14									21,37	20,31		35,05	50,62	638,72	35,97	
fev-04	14,48	0,23				0,30	1,13	0,50	0,90		9,45	25,80	20,80	29,68	51,03	14,15	57,38	
mar-04	32,43	0,18								1,03				13,56	26,21	48,55	90,74	63,26
Média	32,69	16,93	0,66	0,17	0,17	0,30	1,13	0,50	1,10	0,46	18,38	18,81	25,75	33,07	50,46	247,80	43,52	
D. Padrão	6,94	17,76	0,53						1,10	0,40	3,50	2,82	5,64	3,32	1,14	207,86	11,79	
Mediana	34,15	9,74	0,45	0,17	0,17	0,30	1,13	0,50	0,90	0,37	19,40	17,75	28,43	34,56	50,76	210,39	37,01	
Máximo	38,80	44,13	1,26	0,17	0,17	0,30	1,13	0,50	3,35	0,97	21,37	25,80	29,15	35,44	51,78	638,72	63,26	
Mínimo	14,48	0,18	0,27	0,17	0,17	0,30	1,13	0,50	0,22	0,12	9,45	16,74	13,56	26,21	48,55	14,15	34,61	

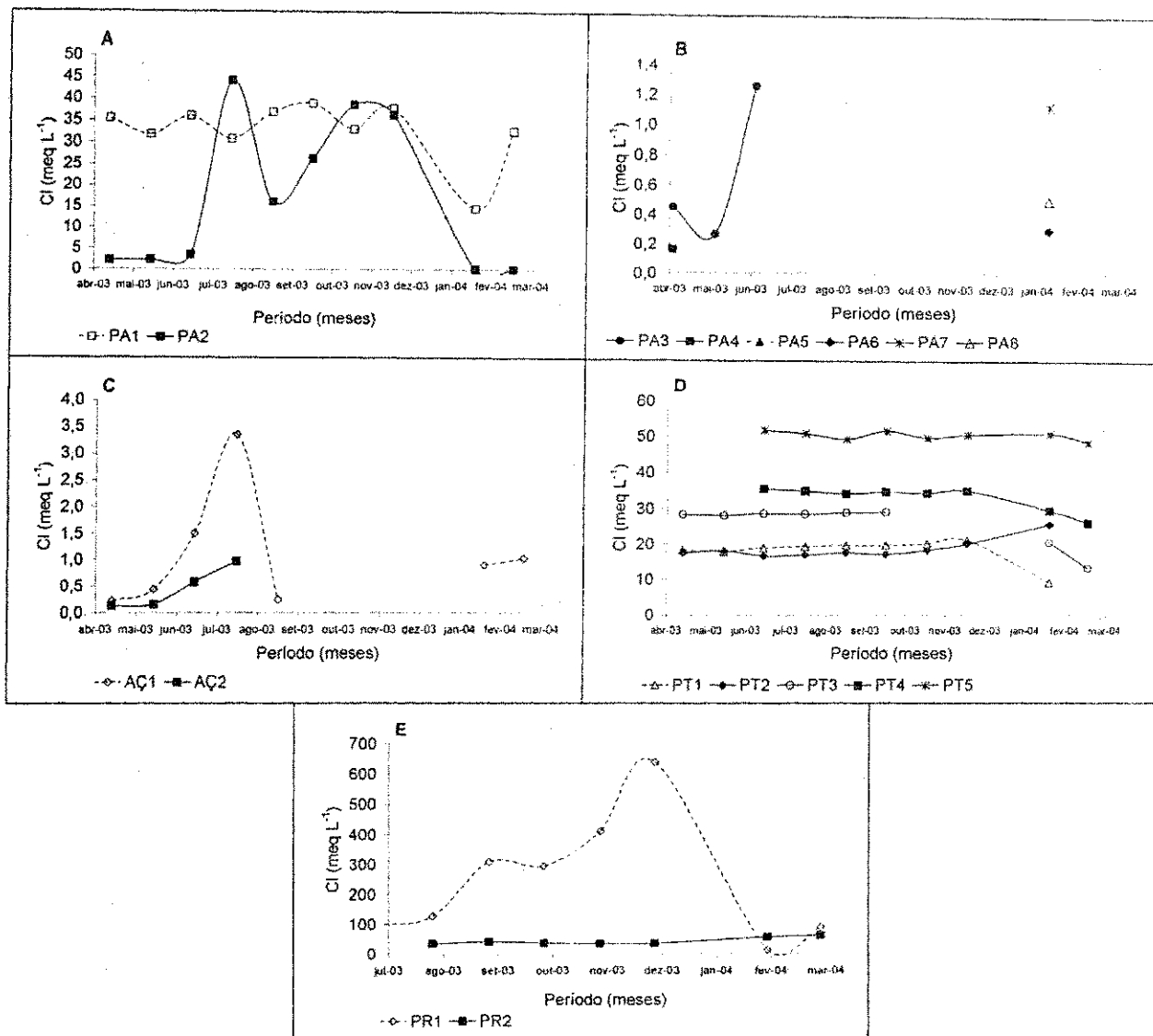


Figura 39. Teores de cloreto nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.8-Cálcio (Ca)

Conforme a OMS, o cálcio é avaliado pelo máximo desejável de 75 mg L^{-1} ($3,8 \text{ meq L}^{-1}$) e o máximo permissível de 200 mg L^{-1} ($10,0 \text{ meq L}^{-1}$) para consumo humano; desta forma, em quase todas as fontes enquadradas como toleráveis seus níveis para o cálcio, com exceção das fontes PT4, PT5, PR1 e PR2, estão acima do máximo permissível para consumo humano.

Encontram-se, na Tabela 20, os valores dos teores de cálcio ao longo do período estudado, verificando-se que nos poços amazonas do riacho (PA1 e PA2) o teor de cálcio se manteve numa faixa entre $1,32$ e $6,90 \text{ meq L}^{-1}$ (Figura 40A), excetuando-se o mês de

fevereiro, em que o teor de cálcio no PA2 foi de 0,34 meq L⁻¹; constata-se, também que nos poços com cata-vento todos as fontes mostraram a mesma tendência para o período estudado, havendo um pequeno acréscimo nos poços PT4 e PT5, principalmente no mês de setembro de 2003 (Figura 40D); verifica-se para os teores de cálcio nos açudes, acréscimos de 439,76 e 151,06% no mês de agosto em relação a julho, para AÇ1 e AÇ2, respectivamente (Figura 40C).

De acordo com, AYERS & WESTCOT (1999) os valores normais de cálcio para irrigação se acham entre 0-20 meq L⁻¹; pela Figura 40E, verifica-se que o poço do riacho PR1 é a única fonte considerada imprópria para irrigação, embora a mesma possua valores de até 97 vezes superiores ao do PR2, denotando que as chuvas ocorridas neste período não foram suficientes para lavar este cátion do solo.

Tabela 20. Teores de cálcio obtidos nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

CÁLCIO (meq L ⁻¹)																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	7,03	1,32	0,36	0,98	0,70				0,17	0,45	3,79	3,59	8,04				
jun-03	6,71	2,01	0,35						0,75	0,63	4,30	5,20	9,86				
jul-03	6,89	3,32	0,90						1,04	0,83	7,90	8,33	6,21	19,35	12,56	22,07	
ago-03	3,18	6,14							5,60	2,08	6,46	5,66	9,89	11,93	9,93	24,16	6,45
set-03	6,90	5,76							1,04		5,78	6,61	8,97	12,55	13,82	52,30	9,60
out-03	1,47	2,00									3,42	4,32	3,01	9,03	7,47	138,04	6,22
nov-03	3,26	2,54									6,76	6,97		10,69	9,87	155,38	3,06
dez-03	2,00	3,04									6,17	6,79		9,91	11,78	160,41	1,65
fev-04	3,13	0,34				0,76	2,39	0,80	0,80		3,73	7,96	4,85	11,94	9,08	2,43	7,90
mar-04	7,26	1,45								1,43			4,33	12,01	13,58	18,12	15,18
Média	4,78	2,79	0,53	0,98	0,70	0,76	2,39	0,80	1,55	1,00	5,37	6,16	6,90	12,17	11,01	71,61	7,15
D. Padrão	2,36	1,88	0,31						1,83	0,74	1,60	1,60	2,66	3,14	2,27	67,66	4,46
Mediana	4,99	2,28	0,36	0,98	0,70	0,76	2,39	0,80	1,04	0,73	5,78	6,61	7,13	11,94	10,86	38,23	6,45
Máximo	7,26	6,14	0,90	0,98	0,70	0,76	2,39	0,80	5,60	2,08	7,90	8,33	9,89	19,35	13,82	160,41	15,18
Mínimo	1,47	0,34	0,35	0,98	0,70	0,76	2,39	0,80	0,17	0,45	3,42	3,59	3,01	9,03	7,47	2,43	1,65

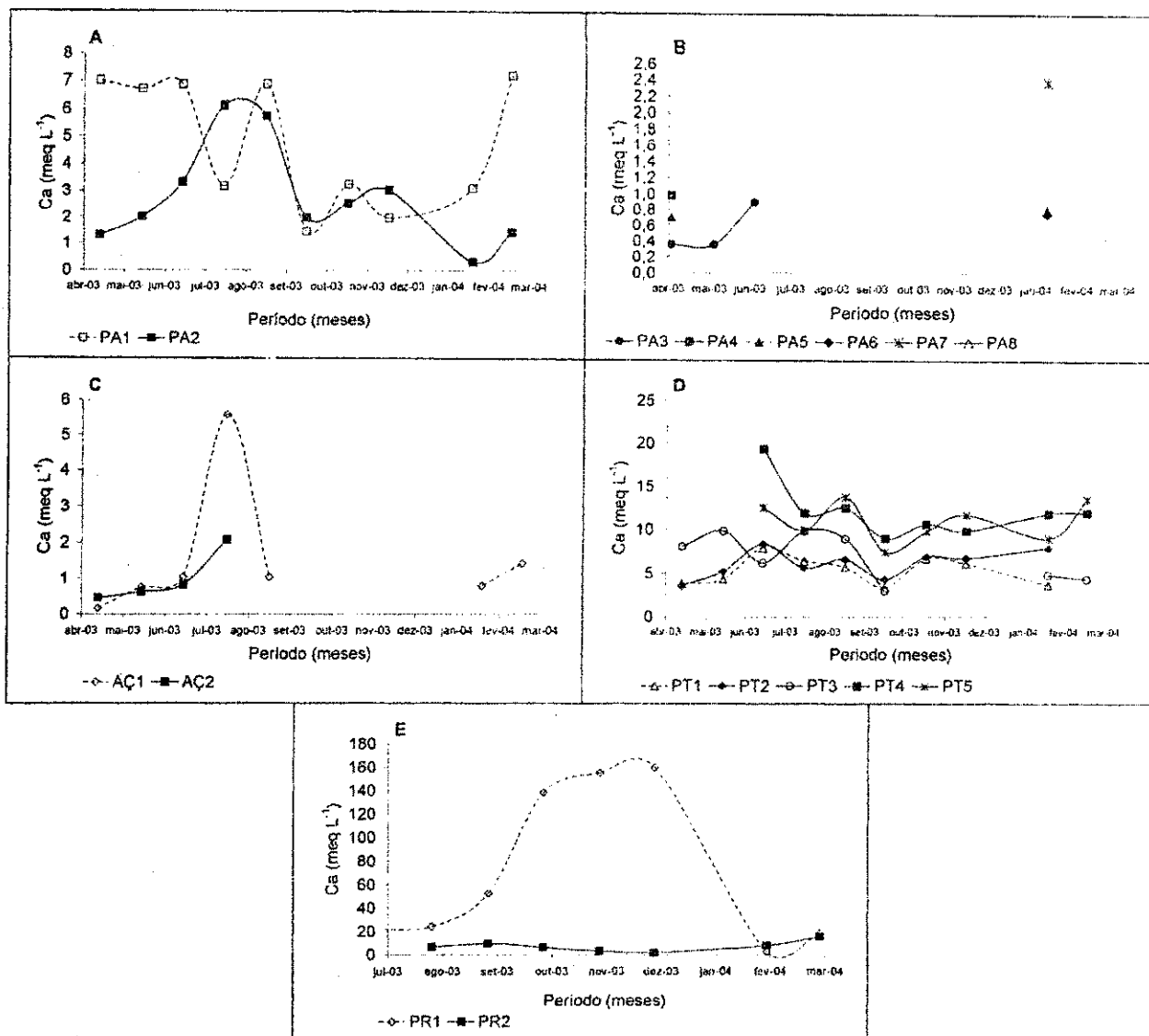


Figura 40. Teores de cálcio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.9-Magnésio (Mg)

Segundo a OMS (1985), o magnésio é avaliado pelo máximo desejável de 30 mg L⁻¹ (2,5 meq L⁻¹) e o máximo permissível de 150 mg L⁻¹ (12,5 meq L⁻¹) para consumo humano; assim, os valores obtidos na pesquisa, para as fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1 e AÇ2, se encontram abaixo do máximo permissível, sendo para a fonte PA2 apenas no período chuvoso (fev a jul) enquanto as outras fontes não são recomendadas para consumo humano.

