



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**

**IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO  
DE CORPOS DE ÁGUA SALINAS  
NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**

**ROBI TABOLKA DOS SANTOS**

**Campina Grande  
Paraíba**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**  
**MESTRADO**

**IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA SALINAS**  
**NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**

**DISSERTAÇÃO**

**ROBI TABOLKA DOS SANTOS**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**  
**NOVEMBRO - 2008**

**ROBI TABOLKA DOS SANTOS**

**ENGENHEIRO FLORESTAL**

**IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA SALINAS  
NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:**

**ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**ORIENTADORES**

**JOSÉ DANTAS NETO – Doutor – UFCG/CTRN/UAEAg**

**ALESSANDRO H. DE O. SANTOS – Doutor – UFRPE/DTR/UAST**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**NOVEMBRO – 2008**



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

S237i Santos, Robi Tabolka dos.  
2008 Identificação e caracterização de corpos de água salinas no semi-árido paraibano / Robi Tabolka dos Santos. — Campina Grande, 2008.  
76 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. José Dantas Neto, Prof. Dr. Alessandro Herbert de Oliveira Santos.

1. Qualidade de Água. 2. Classificação. 3. Salinidade. I. Título.

CDU – 626.81/.84 (043)

614.777(043)



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

**ROBI TABOLKA DOS SANTOS**

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA  
SALINAS NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

José Dantas Neto  
Dr. José Dantas Neto – Orientador

APROVADO

Alessandro Herbert de Oliveira Santos  
Dr. Alessandro Herbert de Oliveira Santos – Orientador

APROVADO

Soahd Arruda Rached Farias  
Dra. Soahd Arruda Rached Farias – Examinadora

APROVADO

Reginaldo Gomes Nobre  
Dr. Reginaldo Gomes Nobre – Examinador

Aprovado

NOVEMBRO - 2008

## DEDICO ESTE TRABALHO

*A minha mãe, Teresinha; a meu pai, Edemar; a meus avós maternos, Sabina e Pedro; a meus avós paternos, Otilia e Julio; a meus padrinhos, Irene e Augusto; pela educação e amor que sempre me deram, contribuindo para o meu caráter pessoal, além do apoio incondicional à minha formação profissional.*

## MINHA HOMENAGEM

*Aos meus orientadores de graduação, Luciano Farinha Watzlawick e Gabriel de Magalhães Miranda, que me ajudaram inúmeras e valiosas vezes, com ensinamentos, repreensões e estímulo, visando sempre o melhor para mim.*

## OFEREÇO

*A todos os meus familiares; tios, tias, primos, primas, e amigos que estiveram sempre presentes, dando-me força e me incentivando a ultrapassar os obstáculos que a vida me proporcionou.*

*Especialmente a minha namorada, amiga e companheira, Joelma Oliveira Valdivino.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **DEUS**, por me dar vida, saúde e força, com propósitos, chances e força para superar as barreiras impostas sobre meus objetivos.

A meus pais, Teresinha Tabolka e Edemar Bueno dos Santos, por todos os ensinamentos e lições que serviram de caminho e inspiração para que eu chegasse até aqui.

A minha irmã Rodivânea Tabolka dos Santos que, apesar de tão longe, contribui de forma tão intensa que, por vezes me faz senti-la ao meu lado.

Ao estimado professor José Dantas Neto, pela minha orientação, pelas dúvidas esclarecidas, e pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas na elaboração deste trabalho e em todo o período que permaneci na UFCG; seus ensinamentos contribuíram não apenas para a pesquisa como também para minha evolução profissional e pessoal.

Ao casal de professores e amigos, Silvia Margareti de Juli Moraes Kurtz e Fábio Charão Kurtz, pelo voto de confiança e estímulo para ingressar no mestrado, além do apoio na minha chegada.

Ao professor e amigo Alessandro Herbert de Oliveira Santos, pela minha orientação e grandes ensinamentos de vida, além da confiança depositada durante o período em que convivemos.

À professora e amiga Soahd Arruda Rached Farias, pela grande ajuda nas coletas de dados em campo e interpretação dos dados, além da contribuição como examinadora.

Ao professor e amigo Reginaldo Gomes Nobre, pela primorosa contribuição como examinador externo.

Aos professores do Mestrado em Engenharia Agrícola: Carlos Azevedo, Francisco de Assis, Hans Raj Ghey, Hugo Orlando Carvalho Guerra, João Miguel de Moraes, Josivanda Palmeira Gomes, José Dantas Neto, Lúcia Helena Garófalo Chaves, Pedro Dantas Fernandez e Vera Lúcia Antunes de Lima, que proporcionaram a oportunidade de expandir meus conhecimentos.

Ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG e seus integrantes: Adilson, Chico, Francisco (Doutor), José Maria, Pedro e Wilson, pelo intenso trabalho realizado para a análise das amostras de águas e solos.

À secretária da Coordenação, Rivanilda, pela presteza no atendimento.

Aos meus colegas de Turma do Mestrado: Arlington, Aurean, Helder, Joelma, Lisânea, Marcos Eric, Márcio, Rossini, Riuzuani, Rui, Sandi, Silvana, Susane e Walker, pelo companheirismo e pelas boas gargalhadas que demos juntos ao longo desta caminhada.

Aos estimados amigos e amigas: Alessandro, Álvaro Felipe, Betânia, Cláudia Germana (In memorian), Genival, Gerson, José Amilton, José Guilherme, Karina, Marcos Eric, Mário, Radines, Reginaldo, Ricardo, Roberto, Rogério, Rossini, Rui, Sandi, Silvana, Tatiana e Zilton que, com o ânimo e presteza de vocês, fizeram com que o árduo caminho fosse vencido.

A todos os proprietários rurais que, com toda a simplicidade, nos receberam muito bem em suas propriedades e prestaram informações valiosas.

## SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. <i>Objetivo geral</i> .....	3
2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	4
3.1. <i>Ciclo hidrológico e recursos hídricos das regiões semi-áridas</i> .....	4
3.2. <i>Principais usos da água</i> .....	8
3.2.1. <i>Consumo humano</i> .....	8
3.2.2. <i>Dessedentação animal</i> .....	8
3.2.3. <i>Agricultura</i> .....	9
3.3. <i>Classificação das águas</i> .....	10
3.4. <i>Solos de regiões semi-áridas</i> .....	18
3.4.1. <i>Classificação dos solos quanto à salinidade e sodicidade</i> .....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
4.1. <i>Caracterização do estudo</i> .....	23
4.2. <i>Condução dos trabalhos de campo</i> .....	23
4.3. <i>Características da área da pesquisa</i> .....	24
4.4. <i>Procedimentos de coleta de dados</i> .....	27
4.5. <i>Parâmetros usados para avaliar a qualidade da água e do solo</i> .....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
5.1. <i>Caracterização das fontes de água</i> .....	30
5.1.1. <i>Dados geográficos</i> .....	30
5.1.2. <i>Precipitação pluviométrica</i> .....	34
5.2. <i>Caracterização dos pontos de solo</i> .....	38
5.2.1. <i>Dados geográficos</i> .....	38
5.2.2. <i>Classificação</i> .....	40
5.3. <i>Análise química da água</i> .....	42
5.3.1. <i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i> .....	42
5.3.2. <i>Condutividade elétrica (CE)</i> .....	43
5.3.3. <i>Cátions (<math>\text{Ca}^{++}</math>, <math>\text{Mg}^{++}</math>, <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math>) e Ânions (<math>\text{Cl}^-</math>, <math>\text{CO}_3</math>, <math>\text{HCO}_3^-</math> e <math>\text{SO}_4^{--}</math>)</i> .....	46
5.3.4. <i>Interpretação da qualidade da água através de Stiff</i> .....	49
5.3.5. <i>Análise de Pipper</i> .....	52
5.4. <i>Análise física da água</i> .....	55
5.4.1. <i>Sólidos totais e sólidos suspensos</i> .....	55
5.5. <i>Análise química do solo</i> .....	56
5.5.1. <i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i> .....	56
5.5.2. <i>Condutividade elétrica (CE)</i> .....	57
5.5.3. <i>Quanto à salinidade e sodicidade do solo</i> .....	58
5.6. <i>Análise física do solo</i> .....	60
5.6.3. <i>Granulometria</i> .....	60
5.7. <i>Comparação entre condutividade elétrica da água e do solo</i> .....	63
6. CONCLUSÕES E RECOMENDEAÇÕES .....	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, suas subdivisões e limites com outras bacias. Campina Grande, 2008.....	23
<b>Figura 2.</b> Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba com sua rede de drenagem. Campina Grande, 2008.....	25
<b>Figura 3.</b> Água Corrente em São João do Cariri (a) e em Esperança (b). Campina Grande, 2008.....	26
<b>Figura 4.</b> Poço Amazonas com motor elétrico para pequena irrigação em Serra Branca (a) e em Coxixola (b). Campina Grande, 2008.....	26
<b>Figura 5.</b> Cacimbas e cacimbões no leito do rio em São João do Cariri (a) e em Serra Branca (b). Campina Grande, 2008.....	26
<b>Figura 6.</b> Água de reservatório sendo coletada e transportada para consumo humano e animal, em Boa Vista (a) e em São José dos Cordeiros (b), fonte para consumo animal em Barra de Santa Rosa (c) e irrigação em Cabaceiras (d). Campina Grande, 2008.....	27
<b>Figura 7.</b> Coletor de água (Barreto, 2007) desenvolvido para o Projeto MAQUASU (a), e enchimento das garrafas com amostras de água para serem levadas ao laboratório (b). Campina Grande, 2008.....	28
<b>Figura 8.</b> Material de campo (a) e amostras de água para análise no laboratório (b). Campina Grande, 2008.....	28
<b>Figura 9.</b> Croqui ilustrativo, com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Campina Grande, PB. Campina Grande, 2008.....	31
<b>Figura 10.</b> Croqui ilustrativo com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Gurjão, PB. Campina Grande, 2008.....	32
<b>Figura 11.</b> Croqui ilustrativo, com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Alcantil, PB. Campina Grande, 2008.....	33
<b>Figura 12.</b> Croqui ilustrativo, com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Areial, PB. Campina Grande, 2008.....	33
<b>Figura 13.</b> Ponto amostrado nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), nas primeira (1), segunda (2) e terceira (3) coletas. Campina Grande, 2008.....	34
<b>Figura 14.</b> Distribuição da precipitação mensal em 2006, da estação mais próxima ao ponto coletado (AESA, 2008).....	36
<b>Figura 15.</b> Distribuição da precipitação mensal em 2007, da estação mais próxima ao ponto coletado (AESA, 2008).....	36
<b>Figura 16.</b> Distribuição da precipitação mensal em 2008, da estação mais próxima ao ponto coletado (AESA, 2008).....	36
<b>Figura 17.</b> Precipitação do mês em que foi realizada a coleta de dados em campo. Campina Grande, 2008.....	37
<b>Figura 18.</b> Precipitação do mês em que foi realizada a coleta de dados em campo, somado aos dados dos três meses anteriores. Campina Grande, 2008.....	37
<b>Figura 19.</b> Fotos mostrando os detalhes do ponto de coleta de solo, nos municípios de Campina Grande (a), Alcantil (b), Gurjão (c) e Areial (d), nas profundidades de 0-30 cm, 30-60 cm e 60-90 cm. Campina Grande, 2008.....	39
<b>Figura 20.</b> pH do ponto amostrado nas três coletas nos municípios de Campina Grande, Gurjão Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008.....	43
<b>Figura 21.</b> Condutividade elétrica do ponto amostrado nas três coletas nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008.....	45
<b>Figura 22.</b> Valores dos cátions nas amostras de água dos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008.....	47