A Tabela 21 mostra os teores de magnésio ao longo do tempo estudado e, de maneira geral, variações ao longo do tempo, com picos de acréscimo seguidos por decréscimos, além

de que em todas as fontes as concentrações de magnésio foram superiores às aceitáveis como normais para água de irrigação, que são segundo AYERS & WESTCOT (1999), de 0-5 meq L⁻¹, com exceção à dos açudes e poços amazonas das barragens subterrâneas da microbacia, que se enquadram dentro desse limite.

Outro fato observado e de grande importância, se refere aos acréscimos de magnésio obtidos no poço do riacho PR1 (Figura 41E), nos meses de setembro e dezembro, com concentrações de 125,81 e 161,79 meq L⁻¹, respectivamente, fato justificado pelas taxas elevadas de evaporação durante o período de estiagem causando, assim, essas variações. Na Figura 41D constata-se que apenas o PT3 apresentou grandes oscilações, em se comparando com o comportamento dos demais poços com cata-vento.

Para o consumo animal, segundo AYERS & WESTCOT (1999), o magnésio poderá provocar diarreia nos animais, quando acima dos limites permissíveis, isto é, 21 meq L⁻¹ para a maioria dos animais. As fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1, AÇ2, PT1 e PT2 estão adequadas para o consumo de todos os animais com relação ao magnésio citado na tabela 4, já as fontes PA1, PA2, PT3, PT4, PT5 e PR2 no entanto, adequar-se bem ao fornecimento de água para os bovinos de corte e ovinos adultos; e a fonte PR1 não é confiável a sua utilização, devido a grande variação dos teores de magnésio durante a pesquisa.

Tabela 21. Concentrações de Magnésio obtidos nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

MÊS	MAGNÉSIO (meq L ⁻¹)																
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	18,98	3,80	0,93	1,43	1,72				1,13	1,18	13,49	13,31	16,96				
jun-03	17,16	2,91	1,13						0,79	1,24	13,81	14,00	15,64				
jul-03	25,23	4,20	1,87						1,82	2,20	15,35	13,71	24,56	24,17	28,07	28,92	
ago-03	6,80	28,32							1,76	0,80	10,17	12,78	13,36	20,11	25,12	12,44	18,74
set-03	18,87	5,55							2,38		12,61	11,67	13,62	19,16	20,95	125,81	16,29
out-03	25,52	14,70									14,57	13,07	19,88	22,78	28,27	25,84	18,66
nov-03	21,53	24,42									12,77	11,98		22,53	29,37	67,45	21,29
dez-03	25,41	18,74									12,93	13,39		19,43	26,11	161,79	22,46
fev-04	6,74	0,66				0,88	2,79	0,95	1,19		7,90	18,28	11,53	15,33	25,61	4,93	33,16
mar-04	15,66	0,80							2,04				7,92	15,40	23,84	32,64	30,90
Média	18,19	10,41	1,31	1,43	1,72	0,88	2,79	0,95	1,59	1,35	12,62	13,58	15,43	19,86	25,92	57,48	23,07
D. Padrão	6,96	10,30	0,50						0,57	0,60	2,29	1,92	5,14	3,28	2,72	57,16	6,47
Mediana	18,93	4,88	1,13	1,43	1,72	0,88	2,79	0,95	1,76	1,21	12,93	13,31	14,63	19,77	25,86	30,78	21,29
Máximo	25,52	28,32	1,87	1,43	1,72	0,88	2,79	0,95	2,38	2,20	15,35	18,28	24,56	24,17	29,37	161,79	33,16
Mínimo	6,74	0,66	0,93	1,43	1,72	0,88	2,79	0,95	0,79	0,80	7,90	11,67	7,92	15,33	20,95	4,93	16,29

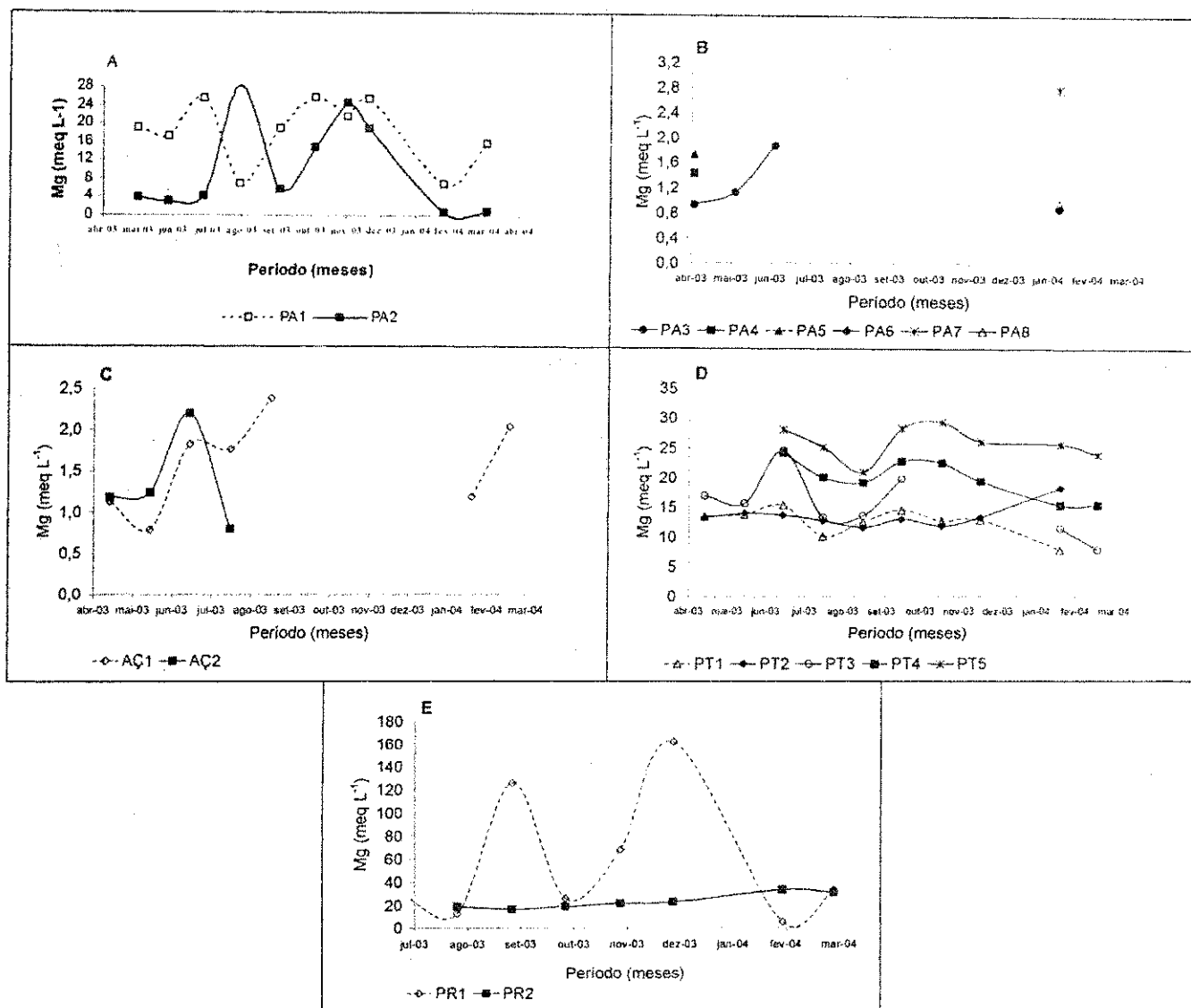


Figura 41. Teores de magnésio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.10-Potássio (K)

Para consumo humano, o valor máximo permissível segundo a OMS, (1985) é de 20 mg L^{-1} (0,87 meq L^{-1}), onde apenas a fonte PR1 se encontra fora dos padrões admissíveis.

Mediante a Tabela 22, verificam-se variações nas concentrações de potássio ao longo do tempo estudado, e uma pequena variação com valores mínimos de 0,00 meq L^{-1} no mês de junho, para as fontes PA3, AÇ1, AÇ2, PT2 e PT3, e máximo de 1,72 meq L^{-1} em novembro no poço PR1.

Tabela 22. Concentrações de Potássio obtido nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

POTÁSSIO (meq L ⁻¹)																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	0,40	0,40	0,10	0,33	0,16				0,14	0,14	0,25	0,19	0,42				
jun-03	0,35	0,42	0,00						0,00	0,00	0,23	0,00	0,01				
jul-03	0,37	0,50	0,10						0,19	0,16	0,25	0,17	0,38	0,38	0,46	0,67	
ago-03	0,35	0,50							0,17	0,16	0,25	0,17	0,37	0,37	0,42	0,73	0,33
set-03	0,42	0,33							0,37		0,27	0,21	0,40	0,38	0,46	0,61	0,35
out-03	0,40	0,25									0,25	0,19	0,40	0,40	0,48	0,96	0,37
nov-03	0,23	0,42									0,27	0,19		0,40	0,46	1,72	0,37
dez-03	0,42	0,25									0,29	0,21		0,42	0,44	2,29	0,37
fev-04	0,31	0,19				0,33	0,27	0,25	0,08		0,19	0,14	0,31	0,40	0,50	0,25	0,37
mar-04	0,40	0,35							0,08				0,25	0,35	0,44	0,44	0,37
Média	0,37	0,36	0,07	0,33	0,16	0,33	0,27	0,25	0,15	0,11	0,25	0,17	0,32	0,39	0,46	0,96	0,36
D. Padrão	0,06	0,11	0,06						0,12	0,08	0,03	0,07	0,14	0,02	0,02	0,69	0,02
Mediana	0,39	0,38	0,10	0,33	0,16	0,33	0,27	0,25	0,14	0,15	0,25	0,19	0,38	0,39	0,46	0,70	0,37
Máximo	0,42	0,50	0,10	0,33	0,16	0,33	0,27	0,25	0,37	0,16	0,29	0,21	0,42	0,42	0,50	2,29	0,37
Mínimo	0,23	0,19	0,00	0,33	0,16	0,33	0,27	0,25	0,00	0,00	0,19	0,00	0,01	0,35	0,42	0,25	0,33

Observando a Figura 42D, nota-se um decréscimo no mês de junho na concentração de potássio nos poços com cata-vento PT2 e PT3 e um acréscimo no mês de novembro, no poço do riacho PR1 (Figura 42E). De acordo com os resultados apresentados na Tabela 22 todos valores registrados para este cátion, durante o período de estudo, se encontram acima dos níveis considerados normais para água de irrigação (AYERS & WESTCOT, 1999) cujo valor máximo aceitável é de 2 mg L⁻¹.