<b>Figura 23.</b> Valores dos ânions nas amostras de água dos municípios de Campina Grande, Alcantil, Gurjão e Areial, PB. Campina Grande, 2008 .....	48
<b>Figura 24.</b> Variação entre os íons nas águas amostradas nos municípios de Campina Grande(a) e Gurjão(b) nas primeira (1), segunda (2) e terceira (3) etapas. Campina Grande, 2008 .....	50
<b>Figura 25.</b> Variação entre os íons nas águas amostradas nos municípios de Alcantil(a) e Areial(b), nas primeira (1), segunda (2) e terceira (3) etapas. Campina Grande, 2008 ..	51
<b>Figura 26.</b> Diagrama de Piper para as amostras de águas coletadas. Campina Grande 2008.....	53
<b>Figura 27.</b> Diagrama da USDA para as amostra de águas coletadas. Campina Grande 2008 .....	54
<b>Figura 28.</b> pH das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008 .....	56
<b>Figura 29.</b> Condutividade elétrica das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008	57
<b>Figura 30.</b> Salinidade das amostras de solo dos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008 .....	59
<b>Figura 31.</b> Classe das amostras de solo dos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008 .....	59
<b>Figura 32.</b> Salinidade (a) e Classe (b) das amostras de solo coletadas em função da profundidade. Campina Grande, 2008 .....	60
<b>Figura 33.</b> Granulometria das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB, em profundidade de 0-30 cm (1), 30-60 cm (2) e 60-90 cm (3). Campina Grande, 2008 .....	61
<b>Figura 34.</b> Classe textural das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB, em profundidade de 0-30 cm, 30-60 cm e 60-90 cm. Campina Grande, 2008.....	62
<b>Figura 35.</b> Comparação entre a condutividade elétrica da água e do solo nas amostras dos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial. Campina Grande, 2008 .....	64

**ÍNDICE DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Padrão da água para consumo humano, segundo a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. Campina Grande, 2008.....	13
<b>Tabela 2.</b> Classificação das águas para consumo animal (bovinos e aves). Campina Grande, 2008.....	14
<b>Tabela 3.</b> Parâmetros para interpretar a qualidade da água para irrigação. Campina Grande, 2008.....	17
<b>Tabela 4.</b> Critérios para classificação de salinidade e sodicidade do solo. Campina Grande, 2008.....	22
<b>Tabela 5.</b> Influência da salinidade do solo no crescimento das plantas. Campina Grande, 2008.....	22
<b>Tabela 6.</b> Dados de altitude, latitude e longitude dos pontos de água amostrados nas três etapas, nos municípios de Campina Grande, Alcantil, Gurjão e Areial, PB. Campina Grande, 2008.....	30
<b>Tabela 7.</b> Altitude, latitude e longitude das amostras de solo coletados nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008.....	38
<b>Tabela 8.</b> Diminuição dos elementos em porcentagem (%), de uma etapa para outra. Campina Grande, 2008.....	52
<b>Tabela 9.</b> Distribuição dos tipos geoquímicos das águas coletadas. Campina Grande, 2008.....	53
<b>Tabela 10.</b> Sólidos Totais presentes nas águas amostradas na segunda coleta nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial. Campina Grande, 2008.....	55
<b>Tabela 11.</b> Comparação entre CE da água (2ª coleta), sólidos dissolvidos totais e CE estrato de saturação dos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial. Campina Grande, 2008.....	63

## IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA SALINAS NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO

**RESUMO:** Este trabalho se objetivou, através de pesquisas, buscar informações técnicas e avaliar a qualidade de alguns corpos de água para consumo humano, animal e irrigação, em fontes de abastecimento localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, além da caracterização dos solos a montante e jusante das 4 fontes caracterizadas com altos teores de sais. As amostras de água foram coletadas em três períodos distintos, ou seja, nos períodos seco (novembro/2006), chuvoso (maio/2007) e após as chuvas (julho/2008), enquanto as amostras de solo, no leito das bacias de captação de água, nas profundidades de 0-30, 30-60 e 60-90 cm durante a segunda etapa da coleta de água. Geralmente a condutividade elétrica da água e as demais características foram superiores no período seco. A composição química de todas as águas foi semelhante e predominantemente de sulfatos ou cloreto de sódio, em ambos os períodos. De acordo com a Resolução do Ministério da Saúde e com os resultados do pH, cátions e ânions, 91,7 % das amostras de água estão impróprias para consumo humano durante o período, conforme classificação para consumo animal e irrigação, apenas em algumas exceções essas águas podem ser utilizadas. O risco de salinidade e sodicidade para utilização dessas águas variou de alto a muito alto. Em relação ao solo, pode-se classificá-lo com base nas amostras, em solos salino sódicos, em todos os municípios.

**Palavras-chave:** qualidade de água; classificação; salinidade

## **IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF SALINE WATER BODIES IN THE SEMI-ARID REGION OF PARAIBA**

**ABSTRACT:** This work is aimed, through research, to get information and evaluate the technical quality of some water bodies for human consumption, livestock and irrigation, in sources of supplying, located in the watershed of Paraíba River, and the characterization of upstream and downstream land of the 4 sources characterized with high levels of salt. Water samples were collected in three different periods, it means, in dry periods (November/2006), rainy (May/2007) and after the rain (July/2008), while the soil samples, were collected in the basin bed of water abstraction, at depths of 0-30, 30-60 and 60-90 cm during the second stage of the water collection. Generally, the electrical conductivity of water and other characteristics were higher in the dry season. The chemical composition of all the water was similar and predominantly sulphate or sodium chloride, in both periods. According to the resolution of the Health Ministry and the results of pH, cations and anions, 91,7 % of water samples are unfit for human consumption during the period, as classification for animal consumption and irrigation, only in some exceptions the water can be used. The risk of salinity and sodicity to use this water ranged from high to very high. On the ground, you can classify it based on the samples in saline sodic soils in all municipalities.

**Keywords:** water quality; classification; salinity

## 1 - INTRODUÇÃO

No Nordeste, com 1,56 milhões de km<sup>2</sup> (18,27% do território nacional), está incluída a maior parte da região Semi-Árida do Brasil (SUDENE, 2003). A população da região ultrapassa os 46 milhões de habitantes (28,7% da população do País), de que faz parte a parcela mais pobre da população brasileira, com ocorrência de graves problemas sociais. Os 9 estados que compõem a região, são: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe; suas áreas úmidas se restringem à fronteira com a região Norte (Estado do Maranhão) e à faixa litorânea (TUCCI et al. 2001).

Na região Nordeste a média anual da temperatura varia de 20° a 28°C; ressaltase que nas áreas situadas acima de 200m de altitude e no litoral oriental as temperaturas variam de 24° a 26°C. As médias anuais inferiores a 20°C se encontram nas áreas mais elevadas da chapada Diamantina, Bahia, e da Borborema, Paraíba (TUCCI, et al. 2001). No Nordeste Brasileiro a região semi-árida é uma área muito devastada devido à luta secular que o homem enfrenta com a natureza na tentativa de sobrevivência; região com regime pluviométrico, em média de 500 mm/ano, em estações bem distintas: chuvas de 3 a 5 meses no primeiro semestre do ano, chamada outono-inverno, e seca de 7 a 9 meses, chamada primavera-verão, podendo alongar-se (MENDES, 2006).

As bacias hidrográficas do Nordeste correspondem a 18% das bacias brasileiras; no entanto, apesar de sua grande extensão territorial, a hidrografia nordestina é considerada modesta, devido ao caráter intermitente e irregular de grande parte de seus rios, cujo condicionante principal é o clima semi-árido, que domina grande parte da região. O maior destaque na hidrografia nordestina é o Rio São Francisco, que possui uma bacia com cerca de 490 mil km<sup>2</sup> e cabeceiras em áreas de precipitação fora da região Nordeste (LEITÃO, 2005).

A água é cada vez mais utilizada como estratégia em projetos de desenvolvimento, conflitos e proteção do meio ambiente, informações que justificam o surgimento de bacias hidrográficas como unidade ecológica definida em lei, sendo um espaço para planejamento e condução dos recursos naturais no Brasil; a gestão dessas bacias visa estabelecer um equilíbrio entre as demandas hídricas para o consumo humano, animal e irrigação.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba é a segunda maior do estado paraibano, ocupando 38% do território, cuja população é de quase 2 milhões de habitantes, correspondendo a mais de 50% da população do estado; é considerada uma das mais importantes do semi-árido nordestino, composta pela Sub-Bacia do Rio Taperoá, Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do rio Paraíba (CERH-PB, 2004).

A disponibilidade de água para consumo humano na Paraíba, depende das condições climáticas e do tipo dos reservatórios. Nos anos de precipitações normais as sedes dos municípios são abastecidas com água tratada ou semi-tratada, fornecida pela Companhia de Abastecimento Público – CAGEPA, enquanto nas comunidades rurais o abastecimento é feito pela captação de águas em barragens, açudes, cisternas e poços, na maioria das vezes sem nenhum tratamento sanitário. Nos anos de seca a disponibilidade de água diminui, comprometendo a qualidade, fazendo com que o fornecimento seja feito através de carros-pipas.

A irrigação é um fator de desenvolvimento sócioeconômico que promove a implantação de práticas produtivas de uma região inteira, em que o déficit hídrico não permite que a produtividade da agricultura assegure lucro ao produtor, a exemplo do semi-árido paraibano, onde se localiza a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

Na época de estiagem os açudes, poços e riachos, têm seus níveis de concentração de sais mais elevados, principalmente nesta época, quando também são mais elevadas a temperatura e a evapotranspiração da região e os animais e as culturas exigem maior suprimento de água a fim de atender às suas necessidades fisiológicas sendo afetadas, portanto, com maior intensidade; observa-se, então, a importância do conhecimento de sua qualidade para evitar os problemas consequentes.

Enfatizando o reconhecimento da limitação dos solos e das fontes de água, para um uso melhor na gestão de recursos hídricos, faz-se necessário o conhecimento de onde estão as fontes com boa e/ou má qualidade de água, visando às construções de obras, com a finalidade de barrar e/ou armazenar água destinadas ao consumo humano, animal e irrigação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Identificar e caracterizar corpos de águas salinas nas mesorregiões Borborema e Agreste Paraibano.

### **2.2. Objetivos específicos**

- a) Caracterizar os quatro corpos de água identificados com maiores teores de sais dentro de um universo de 803 amostras de água coletadas.
- b) Analisar a composição química e física dos quatro corpos de água identificados.
- c) Avaliar a qualidade da água para consumo humano e animal e para o uso na agricultura irrigada dos mananciais selecionados.
- d) Analisar a composição química e física dos solos localizados a jusante e a montante dos corpos de água selecionados.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1. Ciclo hidrológico e recursos hídricos das regiões semi-áridas

O ciclo hidrológico é o caminho que a água faz desde a atmosfera, passando por várias fases, até retornar à atmosfera. Segundo o ciclo hidrológico, as águas podem ser classificadas como:

- Meteóricas – chuvas, neves, granizo.
- Superficiais – rios, lagos, reservatórios, etc.
- Subterrâneas – podem estar em dois aquíferos:
  - Freático: onde o lençol se encontra a pressão atmosférica (poço raso).
  - Artesiano: onde o lençol se encontra a pressão superior à da

Atmosfera.