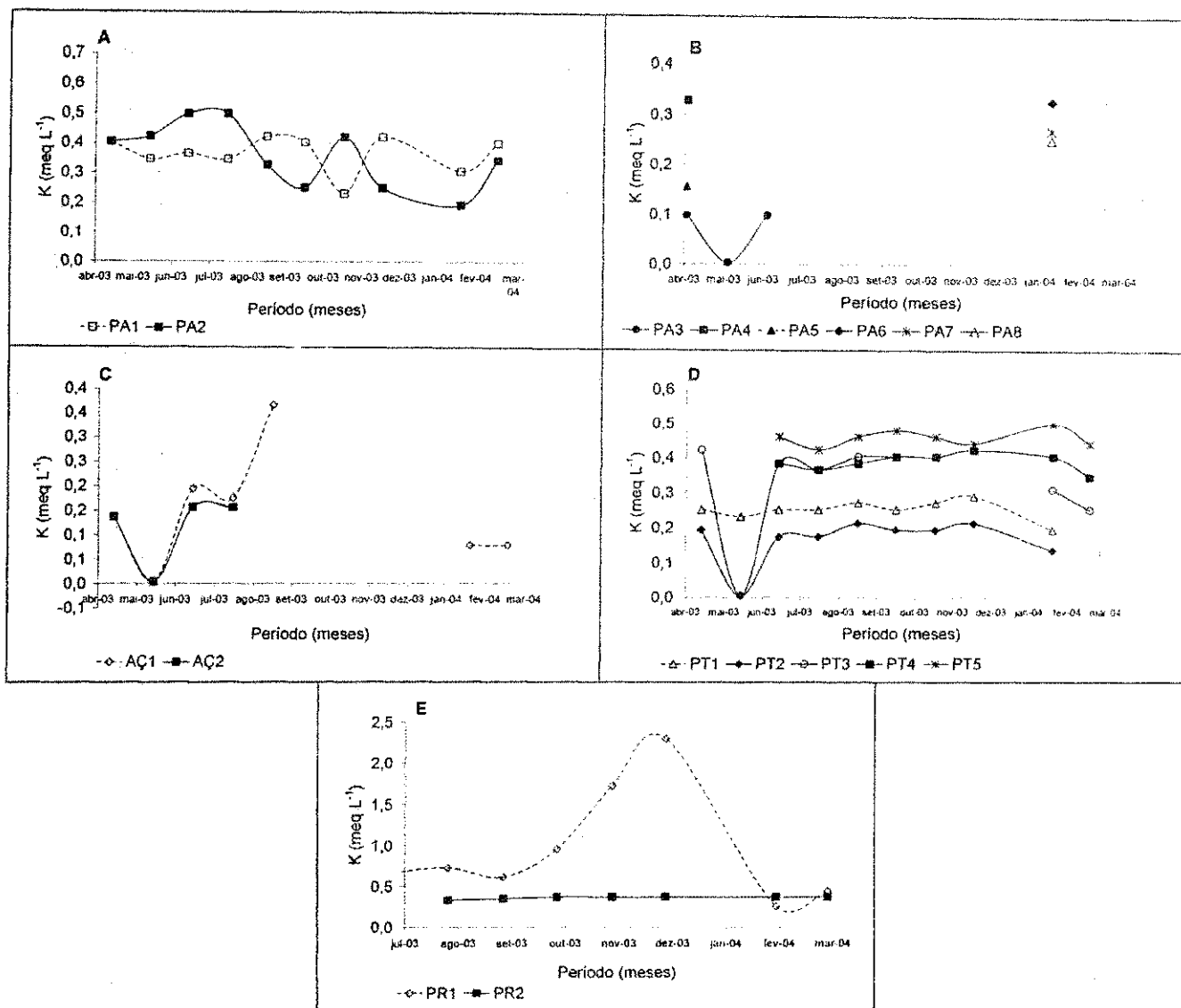


Figura 42. Teores de potássio nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.11-Ferro (F)

O ferro é prejudicial à saúde por causar sabor amargo na água e efeito adstringente, também confere cor amarela e turbidez, limitando seu uso, tanto para consumo como para lavagem de roupas e utensílios domésticos, entre outros. Os valores na Tabela 23 apresentam as variações das concentrações de ferro ao longo do tempo. O valor máximo desejável de ferro é de 0,1 ppm e o máximo permissível de 1,0 ppm; para o Ministério da Saúde, Portaria nº 518/04, o valor limite deve ser de 0,3 ppm. As fontes PT1, PT2, PT3, PA1, PA2, PA4,

PA5, PA7 e PR2, atendem de forma geral, os valores recomendados (< 1.0 ppm). Já as fontes PA3, PA6 e PA8, AÇ1, AÇ2, PT4, PT5 e PR1 em alguns meses apresentaram valores de ferro maiores que 1,00 ppm, o que não é recomendável.

Para irrigação, com base na Academia Nacional de Ciências dos E.U.A., (1972) citados por AYERS & WESTCOT, (1999) a concentração máxima do ferro é de 5 ppm. não sendo tóxica em solo de boa aeração, contribuindo para acidez e indisponibilidade do fósforo e do molibdênio. Observando-se os valores da Tabela 23, verifica-se que apenas as fontes PA8 e AÇ1 não se enquadrariam na recomendação de irrigação, em decorrência das concentrações deste elemento.

As fontes AÇ1, PT5, PR1 apresentam valores de Fe fora das recomendações: AÇ1, localizado numa área com uma grande porção de solos Vertissolo (CAVALCANTI et. ali.,2001) destaca-se por valores 7 vezes superiores àquele permitido para consumo humano, segundo a OMS, de 1,0mg L⁻¹.

Tabela 23. Concentrações de ferro de águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

FERRO (ppm)																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	0,15	0,23	2,94	1,19	1,03				4,84	2,62	0,71	0,23	0,39				
jun-03	0,23	0,15	2,06						5,56	1,51	0,07	0,55	0,55				
jul-03	0,07	0,15							4,92	0,47	0,31	0,63	0,31	0,23	0,39	2,70	
ago-03	0,31	0,15							6,75	0,95	0,23	0,71	0,31	0,71	0,47	4,13	0,31
set-03	0,63	0,47							7,15		0,55	0,23	0,39	0,87	0,23	4,84	0,15
out-03	0,15	0,63									0,31	0,47	0,39	1,11	4,45	0,15	0,71
nov-03	0,31	0,79									0,15	0,79		0,95	0,23	0,47	0,39
dez-03	0,23	1,11									0,15	0,47		1,11	0,47	0,39	0,79
fev-04	0,23	1,35				1,90	0,63	5,16	1,11		0,23	0,63	0,31	0,79	3,33	0,79	0,31
mar-04	0,07	1,03							0,63				0,55	1,90	0,47	0,63	0,15
Média	0,24	0,61	2,50	1,19	1,03	1,90	0,63	5,16	4,42	1,39	0,30	0,52	0,40	0,96	1,26	1,76	0,40
D. Padrão	0,16	0,45							2,58	0,92	0,20	0,19	0,10	0,47	1,66	1,86	0,25
Mediana	0,23	0,55	2,50	1,19	1,03	1,90	0,63	5,16	4,92	1,23	0,23	0,55	0,39	0,91	0,47	0,71	0,31
Máximo	0,63	1,35	2,94	1,19	1,03	1,90	0,63	5,16	7,15	2,62	0,71	0,79	0,55	1,90	4,45	4,84	0,79
Mínimo	0,07	0,15	2,06	1,19	1,03	1,90	0,63	5,16	0,63	0,47	0,07	0,23	0,31	0,23	0,23	0,15	0,15

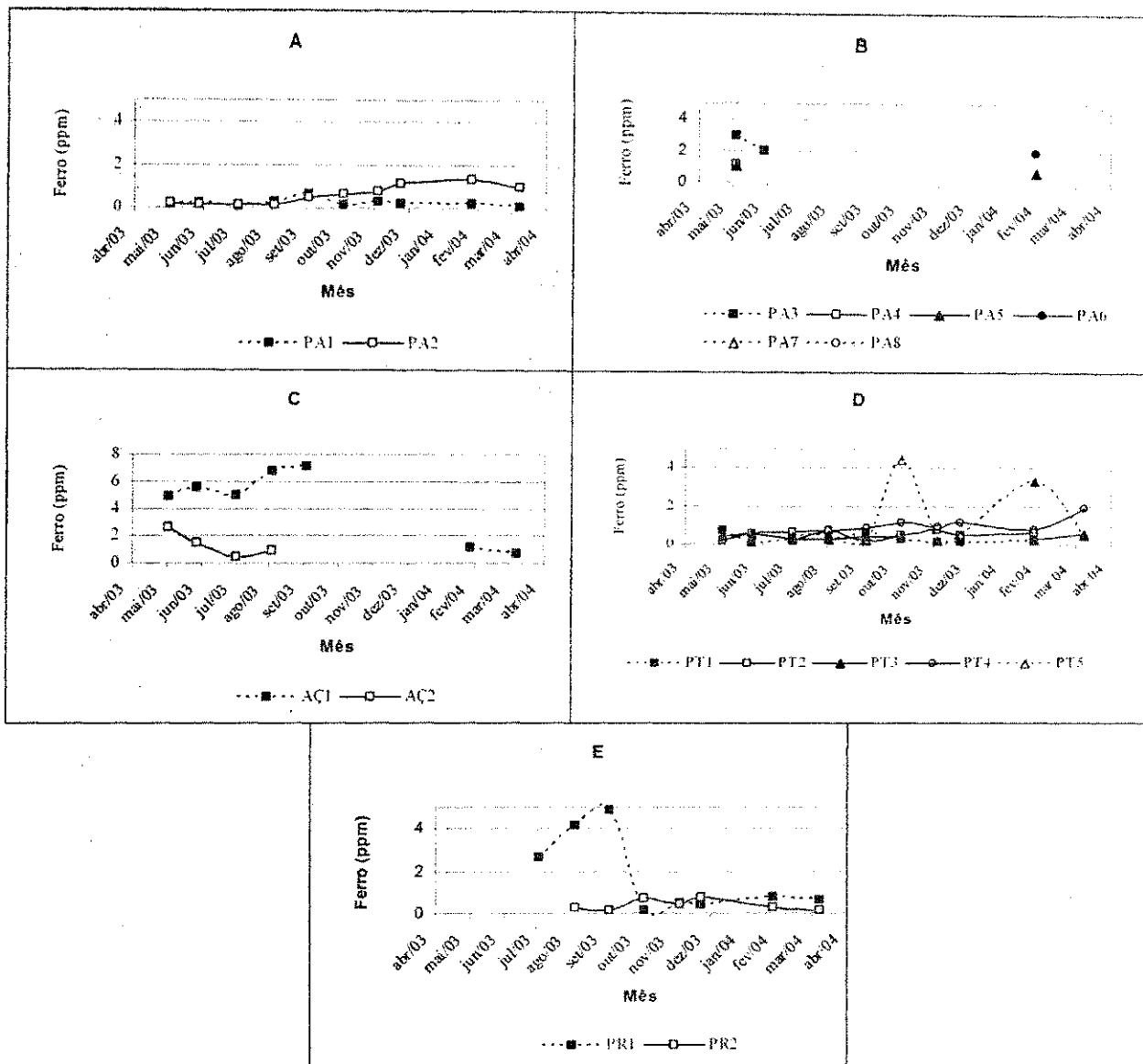


Figura 43. Teores de ferro nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.12-Carbonato (CO_3^{2-})

A OMS (1985) afirma ser o carbonato avaliado pelo máximo permissível de 120 mg L^{-1} ($4,0 \text{ meq L}^{-1}$) para consumo humano; nos valores estimados na pesquisa, vê-se que todas as fontes se encontram, de forma geral, abaixo do nível recomendado máximo permissível para consumo humano.

Conforme a Tabela 24 os teores de carbonato nas águas dos poços amazonas do riacho (PA1 e PA2) foram superior ao valor normal citado por AYERS & WESTCOT (1999), que apresentam valores entre $0-0,1 \text{ meq L}^{-1}$, exceto no mês de fevereiro (Figura 44A) devido

provavelmente, às chuvas ocorridas no mês anterior; já as águas dos poços da barragem subterrânea se adequaram satisfatoriamente, apesar de permanecerem secos na maior parte do tempo estudado.

Quanto ao açude observa-se acréscimo de $3,30 \text{ meq L}^{-1}$ (Figura 44C), no mês de setembro em relação, como uma conseqüência da pouca quantidade de água existente no açude AÇ1, fazendo que este íon se concentrasse. Em relação aos poços com cata-vento, verifica-se tendência de distribuição, semelhante para todos os poços, com maior destaque para o poço PT5, que obteve acréscimo de 51,18% no mês de setembro, quando comparado com o poço PT3, poço este que obteve o segundo maior teor de carbonato no referido mês, de 466,30% em relação ao de menor teor (PT4), também no mesmo mês (Figura 44D). Nos poços do riacho ocorreu decréscimo a partir do mês de setembro em diante, voltando a apresentar acréscimo somente no mês de março (Figura 44E).

Tabela 24. Carbonato nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

MÊS	CARBONATO (meq L^{-1})																
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	1,26	0,25	0,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00	0,32	1,40				
jun-03	1,18	0,36	0,00						0,00	0,00	0,00	0,00	0,82				
jul-03	0,66	0,98	0,00						0,00	0,62	0,00	0,00	0,96	0,00	0,60	0,65	
ago-03	1,69	1,55							0,00	0,48	0,00	0,00	2,13	0,50	0,71	0,00	1,40
set-03	2,05	1,41							3,30		1,49	1,37	2,71	0,72	4,10	1,80	4,02
out-03	1,43	1,63									0,58	0,25	1,58	0,59	0,78	1,52	1,06
nov-03	1,78	2,00									0,84	1,13		1,14	1,26	1,36	1,33
dez-03	1,04	1,58									0,20	0,20		0,34	1,05	1,27	1,17
fev-04	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
mar-04	1,18	0,20							0,60				2,11	0,47	0,42	0,90	1,16
Média	1,23	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,28	0,35	0,36	1,56	0,47	1,12	0,94	1,45
D. Padrão	0,59	0,73							1,23	0,32	0,53	0,52	0,70	0,38	1,27	0,68	1,23
Mediana	1,22	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,20	1,49	0,49	0,75	1,09	1,17
Máximo	2,05	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,30	0,62	1,49	1,37	2,71	1,14	4,10	1,80	4,02
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00

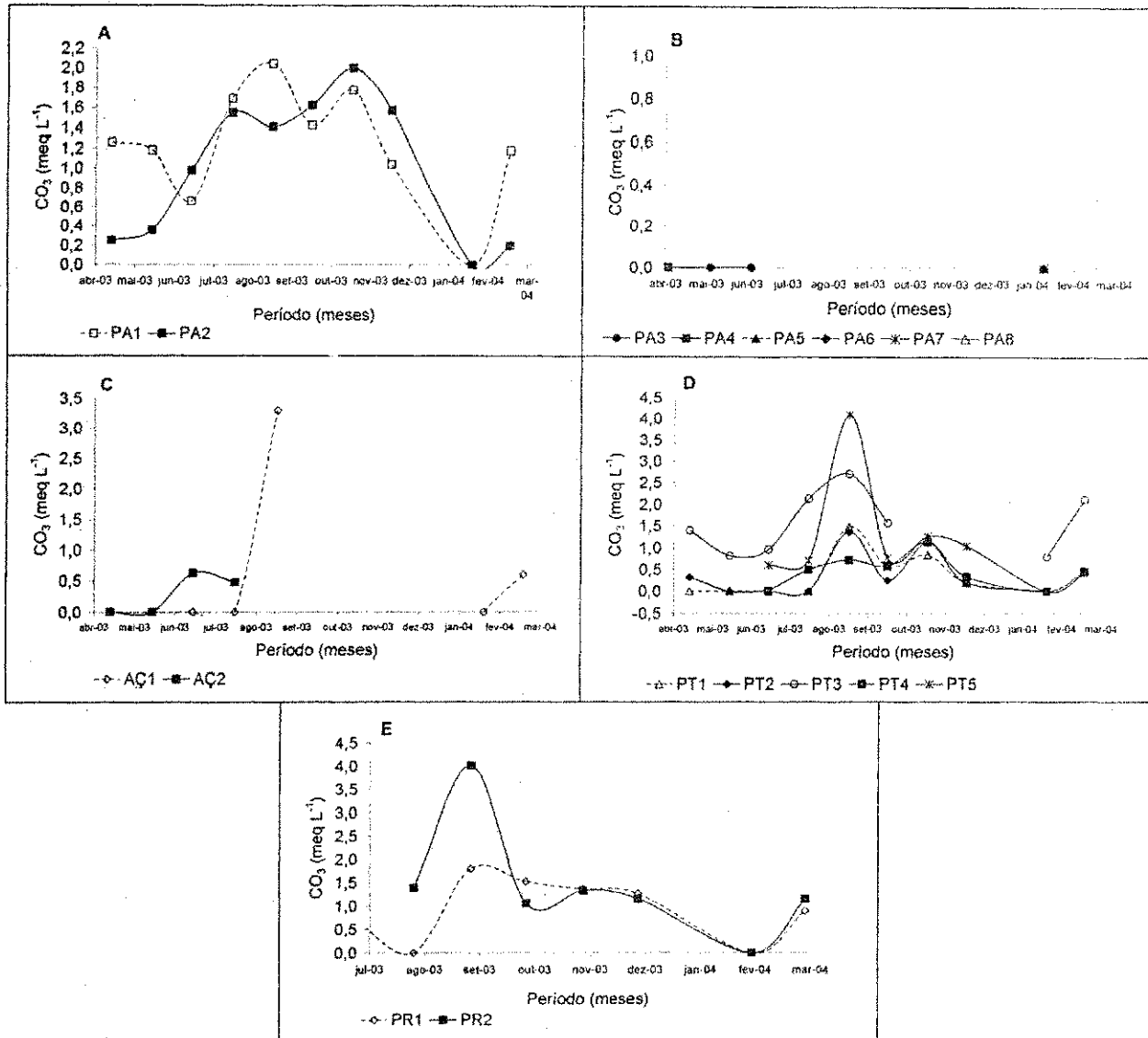


Figura 44. Teores de carbonato nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.13-Bicarbonato (HCO_3^-)

A OMS (1985) afirma ser o bicarbonato avaliado pelo máximo permissível de 250 mg L^{-1} ($4,1 \text{ meq L}^{-1}$) para consumo humano; desta forma, é notório que as fontes PA3, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, AÇ1 e AÇ2 se encontram abaixo do máximo permissível; as demais fontes possuem algum mês com valores abaixo, numa variação não previsível e portanto, não recomendadas para consumo humano.

Os teores de bicarbonato podem ser vistos na Tabela 25, na qual se verifica que as maiores concentrações de bicarbonato foram detectadas nos poços amazonas do riacho e as

menores nos açudes, principalmente no AÇ1. Na Figura 45A, nota-se que os teores de bicarbonato nos poços PA1 e PA2 oscilaram durante todo o período analisado, com decréscimo acentuado no mês de fevereiro em virtude, sem dúvida, do período de precipitação, enquanto nos açudes dos riachos este decréscimo se deu no mês de julho demonstrando assim, a grande variabilidade existente nas fontes no decorrer do ano. Para os poços com cata-vento, verifica-se através da Figura 45D, que todos eles apresentaram o mesmo comportamento, com decréscimo mais acentuado no mês de setembro.

Segundo AYERS & WESTCOT (1999) os valores normais de bicarbonato em água de irrigação encontram-se na faixa de 0-10 meq L⁻¹, demonstrando que as águas analisadas neste estudo estão dentro do limite, uma vez que a maior concentração encontrada foi de 8,21 meq L⁻¹, e que estas concentrações podem estar relacionadas à quantidade de Ca e Mg, visto que esses íons, quando presentes na água de irrigação podem ao se concentrar se precipitarem na forma de bicarbonato de cálcio.

Tabela 25. Bicarbonato nas amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

BICARBONATO (meq L ⁻¹)																	
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
mai-03	6,27	3,28	0,91	2,20	2,00				0,70	1,56	5,77	4,40	5,57				
jun-03	6,26	4,73	1,31						0,67	1,60	5,65	4,87	5,87				
jul-03	7,41	5,70	1,60						0,31	1,47	5,80	4,83	6,20	6,16	4,52	1,76	
ago-03	7,50	7,65							0,89	1,69	6,41	4,98	4,84	6,05	4,63	8,19	6,89
set-03	5,31	6,81							1,50		4,29	3,52	2,69	5,25	1,01	3,00	4,32
out-03	7,06	8,31									5,45	4,62	5,00	5,32	4,40	1,80	4,85
nov-03	9,07	5,03									5,25	3,95		4,94	3,88	1,78	5,74
dez-03	7,33	8,59									5,76	4,75		5,42	4,44	2,96	5,77
fev-04	4,03	1,23				1,51	5,30	1,51	1,92		3,87	4,22	5,58	6,97	4,73	1,84	7,90
mar-04	6,51	2,21							2,39				5,25	6,75	4,51	5,08	8,21
Média	6,68	5,36	1,27	2,20	2,00	1,51	5,30	1,51	1,20	1,58	5,36	4,46	5,12	5,86	4,01	3,30	6,24
D. Padrão	1,36	2,55	0,35						0,76	0,09	0,80	0,49	1,08	0,74	1,24	2,28	1,48
Mediana	6,79	5,37	1,31	2,20	2,00	1,51	5,30	1,51	0,89	1,58	5,65	4,62	5,41	5,74	4,48	2,40	5,77
Máximo	9,07	8,59	1,60	2,20	2,00	1,51	5,30	1,51	2,39	1,69	6,41	4,98	6,20	6,97	4,73	8,19	8,21
Mínimo	4,03	1,23	0,91	2,20	2,00	1,51	5,30	1,51	0,31	1,47	3,87	3,52	2,69	4,94	1,01	1,76	4,32

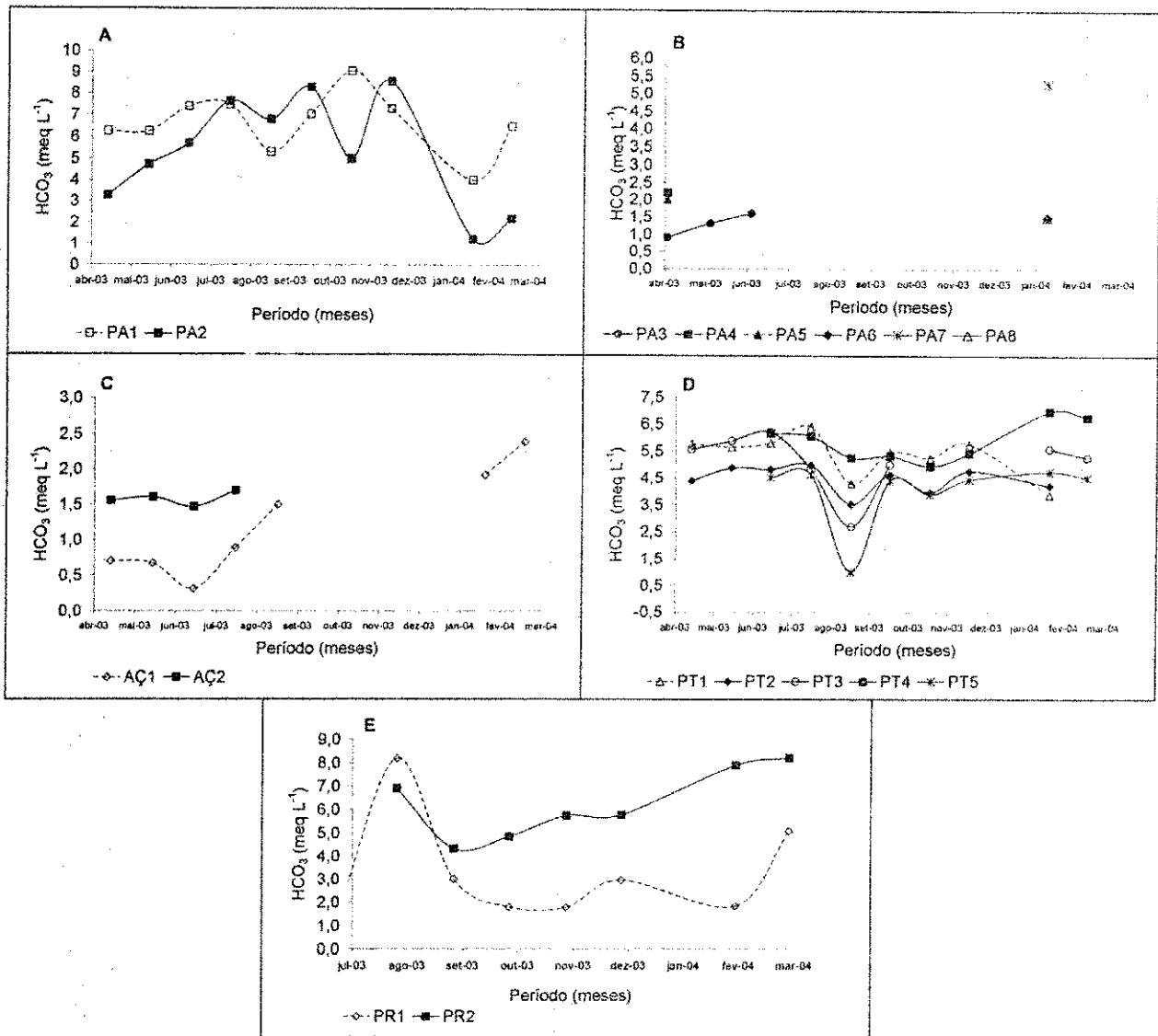


Figura 45. Teores de bicarbonato nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E) no período de maio de 2003 a março de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.14-Coliforme Termotolerantes (CTerm.)

A avaliação deste parâmetro se baseia na Portaria N° 518/04 do Ministério da Saúde. Destaca-se que não foram feitas análises para coliformes totais por serem todas as amostras provenientes de mananciais de águas brutas, onde essas bactérias estão sempre presentes. A detecção de coliformes fecais (ou termotolerantes) se ajusta melhor a essa realidade visto que sua presença indica provável contaminação fecal, seja por material fecal de animais homeotérmicos ou por esgotos. Os coliformes termotolerantes foram detectados em todas as fontes, com valores médios entre $8,72 \times 10^3$ e $2,57 \times 10$ UFC.100 mL⁻¹. Esses resultados

indicam que nenhuma das fontes pesquisadas reuniam condições sanitárias adequadas para consumo humano sem tratamento prévio, além do que a maioria não deveria ser usada para irrigação de verduras e frutas a serem consumidas cruas, sem retirar a casca ou película que as cobre (CONAMA 20/86).

Verifica-se, através dos resultados apresentados na Tabela 26, que as fontes menos contaminadas foram as dos poços tubulares; sendo a de melhor qualidade microbiológica a do PT4, com 5 amostras sem contaminação, de um total de 7 analisadas, representando 71% de amostras não contaminadas; PT2 teve 8 amostras (62%) sem contaminação, PT1 que é um poço muito utilizado para consumo humano, teve 50% de 8 amostras analisadas sem coliformes termotolerantes; em um total de 7 amostras, o PT5 teve 43% não contaminadas e o PT3 de 6 amostras 33% não estavam contaminadas. Esses resultados evidenciam fortes flutuações deste parâmetro, destacando a incerteza de sua qualidade sanitária para uso humano sem tratamento.