A seca é um desastre natural considerado, por muitos, o mais complexo, embora o menos compreendido entre os riscos naturais e o que afeta mais pessoas que quaisquer outros riscos (HAGMAN, 1984). As secas têm causas de proporções planetárias e são influenciadas por diversos fatores, dentre os quais se destacam: a diferença de temperatura superficial das águas do Atlântico Norte, que são mais quentes e as do Atlântico Sul, frias; o deslocamento da Zona de convergência intertropical para o Hemisfério Norte, em épocas previstas para permanência no Sul e o aparecimento do fenômeno conhecido como El Niño, caracterizado pelo aumento da temperatura no Oceano Pacífico Equatorial Leste; além de tudo isto, as formas do relevo do Nordeste e a alta refletividade da crosta se apresentam como os principais fatores locais inibidores da produção de chuvas (SILVA, 2003).

Boa parte da superfície terrestre é coberta por áreas de climas áridos e semi-áridos, correspondendo a um terço das terras emersas do globo, o que equivale a 50.000.000km<sup>2</sup>. Citado por Melo Filho et al. (2006), Raya (1996) menciona que se pode estimar a superfície mundial semi-árida, variando entre 10 e 13% das terras do planeta.

Essas regiões comportam mais de 1 bilhão de habitantes ou mais de 20% da população mundial, que vivem em ambientes susceptíveis às ações antrópicas e onde o investimento agrícola é um dos mais onerosos do mundo constituindo, assim, sérios problemas para a população local visto que os habitantes dessas regiões têm, nas atividades primárias, sua principal fonte de sustentação econômica. Apesar da maior parte da superfície do nosso planeta ser constituído de água (3/4), 97% estão

concentrados em mares e oceanos, restando apenas 3% de água doce, dos quais 75% formam as calotas polares e, dos 25% restantes, 98,8% são de águas subterrâneas, restando apenas 1,2% de águas superficiais (rios e lagos) de fácil acesso ao consumo humano (CEBALLOS, 1995).

Na região Nordeste do Brasil a água é um dos elementos limitantes ao seu desenvolvimento; as precipitações que aí ocorrem são irregulares, temporal e espacialmente. A alta taxa de evaporação e a natureza geológica cristalina da maioria do seu terreno, aliados à crescente demanda de água para abastecimento humano, animal e irrigação, dentre outros, conferem a esta região um balanço hídrico anual negativo.

O Semi-Árido brasileiro é um dos maiores, mais populoso e o mais úmido do mundo (FILHO e SOUZA, 2006). Estende-se por 980.089,26 km<sup>2</sup> abrangendo 1.135 municípios dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Maranhão. Vivem nesta região 21.718.168 de pessoas (CARVALHO, 2006).

O semi-árido Nordestino se caracteriza por temperaturas elevadas e chuvas relativamente escassas e irregulares, distribuídas em 3 a 6 meses do ano e um potencial de evaporação que supera, em muito, as alturas da precipitação (SILVA, et al. 1987). No ambiente semi-árido os reservatórios estão submetidos a processos de evaporação elevada que causam concentrações de sais, deteriorando a qualidade da água, particularmente para consumo humano e para irrigação (TUNDISI, 2003).

Devido a essas características climáticas a região Nordeste possui um dos maiores índices de evaporação do Brasil, em virtude da baixa latitude, que se encontra muito próxima do Equador, localizando-se entre 1°S e 18°S, cujos raios solares incidem quase na vertical, de janeiro a dezembro, proporcionando elevadas médias térmicas e luminosidade (2.800 horas) durante todo o ano. Os ventos ficam secos, quentes e com alta velocidade média (15 a 25km/h), e a temperatura atinge média que varia de 23 a 27°C, considerada muito elevada, condição que favorece a alta evaporação e alcança números em torno dos 2.000 mm/ano (MENDES, 2006).

Segundo Alves (2007), os solos, com algumas exceções, são pouco desenvolvidos, mineralmente ricos, pedregosos, pouco espessos e com fraca capacidade de retenção de água. De acordo com Mendes (1994), os solos geralmente são rasos e pedregosos, pobres em matéria orgânica, com baixa capacidade de

acumulação de água, embora sejam ricos em sais minerais solúveis, especialmente em cálcio e potássio, possuem pH neutro ou próximo da neutralidade.

O Semi-Árido do Nordeste brasileiro é uma das regiões secas mais quentes do planeta (MENDES, 2006). Porém, o conceito de solo, gado e homens castigados pela seca, está mudando com o desenvolvimento da irrigação, o uso de espécies tolerantes a seca e a produção animal, o panorama de desolação dá lugar a um cenário de produção e tecnologias disponíveis têm tornado possível a produção comercial de diversos produtos agrícola e pecuário, capazes de competir nos mercados nacional e internacionais. Se, por um lado, as condições climáticas deste ecossistema brasileiro desfavorecem a agricultura dependente de chuva, por outro se tornam ideais para a prática da agricultura irrigada (EMBRAPA, 2003).

Segundo Lucena (1998), cerca de 60% da Região Nordeste correspondem à zona de ocorrência das secas e é denominada Polígono das Secas, porém se encontram neste polígono regiões cuja pluviometria ultrapassa 800 milímetros, sendo um tipo de microclima da altitude, chamado “Brejo”, com precipitações abundantes, temperaturas mais amenas, umidade mais elevada, cerrações e nuvens frequentes. Para Cadier (1994), o clima dos brejos não pode ser qualificado de semi-árido pois representa um grande papel na economia regional e origina ou sustenta as nascentes de muitos rios.

A região semi-árida da Paraíba compreende uma área de aproximadamente 20.000 km<sup>2</sup> e se caracteriza, do ponto de vista geoambiental, pela diversidade de suas paisagens tendo, como elemento marcante, no quadro natural da região, a condição de semi-aridez que atinge grande parte do seu território e a alta variabilidade pluviométrica espacial e temporal inerente a esse tipo climático (SALES, 2002).