Os maiores valores de coliformes termotolerantes no mês de julho podem-se associar a rápidas infiltrações através do solo, e/ou à entrada de aerossóis e de poeiras contaminadas pela boca do poço devido às chuvas e aos ventos.

A Figura 46C mostra que em AÇ1 e AÇ2, os valores de julho (mês de chuvas) foram os de maior contaminação o que se deve ao transporte através de escoamento superficial de material fecal acumulado na bacia de drenagem. As amostras dos meses de verão, e portanto secos, se relacionam com o maior uso que a população faz das fontes de água nessa época, por exemplo: nos poços a introdução de baldes não sempre bem higienizados, nos açudes e nos riachos, a introdução de animais seja para carregar a água ou para dessedentação destes, de bacias e outros recipientes sem lavagem adequada, além do uso múltiplo como lavagem de roupa e recreação, perturbam o sedimento do fundo.

Todas as amostras dos açudes AÇ1 e AÇ2 acusaram contaminação, assim como todos os poços amazonas das barragens subterrâneas (PA3, PA6, PA7 e PA8 analisados numa única amostra). Os poços amazonas no leito do riacho (PA1 e PA2), e também as fontes PR1 e PR2 apresentaram contaminação em 1 ou 2 amostras ao longo da pesquisa, indicando também alguma contaminação e incerteza quanto ao seu uso no consumo humano, principalmente para crianças.

Conforme Figuras 46, as fontes que apresentaram a maior variação de valores de coliformes termotolerantes ao longo da pesquisa foram PR2 e PA2, o que mostra variabilidade temporal elevada, com maior desvio padrão das concentrações deste parâmetro nas fontes analisadas.

Tabela 26. Concentrações de coliformes termotolerantes nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.

Coliformes Termotolerantes															
MÊS	PA1	PA2	PA3	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
4/7/2003	1,72E+03	2,00E+02	1,31E+03				2,20E+02	1,00E+03	0,00E+00	1,80E+02	5,40E+02				
29/7/2003	2,80E+04	6,00E+04					3,00E+03	5,40E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,00E+01	0,00E+00	8,20E+03	4,10E+03	
25/8/2003	0,00E+00	0,00E+00					6,00E+02	4,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+02	
29/9/2003	0,00E+00	1,00E+02					4,00E+03		6,00E+00	0,00E+00	4,00E+00	0,00E+00	4,00E+00	3,60E+02	1,30E+02
29/10/2003	2,00E+02	1,24E+02							6,00E+02	3,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+04	2,52E+03
25/11/2003	1,86E+02	2,16E+03							8,00E+01	0,00E+00		1,79E+02	3,00E+03	1,59E+04	3,08E+04
15/12/2003	2,60E+02	6,30E+03							0,00E+00	2,00E+02		1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
18/2/2004	6,00E+01	8,60E+02		2,50E+03	2,70E+02	1,20E+02	4,20E+02		1,20E+01	0,00E+00	1,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,40E+02	9,00E+01
Média	3,80E+03	8,72E+03	1,31E+03	2,50E+03	2,70E+02	1,20E+02	1,65E+03	5,27E+02	8,73E+01	5,13E+01	9,62E+01	2,57E+01	5,01E+02	4,39E+03	6,71E+03
D. Padrão	9,79E+03	2,08E+04					1,73E+03	4,80E+02	2,09E+02	8,64E+01	2,18E+02	6,76E+01	3,12E+03	6,26E+03	1,35E+04
Mediana	1,93E+02	5,30E+02	1,31E+03	2,50E+03	2,70E+02	1,20E+02	6,00E+02	5,40E+02	3,00E+00	0,00E+00	8,50E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,60E+02	1,30E+02
Máximo	2,80E+04	6,00E+04	1,31E+03	2,50E+03	2,70E+02	1,20E+02	4,00E+03	1,00E+03	6,00E+02	2,00E+02	5,40E+02	1,79E+02	8,20E+03	1,59E+04	3,08E+04
Mínimo	0,00E+00	0,00E+00	1,31E+03	2,50E+03	2,70E+02	1,20E+02	2,20E+02	4,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

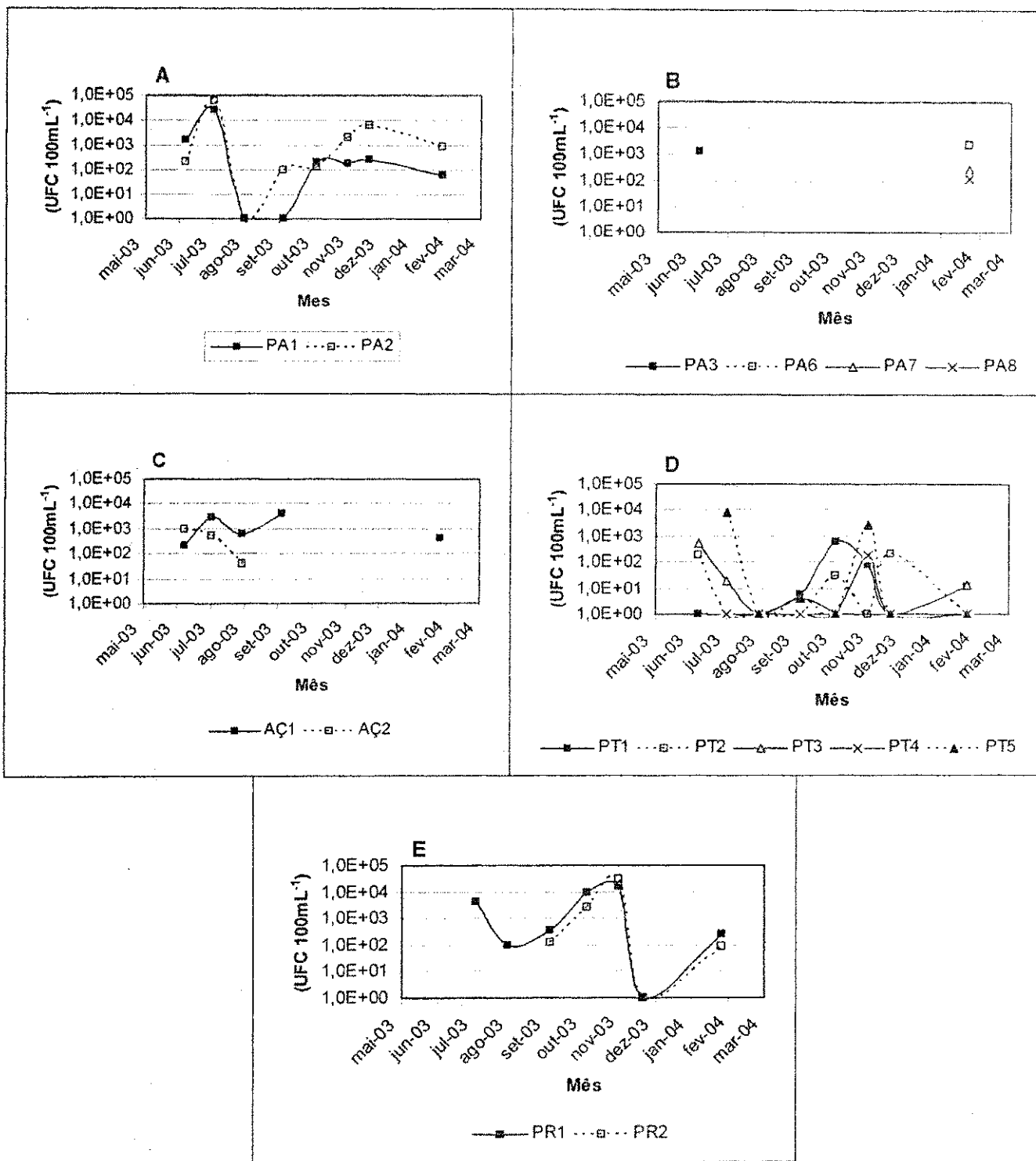


Figura 46. Variação das concentrações de coliformes termotolerantes nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.15-Estreptococos Fecais (EF)

Os fundamentos para análise deste parâmetro, embora não recomendado pelos órgãos específicos, se baseia na complementação das informações sobre a contaminação fecal fornecida pelos coliformes termotolerantes visto que estreptococos fecais são mais resistentes às condições de elevada salinidade, altas temperaturas e forte insolação, além de estarem com concentrações superiores a 4 vezes mais altas nas fezes dos animais homeotérmicos do que os coliformes termotolerantes nas fezes humanas.

A Tabela 27 mostra que a maioria das amostras estavam contaminadas com estreptococos fecais, sendo as maiores flutuações nas fontes PA2, AÇ1, PT5 e PR1, com valores superiores a $1000 \text{ UFC} \cdot 100\text{ml}^{-1}$, confirmando elevados níveis de contaminação fecal.

A maior contaminação ocorreu no PA2. Destaca-se que este poço não é alimentado somente com água do aquífero da bacia e sim também, por água proveniente de percolação das águas de irrigação existente ao seu redor advinda da fonte PR2. Este poço é usado, principalmente, para animais e verificação do nível do lençol freático na área irrigada com o coco.

É importante observar que em PT2 e PT3, usados para consumo humano, respectivamente, 1 e 3 amostras tiveram valores mais elevados de estreptococos fecais do que coliformes termotolerantes, sugerindo forte contaminação.

Tabela 27. Variação das concentrações de estreptococos fecais nas amostras das águas superficiais e subterrâneas, no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande.

MÊS	Estreptococos fecais														
	PA1	PA2	PA3	PA6	PA7	PA8	AÇ1	AÇ2	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
4/7/03	1,40E+02	1,30E+02	5,70E+02				9,00E+01	3,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,10E+02				
29/7/03	2,40E+04	2,40E+04					4,40E+02	8,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,20E+02	0,00E+00	4,06E+03	3,72E+03	
25/8/03	1,60E+03	2,30E+03					6,00E+01	5,00E+01	8,40E+01	3,80E+02	4,30E+02	0,00E+00	1,00E+02	3,10E+03	
29/9/03	0,00E+00	1,10E+02					9,08E+03		2,00E+00	0,00E+00	3,10E+02	0,00E+00	3,00E+00	3,28E+03	1,00E+02
29/10/03	2,43E+03	6,20E+02							1,00E+03	0,00E+00	4,00E+00	1,00E+00	0,00E+00	7,00E+02	1,00E+02
25/11/03	5,56E+03	3,70E+03							3,00E+01	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,50E+02
15/12/03	0,00E+00	9,40E+03							0,00E+00	4,00E+00		1,00E+00	1,00E+01	1,00E+02	4,80E+02
18/2/04	0,00E+00	1,00E+02		7,30E+02	1,00E+02	6,00E+01	1,64E+03		0,00E+00	0,00E+00	2,00E+00	1,00E+00	3,00E+00	1,90E+02	7,00E+01
Média	4,22E+03	5,05E+03	5,70E+02	7,30E+02	1,00E+02	6,00E+01	2,26E+03	5,33E+01	1,40E+02	4,80E+01	1,63E+02	4,29E-01	1,93E+01	1,58E+03	1,80E+02
DPadrão	8,22E+03	8,28E+03					3,87E+03	2,52E+01	3,49E+02	1,34E+02	1,72E+02	5,35E-01	1,53E+03	1,69E+03	1,70E+02
Mediana	8,70E+02	1,46E+03	5,70E+02	7,30E+02	1,00E+02	6,00E+01	4,40E+02	5,00E+01	1,00E+00	0,00E+00	1,15E+02	0,00E+00	3,00E+00	7,00E+02	1,00E+02
Máximo	2,40E+04	2,40E+04	5,70E+02	7,30E+02	1,00E+02	6,00E+01	9,08E+03	8,00E+01	1,00E+03	3,80E+02	4,30E+02	1,00E+00	4,06E+03	3,72E+03	4,80E+02
Mínimo	0,00E+00	1,00E+02	5,70E+02	7,30E+02	1,00E+02	6,00E+01	6,00E+01	3,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,00E+01

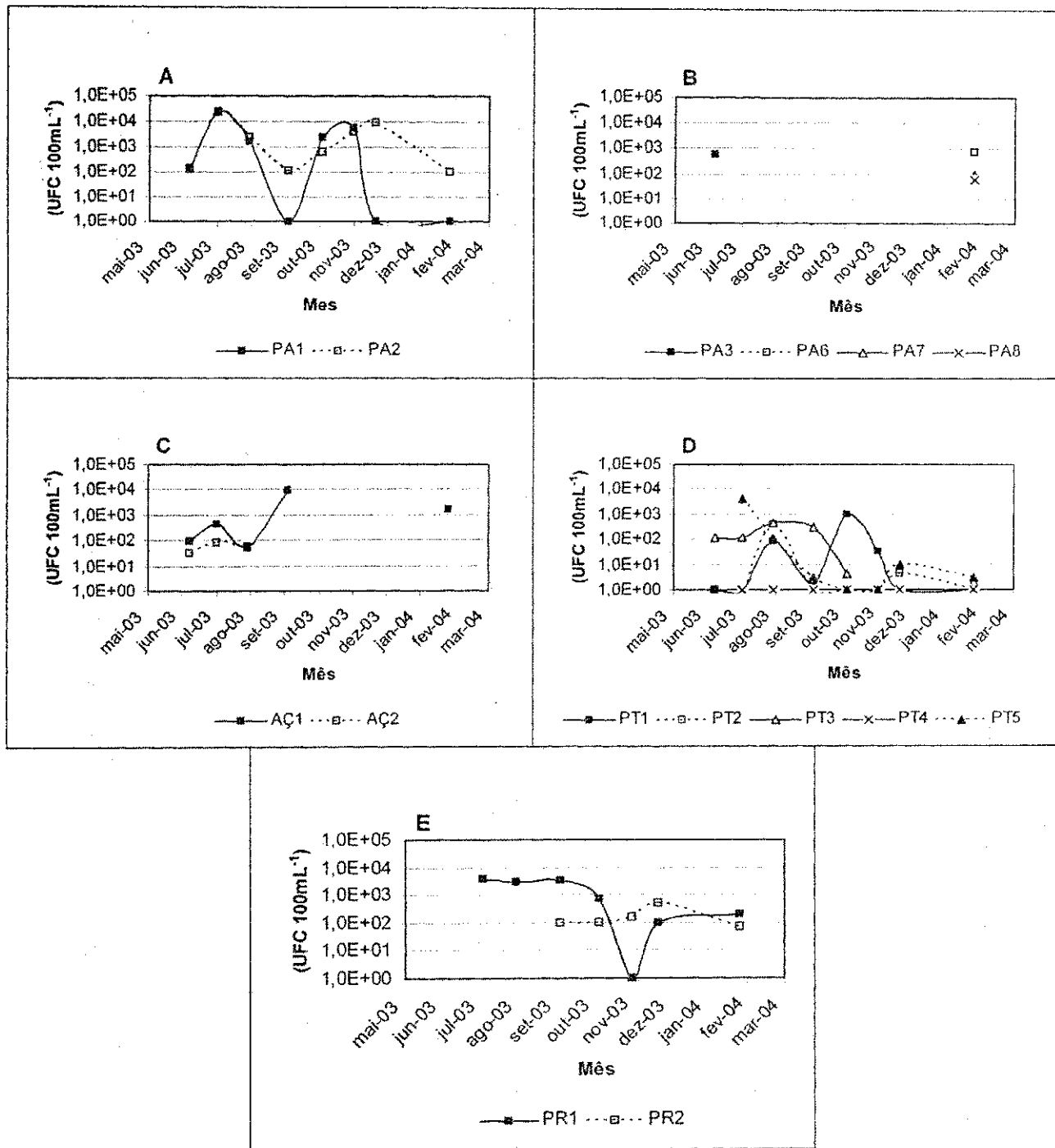


Figura 47. Variação das concentrações de estreptococos fecais nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), dos açudes da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.16-Bactérias Heterótrofas (BH)

A avaliação deste parâmetro foi baseada na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, que no artigo 11º, o parágrafo 7º relata que em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterótrofas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por mL, devem ser providenciadas imediata recoletas, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis. Neste trabalho, considerando que se estava analisando água bruta com frequência mensal, a determinação de bactérias heterótrofas foi feita em todas as amostras.

Observa-se (Tabela 28) que apenas a fonte PT4 não apresentou, durante o período de análise, valores superiores ao estabelecido pela norma que é de 500 Unidade Formadora de Colônias (UFC) por mL de amostra., porém para as demais fontes, em algum momento do monitoramento existem valores que superam este limite, não sendo confiável o seu uso, principalmente quando se repetem os valores em mais de duas amostras, dentro do conjunto de dados por fonte, isto é, valores superiores ao limite permitido, Isto é mais um índice de que as águas, na grande maioria das monitoradas na microbacia, não é apta para consumo humano. De fato, o CONAMA 20/86 somente considera águas brutas aptas para consumo humano sem tratamento prévio, aquelas classificadas na classe especial, ou seja, águas onde os coliformes totais estiverem ausentes em qualquer amostra (e portanto, também os coliformes termotolerantes). Nenhuma das águas amostradas reuniu estas condições. Esses resultados refletem altas deficiências de saneamento básico na região, colocando em risco a saúde pública.

Observando o gráfico da Figura 48, observa-se que apenas a fonte PT2, somente uma amostra ao longo da pesquisa não apresentou bactérias heterotróficas. Os maiores valores ocorreram nas fontes PA2 e PR1 com $2,44.10^3$ e $2,35.10^3$ UFC.mL⁻¹.

Tabela 28 Variação das concentrações de bactérias heterótrofas das amostras das águas superficiais e subterrâneas no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

Bactérias Heterotróficas													
MÊS	PA1	PA2	PA6	PA7	PA8	AÇ1	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PR1	PR2
4/7/2003													
29/7/2003													
25/8/2003													
29/9/2003	5,93E+02	5,50E+02				7,26E+02	1,69E+02	9,48E+02	5,80E+02	5,00E+01	3,61E+02	2,35E+03	1,10E+03
29/10/2003	3,22E+02	1,98E+03					6,44E+02	3,52E+02	5,41E+02	1,23E+02	1,34E+03	3,72E+02	9,33E+02
25/11/2003	1,58E+03	2,44E+03					6,13E+02	0,00E+00		3,90E+02	9,36E+02	3,35E+02	1,20E+03
15/12/2003	8,80E+02	2,50E+02					1,37E+02	1,37E+02		5,20E+01	2,20E+01	1,54E+02	5,00E+02
18/2/2004	1,25E+03	5,64E+02	1,14E+03	1,04E+03	8,75E+02	8,76E+02	7,64E+02	4,00E+00	3,92E+02	9,30E+01	2,74E+02	4,95E+02	5,22E+02
Média	9,25E+02	1,16E+03	1,14E+03	1,04E+03	8,75E+02	8,01E+02	4,65E+02	2,88E+02	5,04E+02	1,42E+02	5,87E+02	7,41E+02	8,51E+02
D. Padrão	5,03E+02	9,83E+02				1,06E+02	2,91E+02	3,96E+02	9,92E+01	1,42E+02	5,38E+02	9,08E+02	3,25E+02
Mediana	8,80E+02	5,64E+02	1,14E+03	1,04E+03	8,75E+02	8,01E+02	6,13E+02	1,37E+02	5,41E+02	9,30E+01	3,61E+02	3,72E+02	9,33E+02
Máximo	1,58E+03	2,44E+03	1,14E+03	1,04E+03	8,75E+02	8,76E+02	7,64E+02	9,48E+02	5,80E+02	3,90E+02	1,34E+03	2,35E+03	1,20E+03
Mínimo	3,22E+02	2,50E+02	1,14E+03	1,04E+03	8,75E+02	7,26E+02	1,37E+02	0,00E+00	3,92E+02	5,00E+01	2,20E+01	1,54E+02	5,00E+02

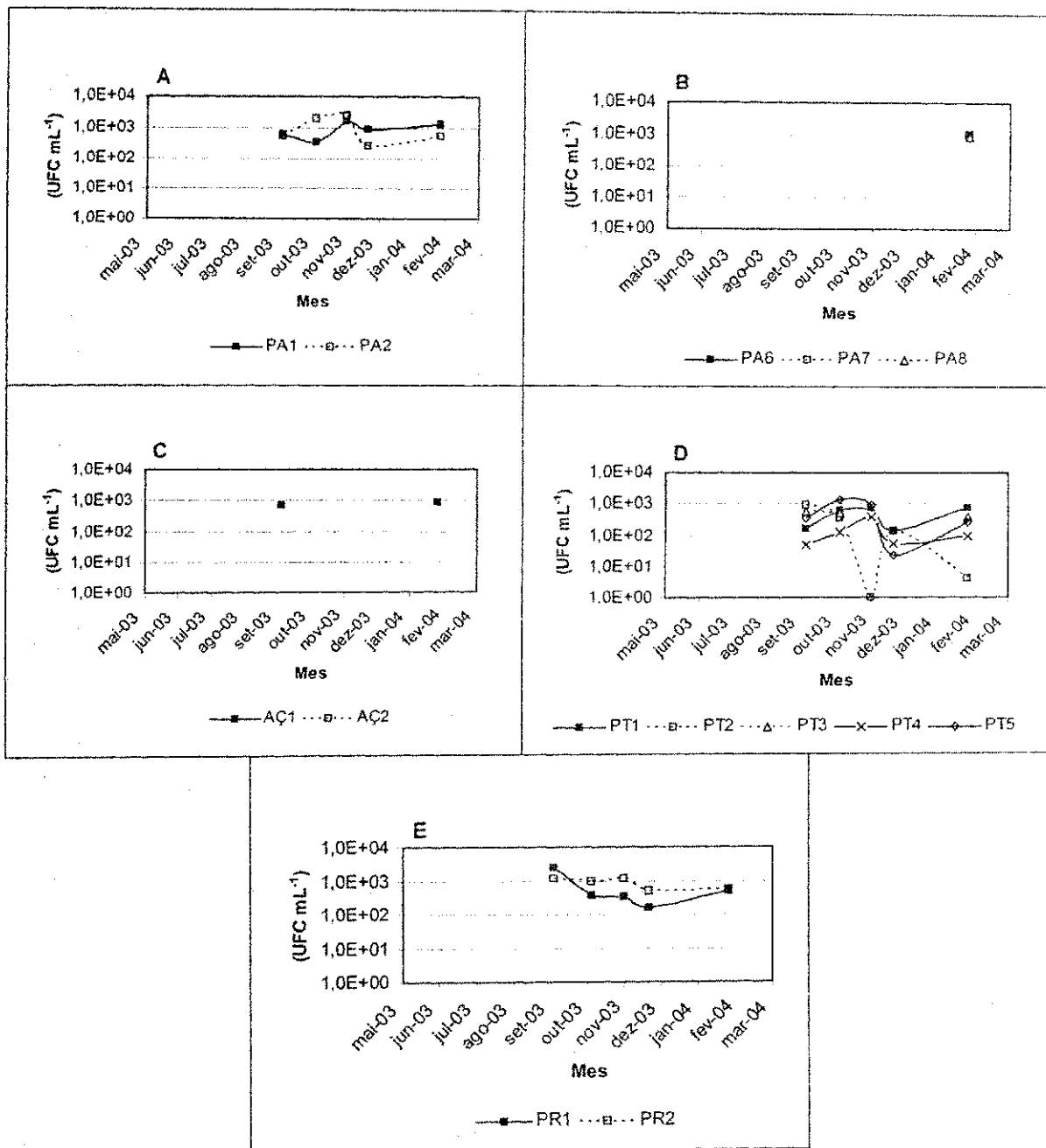


Figura 48. Variação das concentrações de bactérias heterotrófas nas águas dos poços amazonas do riacho (A), dos poços amazonas nas barragens subterrâneas (B), do açude da microbacia (C), dos poços de cata-vento (D) e dos poços do riacho (E), no período de julho de 2003 a Fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004

4.17- Análises comparativas das variáveis microbiológicas

As Figuras 49 a 53 mostram que os valores das variáveis microbiológicas mais altos corresponderam às bactérias heterotróficas, em todas as fontes de água. Esses resultados eram esperados, visto que estas bactérias são de origem ambiental e destinadas a avaliar defeitos no processo de tratamento de água e de sua distribuição pela rede até às residências.

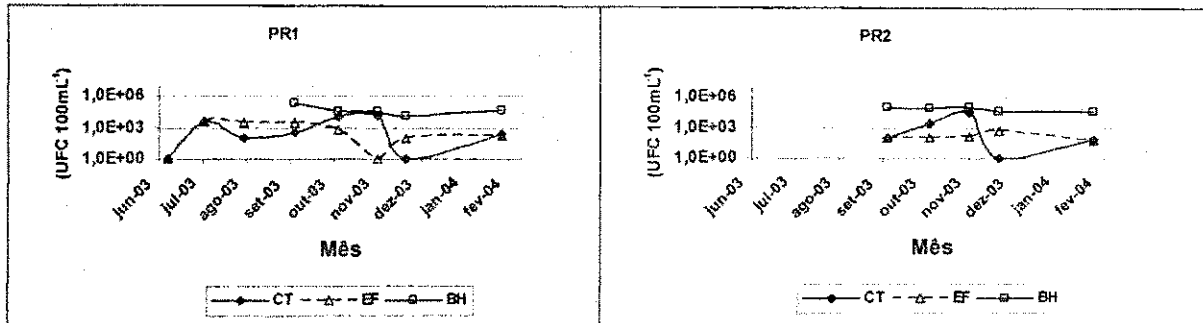


Figura 49. Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias heterotróficas nas águas dos poços naturais do riacho, no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.