Vicente et al. (1993) citam que aproximadamente 99% do território paraibano são atingidos pelas secas periódicas, que possui uma extensão de 56.439,838 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 2006 de 3.623.215 habitantes (IBGE, 2006). Segundo o GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA (1985), a hidrografia se caracteriza pela predominância de rios temporários, com regimes de vazão dependente da quantidade e da distribuição da precipitação pluviométrica.

A água (*“hidróxido de hidrogênio”* ou *“monóxido de hidrogênio”*) é composta de hidrogênio e oxigênio, é uma substância líquida, incolor a olho nu; em pequenas quantidades é insípida e essencial a todas as formas de vida. A água possui muitas propriedades incomuns que são críticas para a vida, além de alta tensão superficial (0,07198 Nm<sup>-1</sup> a 25°C); pura, tem sua maior densidade a temperatura de

3,984°C, com 999,972 kg/m<sup>3</sup>; tem valores de menor densidade ao arrefecer e ao aquecer. Como molécula polar estável na atmosfera, a água desempenha papel importante como absorvente da radiação infravermelha, crucial no efeito estufa; ela possui também, um calor específico peculiarmente alto (75,327 Jmol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> a 25°C), exercendo papel significativo na regulação do clima global. (WIKIPÉDIA, 2008).

Na Terra há cerca de 1.360.000.000 km<sup>3</sup> de água, distribuídos da seguinte forma: 1.320.000.000 km<sup>3</sup> (97%) são águas salgadas; 40.000.000 km<sup>3</sup> (3%) são águas doces, das quais 25.000.000 km<sup>3</sup> (1,8%) como gelo, 13.000.000 km<sup>3</sup> (0,96%) como água subterrânea, 250.000 km<sup>3</sup> (0,02%) em lagos e rios e 13.000 km<sup>3</sup> (0,001%) como vapor de água (WIKIPEDIA, 2007).

Segundo Suassuna (2004), o Brasil possui 12% da água doce superficial do mundo, em que 70% estão na Região Norte, 15% no Centro-Oeste, 6% no Sul, 6% no Sudeste e apenas 3% no Nordeste.

Considerada solvente universal, é neste meio que se encontram dissolvidos sais minerais, matéria e gases essenciais à vida; é neste ambiente também, que o homem lança os subprodutos resultantes das suas atividades, causando a sua degradação, que ocorre de vários modos, incluindo a poluição térmica, que é a descarga de efluentes a altas temperaturas; a poluição física, que é a descarga de material em suspensão; poluição biológica, que é a descarga de bactérias patogênicas e vírus e, enfim a poluição química, que pode ocorrer por deficiência de oxigênio, toxidez e eutrofização (BARRETO, 2007).

De modo geral, a água é usada para abastecimento doméstico, fonte de proteínas, abastecimento industrial, irrigação, navegação, produção de energia, recreação e diluição de despejos; sua utilização mais importante é o abastecimento doméstico e a menos nobre, mas necessário, é a diluição de despejos, em virtude da forma desordenada em que vem sendo feito, tem gerado muita poluição hídrica (ARAUJO, 2000). A disponibilidade renovável de água doce nos continentes pode ser estimada em porcentagens, da seguinte forma: África 10,0%, América do Norte 18,0%, América do Sul 23,1%, Ásia 31,6%, Europa 7,0%, Oceania 5,3% e Antártida 5,0% (DAEE, 2007).

Conforme UNIAGUA (2007), os Recursos Hídricos do Mundo disponíveis para consumo estão assim distribuídos: 70% são direcionados à agricultura, 22% à indústria e 8% para uso da população. O consumo total de água e, hoje de 200

quilômetros cúbicos/ano mas poderá chegar a 360 quilômetros cúbicos/ano, em 2025, mantida a tendência de crescimento populacional mundial (NORONHA, 2006).

## **3.2. Principais usos da água**

### **3.2.1. Consumo humano**

Várias são as necessidades do homem com relação à água, algumas indispensáveis para a condição ideal de vida. Identificar a quantidade de água de que cada pessoa necessita por dia, é uma tarefa difícil. Se se considerar a média ingerida para matar a sede, dois litros são uma boa resposta porém as necessidades humanas vão muito além, isto é, precisa-se de água de boa qualidade para lavar e preparar alimentos, asseio corporal, lavar roupas, talheres etc.

Em estimativa que leve em consideração a totalidade do consumo, este cresce a dezenas de litros por dia, podendo chegar a centenas, dependendo do modo de vida da sociedade em questão.

Quem mora em favelas sem água encanada, consome de 10 a 30 litros por dia, número baixo se comparado com aquele que mora em casa ou apartamento e possui máquinas de lavar roupa e louça, cujo gasto pode chegar a 500 litros por dia. Em países desenvolvidos o consumo chega a 1000 litros diários. Na cidade de Nova York a média diária é de 2000 litros e em algumas comunidades africanas, a média é de 12 litros diários (PELEGRINI, 2005).

### **3.2.2. Dessedentação animal**

Nas regiões áridas e semi-áridas os animais consomem em geral, águas de qualidade inferior, durante vários meses do ano. Comumente, essas águas contêm altos níveis de sais e provocam desarranjos fisiológicos e até morte; 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 elemento que provoca diarreia no gado (AYERS e WESTCOT, 1999).