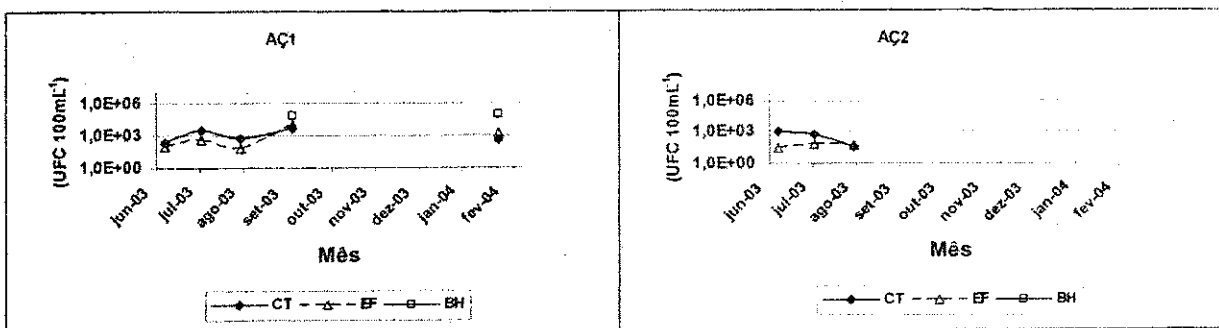


Figura 50. Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e bactérias heterótroficas nas águas dos açudes da microbacia, no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004, da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.

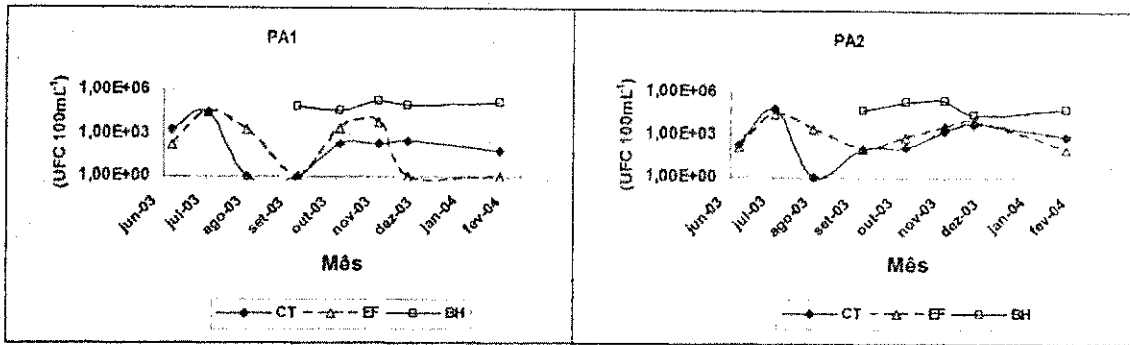


Figura 51. Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e Bactérias Heterotróficas nas águas dos poços amazonas do riacho no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.

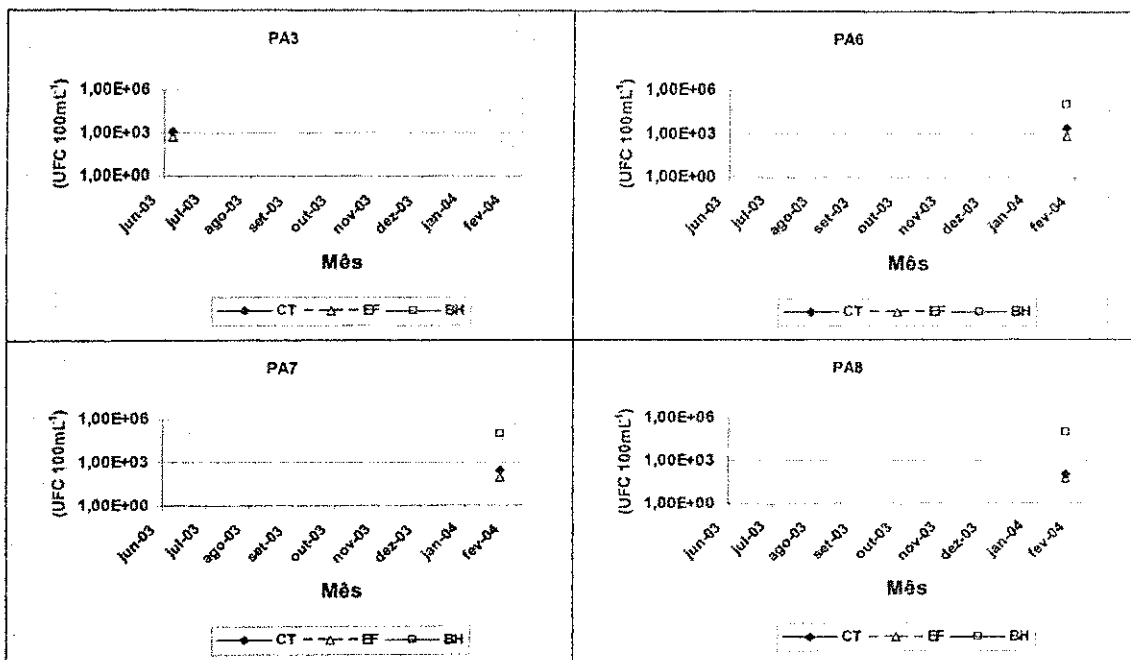


Figura 52. Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e Bactérias Heterotróficas nas águas dos poços amazonas nas barragens subterrâneas no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.

O conjunto de gráficos mostra altos valores para todos os parâmetros microbiológicos, evidenciando que essas águas não são aptas para consumo humano se tratamento prévio.

Os resultados justificam a investigação das três variáveis microbiológicas

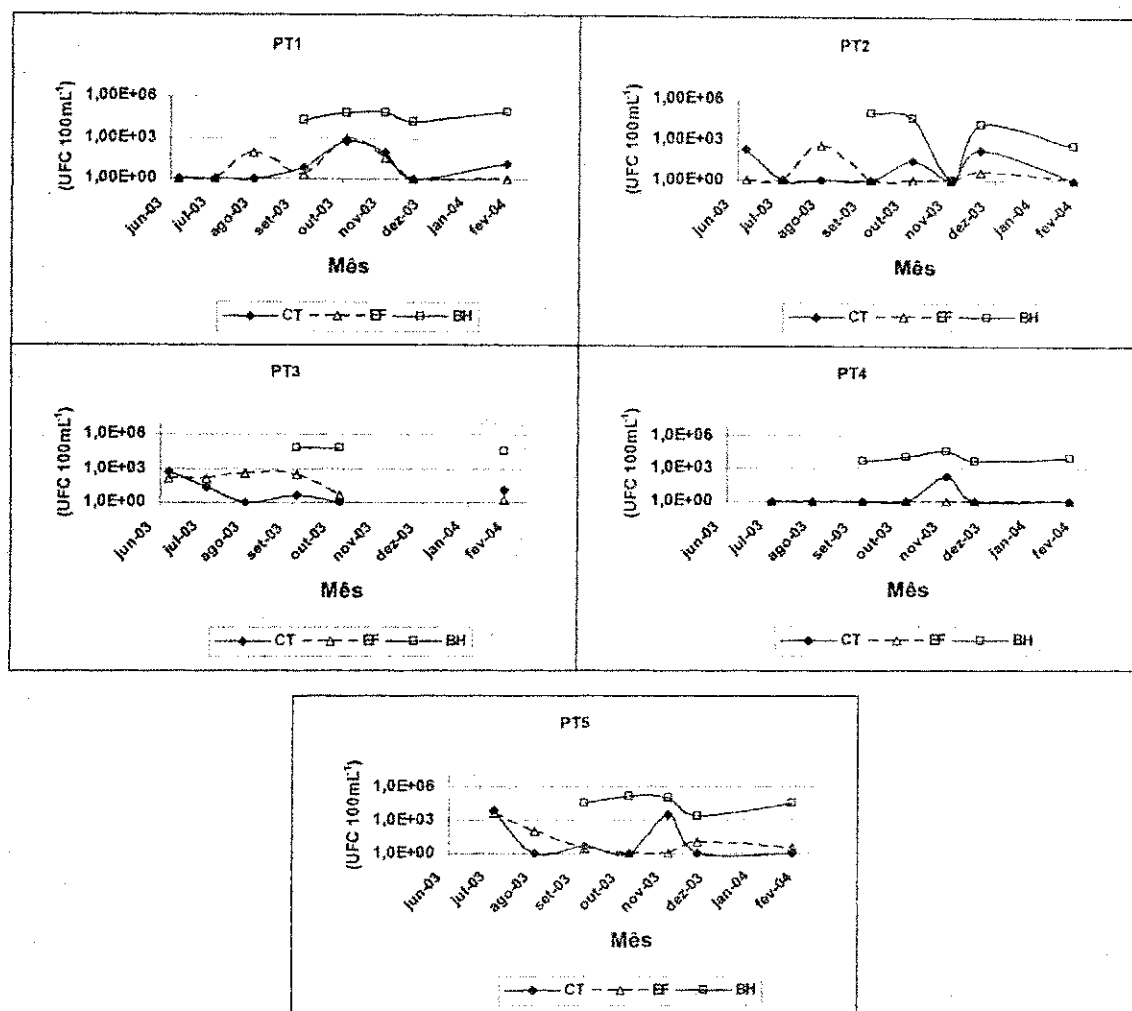


Figura 53. Comparação das variações das concentrações dos coliformes termotolerantes, estreptococos fecais e Bactérias Heterotróficas nas águas dos poços de cata-vento no período de Julho de 2003 a Fevereiro de 2004 da microbacia do riacho Angico, Campina Grande, 2004.

Os coliformes termotolerantes foram bastantes elevados e condenam o uso dessas águas brutas para beber, visto que confirmam a contaminação fecal. Todavia, 4 amostras negativas para coliformes termotolerantes foram positivas para estreptococos fecais, sugerindo que pelas condições ambientais de elevada condutividade elétrica, luz solar, temperatura, etc., os coliformes estavam ausentes por morte prematura, não ocorrendo o mesmo com os estreptococos.

Dessa forma pode-se dizer que nas condições ambientais da região semi-árida, pode haver amostras falsamente negativa para contaminação fecal devido à ausência de coliformes termotolerantes embora estejam presentes outras bactérias mais resistentes.

5. CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

1. Do ponto de vista físico e químico as águas para consumo humano avaliados na pesquisa, tiveram como fontes mais adequadas os poços amazonas das barragens subterrâneas. Os açudes apresentaram restrições devido aos valores elevados do ferro. As demais fontes apresentaram, na grande maioria dos parâmetros, valores superiores aos recomendados pela Organização Mundial de Saúde e pelo Ministério da Saúde.

2. A qualidade microbiológica ou sanitária da água não foi apropriada para consumo humano em nenhuma das fontes estudadas. Os poços tubulares foram os menos contaminados ao longo da pesquisa, enquanto o poço amazonas do leito do Riacho Angico foi o que teve os valores mais altos dos três parâmetros bacteriológicos. Estes resultados inviabilizam o uso de todas as fontes de água por parte da população de Paus Brancos, exigindo urgente intervenção da Secretária de Saúde do Município e é imprescindível que todas essas águas sejam submetidas a tratamento seguido de desinfecção.

3. Para irrigação não existe água de excelente qualidade na microbacia, embora os poços amazonas das barragens subterrâneas e dos açudes apresentarem baixa salinidade, além de baixo teor de sódio e cloreto. Porém os mesmos apresentarem risco de sodificação na faixa de baixo-moderado a severo. Já as outras fontes acusaram um elevado risco de salinização, mas estavam adequadas para a irrigação quanto ao risco da sodificação e/ou permeabilidade da água no solo.