Com a finalidade de evitar perdas econômicas a Academia Nacional de Ciências dos EUA (1972) apud Ayers e Westcot (1999), estabeleceu que, do ponto de

vista da salinidade, as águas com condutividade elétrica inferior a  $8 \text{ dS.m}^{-1}$  são satisfatórias para o gado, praticamente em qualquer circunstância; entretanto, em regiões áridas e semi-áridas muitas vezes é necessário usar as águas que excedem este limite. Os íons responsáveis pela salinidade não são muito tóxicos em sua maioria; assim, as normas da Australian Water Resources Council, (1969) apud Ayers e Westcot (1999), recomendam que se deve considerar o magnésio principalmente quando a salinidade excede os  $6,6 \text{ dS.m}^{-1}$  ( $4.000 \text{ mg/l}^{-1}$ ) nas águas para o gado bovino e  $10 \text{ dS.m}^{-1}$  ( $6.000 \text{ mg/l}^{-1}$ ) nas águas para ovinos.

### 3.2.3. Agricultura

Agricultura é a arte ou processo de se usar o solo para cultivar plantas, com o objetivo de obter alimentos, fibras, energia, matéria-prima para roupas, construções, medicamentos, ferramentas e contemplação estética (WIKIPÉDIA, 2008).

Bernardo et al. (2006) relatam que a história da irrigação se confunde com a do desenvolvimento e prosperidade econômica dos povos, sendo fator de riqueza, prosperidade e, conseqüentemente, de segurança. As antigas civilizações tiveram suas origens em regiões áridas, em que a produção só era possível graças a esta técnica (DAKER, 1988). Hoje em dia, porém, os dados citados por Shiklomanov (1997), que eram de quase 67% da água global retirada e 87% da água de uso consultivo (água retirada menos o fluxo que retorna) destinados à irrigação das plantas, podem ter alterado, porém estimativas mundiais de produção indicam que nos 260 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 17% da área plantada, produz-se cerca de 40% da safra. No Brasil, estimativas indicam valores de quase 3,2 milhões de hectares, correspondendo a 5% da área cultivada, 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção (BERNARDO et al. 2006).

Existe um conflito natural entre o uso da água para agricultura e o abastecimento humano, em algumas regiões brasileiras, sobretudo quando a demanda é muito alta, como para irrigação de arroz por inundação. A solução deste tipo de conflito passa pelo aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e pelo gerenciamento adequado dos efluentes agrícolas quanto à contaminação (TUCCI, 2004).

Futuramente, para se produzir alimentos para a crescente população, a área com agricultura irrigada terá que ser consideravelmente expandida, porém ainda não se

sabe se haverá água disponível para esta expansão. Com o provável aumento de exigência de água para consumo humano e setores industriais, até mesmo regiões que hoje não sofrem escassez de água para a agricultura, poderão ser afetadas, comprometendo o desenvolvimento das áreas irrigadas e, assim, possivelmente, a segurança de alimentos das populações pela baixa disponibilidade de água.

### 3.3. Classificação das águas

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, em resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos aquáticos e diretrizes para o seu uso. As águas do Território Nacional são classificadas nas categorias doces, com salinidade igual ou menor que 0,5 ‰; salobras, as de salinidade entre 0,5 e 30 ‰ e salinas, as águas com salinidade acima de 30 ‰, divididas também, conforme o objetivo de uso, em treze classes de qualidade. Para as águas doces classes especial, 1, 2, 3 e 4; para as águas salobras classes especial, 1, 2, e 3, e, para as águas salinas, em classes especial, 1, 2 e 3 (UNIAGUA, 2005).

O CONAMA, em sua resolução nº 357 de 2005, classifica os recursos hídricos, segundo seus usos preponderantes, em nove classes:

1. As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

2. As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora;
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

3. As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aquicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;
- e) à irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora;
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

As águas doces até a classe 3 podem ser utilizadas para abastecimento humano (potável) após o tratamento adequado; uma vez realizado este tratamento, ela deve atender à portaria 518 do Ministério da Saúde que apresenta as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Na Tabela 1, se encontram os principais parâmetros de potabilidade para cada elemento, conforme portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

Quanto ao consumo humano, a água no Brasil está classificada pelo Ministério da Saúde, segundo a portaria nº518 de 25 de Março de 2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Padrão da água para consumo humano, segundo a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. Campina Grande, 2008

PARÂMETRO	Unidade	VMP (1)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	Uh <sup>(2)</sup>	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Gosto	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
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 <sup>(4)</sup>	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3
pH	Faixa de 6,0 a 9,5	

<sup>(1)</sup> Valor Máximo Permitido

<sup>(2)</sup> Unidade Hazen (mg Pt-CO/L)

<sup>(3)</sup> Critério de Referência

<sup>(4)</sup> Unidade de Turbidez

Quando cita as metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade, a referida portaria afirma que elas devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria

da edição mais recente da publicação *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 Standardization Organization) (VISALEGIS, 2004).

Para consumo animal, citado por Ayers & Westcot (1999), a Academia Nacional de Ciências dos EUA classifica a água recomendando parâmetros de salinidade entre 1,5 e 16 ( $\text{dS/m}^{-1}$ ), conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Classificação das águas para consumo animal (bovinos e aves). Campina Grande, 2008

Salinidade da água ( $\text{dS/m}$ )	Classe	Observações
< 1,5	Excelente	Adequada para todas as classes
1,5 – 5,0	Muito satisfatória	Provoca diarreia em gado não acostumado e excrementos aquosos nas aves
5,0 – 8,0	Satisfatória para o gado Não satisfatória para as aves	Pode produzir diarreia temporária ou não ter aceitabilidade por animais não acostumados Aumento de mortalidade e redução de crescimento, sobretudo em perus
8,0 – 11,0	De uso limitado para o gado. Não apta para as aves	Evitar para fêmeas prenhas e em lactação Não é adequada para as aves domésticas
11,0 - 16,0	De uso limitado	Grande risco para vacas lactantes ou prenhas. Animais mais velhos podem subsistir em certas condições
>16,0	Não recomendável	Riscos muito grandes.