4. Para consumo animal, apresentaram-se sem restrição os poços amazonas das barragens subterrâneas e açudes. Já os poços tubulares, poços amazonas e cacimbões do leito do riacho Angico podem provocar diarreia temporária em gado não acostumado. Porém, uma outra fonte de água (Rio São Pedro) chega a ter concentrações elevadas de sais, temporariamente (Setembro a Dezembro) quando é considerada imprópria.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. *Advances in Agronomy*, 16:139-180. 1964.
- ANDRADE, L. A. de ABEAS – Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. **Manejo e Conservação de Recursos Naturais Renováveis**. Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 1997.
- APHA (American Public Health Association), **Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed.** Washington, DE: APHA-AWWA-WPCF, 1995. 1000 p.
- APHA (American Public Health Association), **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th edition, Washington, DC.1998. 1220p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos, irrigação e drenagem 29 Revisado I. 2ª Ed. Campina Grande, UFPB, 1999, 153p.
- BARACUHY, J.G. de V. **Manejo integrado de microbacias hidrográficas no semi-árido nordestino: Estudo de um Caso**. Campina Grande: UFPB, 2001, 220p. (Tese de Doutorado).
- BHUMBLA, D. R. Chemical composition of irrigation water and its effect on crop growth and soil properties. In: WORTHINGTON, E. B. (ED) *Arid land irrigation in developing countries: Environmental problems and effects*. Oxford: Pergamon Press, 1977. P. 279-287.
- BIGGAR, J. W.; ROLSTON, D. E. & NIELSEN, D. R. Transformation of salinities by water. *Clif. Agric.*, 38(10):10-1, 1984
- BLACK, C.A. **Relaciones suelo-planta**. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur, 1975. 444p.
- BOWER, C. A.; OGATA, G. & TUCKER, J. M. In index of the tendency of CaCO_3 to precipitate from irrigation waters. *Soil Sci.*, 29:91-92, 1965.
- BOWER, C. A.; OGATA, G. & TUCKER, J. M. – Sodium hazard of irrigation water as influenced by Leach fraction and by precipitation or solution of calcium carbonate. *Soil Science*, 106:29-4, 1968.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada À Engenharia Sanitária**. 3ª Ed. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1986. 640p.
- CEBALLOS, B. S. O. Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do trópico semi-árido. São Paulo, SP.[Tese de Doutorado – Instituto de Ciências Biomédicas II – USP, SP]. 1995. 192p.

- CEBALLOS, B. S. O. **Microbiologia Sanitaria**. In: **Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente**. 2001.
- CEBALLOS, B. S. O., KONIG, A., DINIZ, C.R., WATANABE, T., MISHINA, S. V. **Viabilidade da Qualidade das águas de açudes Nordestinos** In: Anais do 19 –Congresso da ABES, 1997, Foz do Iguaçu, Paraíba -Brasil.
- CHITALE, M.A. **Development of India's river basins**. Water Resources development v.8, n. 1, p.30-44, 1992
- CHRISTIANSEN, J, E, : OLSEN, E. & WILLARDSON, L. S. Irrigation water quality evaluations. **Journal of the Irrigation and Drainage**, 103:155-169, 1977.
- CONTRERAS, A. M. & ELIZONDO, M. S. **Relaciones agua-suelo-planta-atmosfera**. Universidade Autonoma de Chapingo, Mexico. Depto. de Ensenanza, Investigation y servicio en irrigacion. 2 Ed. 1980. 321p. ilustr.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 20-18 de junho de 1986- In: **Legislação de conservação da Natureza**. 4ªEd., São Paulo, SP. FBCN/CESP, 720p.
- COSTA, R.G. **Caracterização da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha – PB**. Campina Grande-PB, 1982. (dissertação de mestrado)
- COSTA, R.G. & GHEYI, H. R. Variação da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha – PB. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, 19(8):1021 –1025 ago. 1984.
- CRUZ, W. B. da. Recursos de água subterrânea em Simplício Mendes – PI. **Água Subterrânea**, Recife, 2(5):1-16, jan/mar, 1966.
- CRUZ, W. B. & MELO, F. A. C. F. de. Zoneamento químico e salinização das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. In: **Boletim de Recursos Naturais – SUDENE**. 7(1/4):7-40. Jan/dez. 1969.
- DAKER, A. Irrigação e Drenagem 4ª ed. Rio de Janeiro. Liv. Freitas Bastos S.ª 1970 453p (A Água na Agricultura 3ª edição).
- DEWIS, J. & FREITAS, F. **Physical and chemical methods of soil and water analysis**. Rome, FAO, 1970. 275p (FAO SOIL BURLATIN, 10)

- DINIZ C.R., CEBALLOS, B. S. O.; KONIG A. **Corpos célticos temporários do agreste paraibano. Aspectos sanitários e físicos químicos: XVIII Congresso brasileiro de microbiologia**, 1995, Santos –SP – Brasil. pg.
- DONEEN, L. D. Salinization of soil salts in the irrigation water. Washington, **Trans. Am. Geophys. Union**, 35:943-950, 1954.
- DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF-MAY-BER, A. & GANE, J. (eds.) **Plants in saline environments**. New York, Springer-Verlag, 1975. P. 56-76. (Ecological Studies, 15).
- DUTT, G. R. & DONEEN, L. D. Predicting the solute composition of the saturation extract from soil undergoing salinization. **Proc. Am. Soil Sci. Soc.**, 27:627-630, 1963.
- EATON, F. M. **Significance of carbonates in irrigation water, soil science**. 69:1230133, 1949
- EATON, F. M. Formulas for estimating leaching and gypsum requirements of irrigation water. **Texas Agric. Expt. Sta. Misc. Pub.**, 111:1-18, 1954.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- ESCOUTO, F.M.B.; JUVÊNCIO, F.J.M.; SANTELLA, S.T. Relação entre a concentração de ferro e salinidade no estuário do rio Ceará – CE. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais 3**. Vitória – ES. 718p. 1997.
- FAO/UNESCO. **Irrigation, dreinage and salinity**. Paris, Hutchison, 1973. 510p.
- FEACHEM, R. G.; BRADLEY, J.; GARELICK, H. & MARA, D. D. **Sanitation And Disease; Health Sapects Of Excreta And Wasterwater Management**. New York, John Wiley & Sons, 1983, 501p.
- FLORES, M., NASCIMENTO, J. C. Novos desafios da pesquisa para o desenvolvimento sustentável. **Agricultura sustentável**. Jaguariúna, p. 10-17, jan./abr. 1994.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. Prevenção Manejo e Recuperação dos Solos Salino Sódico. Mossoró-RN – Jan. 1992. 70p (Apostila)
- HILGARD, E. W. **Soils, their formation, properties, composition, and relations to climate and plant growth**. New York, MacMillan, 1906.
- HOORN, J. W.; VAN & ALPHEN, J. G. VAN. **Salinity control, Salinity and Learning Requeriment of Irrigated Soils**. Wageningen. Agro Cultural University Wageningen, 1988.

- 96p Lecture Notes for the twenty-ninth International Course on Land Drainage, Wageningen – the Netherlands 13, 1990.
- IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Ambiental, 2000. www.ibge.gov.br, 16.07.04
- ISRAELSEN, D. W. & HANSEN, V. E. **Irrigation principles and practices**. 3ª edição New York: John Wiley and Sons, Inc. 1967 447p.
- KOVDA, V. A. arid land irrigation and soil fertility: Problems of salinity, alkalinity, compaction. In: WORTHINGTON, E. B. **Arid land irrigation in developing countries: Environmental problems and effects**. Oxford, Pergamon Press, 1977. P. 211-235.
- LARAQUE, A. Estudo e previsão da qualidade de água de açudes do Nordeste semi-árido brasileiro. Recife, SUDENE 1989. 59P. (SUDENE. **Serie Hidrológica**, 26).
- LEON, S. G. & CAVALLINI, J. M. **Curso de Tratamento y Uso de Águas Residuais**. Lima, OPS, CEPIS, 1996, 151p.
- LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Relatório de fim de convenio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife, SUDENE, 1983. 91-141P.
- LMRS-Laboratorio de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto
- MAAS, E. V. Crop tolerance. **Calif. Agric.**, 38(10):21-21,1984.
- MARSHALL, T. J. Some effects of drag on structure and hydraulic conductivity of soil. Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci. Adelaide. 1:213-221
- MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- MENTE, A.; GUSMAO, G. A. & CRUZ, W. B. Estudo Hidrogeológico da Região de São João do Piauí. R. Reg. Nat. Recife, 4(3/4):325-366, Jun/Dez. 1966.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD: **Guias para la calidad del agua potable**. 2ª Ed. Ginebra, 195p.,1995.
- OMS. **Normas técnicas**, 1985.
- OSTER, J. D. & SCHROER, F. W. Infiltration as influenced by irrigation water quality. Soil Sci. Soc. Am. Journal, 43:444-447, 1979.
- PARAIBA. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba: Relatório Governo do Estado da Paraíba-PB/UFPB, João Pessoa-PB, 1978.

- PAULA, L. W. de, **Princípios da hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1986. Pergamon Press. 1992.
- PEREIRA, F. A. M. & HOLANDA, J. S. **Água para Irrigação**. Caico-RN: EMBRAPA/EMPARN. 1983 (S.D.) 20 p (Mimeografado)
- PEREIRA, F.A. M.; HOLANDA, J. S.; MEDEIROS, J. D. F. & BRITO, R. A. L. Qualidade de Água para Irrigação no Serido – RN. **Anais do IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Natal – RN**, 25 a 29 de novembro de 1991. Vol. V p 543-562.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Agricola Espanola, 1978. 521p.
- QUIRK, J. D. & SCOFIELD, R. K. The effect of eletroryte concentration on soil permeability. **Soil Sci.**, 6:163-178. 1955.
- RHOADES, J. D. Quality of Water for Irrigation. **Soil Science**, 113:277-284, 1972.
- RHOADES, J. D. Potential for uling saline agricultural drenage waters for irrigation. In: Prog. Water Management for Irrigation and Drenage. Reno, Nevada, ASCE, 1977. P. 95-116.
- RHOADES, J. D. & CLARK, M. **Sampling procedures and tecnical methods in USA at the united states salinity laboratory for caracterizing salt-affected soil and waters**. Riverside, Us Shinity Laboratory, 1978. (Meno Report).
- RHOADES, J. D. & LOVEDAY, J. **Salinity in irrigated agriculture**. In: STEWART, D. R. & NIELSEN, D. R. (eds.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1990. P1220-1266.
- RHOADES, J. D. & MERRIL. S. D. Assessing the suitability of water for irrigation: theoretical and empirical approaches. In: **PROGNOSIS OF SALINITY AND ALKALINITY**. Rome, FAO, 1976. P. 69-110. (FAO. Soils Bulletin, 31).
- RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook; 60).
- ROCHA, J. S. M. da & KURTZ, S. M. de J. M.. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 2ª ed. Santa Maria: UFSM, 1991, 181 p.
- SANTOS, J. P.; AZEVEDO, S. G. de & MISTREITA, G. M. Novos aspectos da salinização das águas subterrâneas do cristalino do Rio Grande do Norte. São Paulo, IPT, 1984. 27p. (Comunicação Técnica, 314).

- SCALOPPI, J.E. & BRITO, R.A.L. Qualidade da Água e do Solo para Irrigação. **Informe Agropecuario. Belo Horizonte**, 12(139) Junho de 1986.
- SCOFIELD, C. S. The salinity of irrigation water. *Smithson. Inst. Ann. Rpt.*, 1935:275-287, 1936.
- SHAINBERG, J. & OSTER, J. D. **Quality of irrigation water**. Bet. Dagas, International Irrigations Center. 1978. 65p.
- SHALHEVET, J. & KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: A word-wind survey**. New Delhi, International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.
- SHARMA, D. R. & MONDAL, R. C. **Case study on sodic hazard of irrigation waters. J Indian Soc. Soil Sci.**, 29(2):270-273, 1981.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1997.
- SNOW, J. **Sobre a Maneira de Transmissão da Cólera**. 2ª Ed. Hucitec- Abrasco. São Paulo, SP. 1990.249p.
- STABLER, H. Some stream water of the Western United States. **US Geol. Survey Water-Supply Paper**, 264:188. 1911.
- SUAREZ, D. L. Relation between pHc and sodium absorption ratio (sar) and an alternate methods of estimating sar of soil or drainage waters. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, 45:469-475. 1981
- THORNE, D. W. & PETERSON, H. B. **Irrigated soil: Their fertility and management**. 2ª ed. Bombay, New Delhi, McGraw-Hill, 1954. 382p.
- THORNE, J. P. & THORNE, D. W. **Irrigation water of Utah**. Utah Agricultural Experiment Station, 1951. 64p.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS. **Guidelines for interpretation of water quality for agriculture**. Davis, University of California, 1974. 13p
- VALENTE, O. F. Manejo de bacias hidrográficas. **Brasil Florestal**, v. 5, nº 18, p. 14-22, 1974.
- WALDROW, L. J.; et al. Hydraulic conductivity of isotropically compressed soil. **Soil Sci. Soc. Am Prog.** 34:393-396. 1970.
- WILCOX, L. V. The quality of water for irrigation. Washington, US Department of Agriculture, 1948. 40p. (USDA. Tech. Bulletin, 962).
- YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, E.; DANFORS, E. & VAADID, Y. (eds.) **Arid Zone Irrigation**. Berlin, Springer-Verlag, 1973. P. 71-88. (Ecological Studies,5).

ZARTMAN, R. & GICHURU, M. **Saline irrigation water:** effects on soil chemical and physical properties. Soil Science. December, 1984 Vol. 138, n° 6. Printer in USA.