Fonte: National Academy of Science (1972, 1974), Apud Ayers & Westcot (1999)

Richards (1954) classificou a água para irrigação baseando-se na condutividade elétrica da água (CEa) como indicadora de risco para salinização e a razão de adsorção do sódio (RAS), como indicadora de risco de sodificação do solo, em quatro classes. Esta classificação de água é aceita em todo o mundo e é recomendada pelo Laboratório de Salinidade do Solo dos Estados Unidos (BERNARDO, 2006).

Para salinidade, as águas são divididas em quatro classes, C1, C2, C3 e C4, medidas essas que aumentam com a concentração de sais. Tais denominações e os limites são apresentados por Richards (1954), com as seguintes interpretações:

**C1** – água com salinidade baixa (CE entre 0 e  $0,25 \text{ dS/m}^{-1}$ , a  $25^\circ \text{C}$ ). Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária mas isto ocorre nas práticas normais de irrigação, à exceção dos solos com permeabilidade extremamente baixa;

**C2** – água com salinidade média (CE entre  $0,25$  e  $0,75 \text{ dS/m}^{-1}$ , a  $25^\circ \text{C}$ ). Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade;

**C3** – água com salinidade alta (CE entre  $0,75$  e  $2,25 \text{ dS/m}^{-1}$ , a  $25^\circ \text{C}$ ). Não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem, mas nos solos com drenagem adequada, se pode necessitar de práticas especiais para o controle da salinidade. Pode ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais;

**C4** – água com salinidade muito alta (CE entre  $2,25$  e  $5 \text{ dS/m}^{-1}$ , a  $25^\circ \text{C}$ ). Não é apropriada para irrigações sob condições normais mas pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos deverão ser muito permeáveis e com drenagem adequada, devendo ser aplicado excesso de água nas irrigações, para ter lixiviação. A água somente deve ser usada para culturas tolerantes aos sais.

Com respeito à Razão de Adsorção de Sódio (RAS), ela se baseia essencialmente no efeito do sódio trocável nas condições físicas do solo, causando problemas de infiltração pela redução de permeabilidade (MENDES, 2007). Richards (1954), dividiu as águas em quatro classes tomando por base valores limites da RAS, em função da CEa, com as seguintes interpretações:

**S1** – Água com baixa concentração de sódio ( $\text{RAS} \leq 18,87 - 4,44 \log \text{CE}$ ). Pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

**S2** – Água com concentração média de sódio ( $18,87 - 4,44 \log \text{CE} < \text{RAS} < 31,31 - 6,66 \log \text{CE}$ ). Só pode ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade. Sob condições restritas de lixiviação ela apresenta um perigo de sodificação considerável em solos de textura fina e com alta capacidade de troca catiônica (CTC).

**S3** – Água com alta concentração de sódio ( $31,31 - 6,66 \log \text{CE} < \text{RAS} \leq 43,75 - 8,87 \log \text{CE}$ ). Pode produzir níveis críticos de sódio trocável na maioria

dos solos, fazendo-se necessário práticas especiais de manejo do solo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria orgânica.

**S4** – Água com muito alta concentração de sódio ( $RAS > 43,75 - 8,87 \log CE$ ). Geralmente, é imprópria para irrigação mas pode ser usada ocasionalmente em solos bem drenados ou com presença de gesso.

Segundo Bernardo (1986), a linha de análise recomenda que águas para irrigação devem ser analisadas em relação a cinco parâmetros fundamentais: salinidade, permeabilidade do solo, concentração de elementos tóxicos (metais pesados, por exemplo), concentração de bicarbonatos e aspecto sanitário (contaminação por bactérias patogênicas).

Os problemas mais comuns com as águas destinadas à irrigação são a salinidade, velocidade de infiltração no solo, toxicidade, excesso de nutrientes e corrosão dos equipamentos de irrigação. Águas ricas em sódio ou muito pobres em cálcio e magnésio tendem a reduzir a permeabilidade dos solos, aumentam o encharcamento e dificultam a absorção de nutrientes pelas plantas. Águas quimicamente não perigosas aplicadas em solos pouco permeáveis podem causar sua salinização, sendo este um perigo frequente na região nordeste, razão pela qual Condutividade elétrica (CE) e RAS (Relação de Adsorção de Sódio) devem ser analisadas em conjunto (PERH, 2006).

A adequação da água de irrigação (Tabela 3) não depende unicamente do teor total mas, também, do tipo de sais. À medida em que o conteúdo de sais aumenta, os problemas do solo e das culturas se agravam, requerendo práticas especiais de manejo para manter rendimentos econômicos. A qualidade da água e/ou sua adaptabilidade à irrigação se determinam também pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso em longo prazo.

Cruz (1996) assegura que a qualidade de uma água se refere às suas características biológicas e físico-químicas. O grau de aceitabilidade da água para uso específico (abastecimento público, agricultura, pecuária, indústria, recreação, etc), depende da composição, da concentração e da influência das características mencionadas sobre a utilização. Pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas; a perda dessa qualidade pode comprometer seu uso.

**Tabela 3.** Parâmetros para interpretar a qualidade da água para irrigação. Campina Grande, 2008

Problema Potencial	Unidade	Valores Normais	Grau de Restrição de Uso				
			Nenhum	Baixo a moderado	Severo		
<b>Salinidade</b>							
CEa <sup>2</sup>	dS m <sup>-1</sup>		< 0,7	0,7 - 3	> 3,0		
SDT <sup>3</sup>	mg L <sup>-1</sup>		< 450	450 - 2000	> 2000		
Infiltração	RAS <sup>4</sup>	CEa					
0	-	3	> 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		
<b>Toxicidade de íon específico</b>							
<b>Sódio (NA)<sup>5</sup></b>							
Irrigação superficial	RAS		< 3	3 - 9	> 9		
Irrigação por aspersão	meq L <sup>-1</sup>		< 3	> 3			
<b>Cloreto (Cl)<sup>5</sup></b>							
Irrigação superficial	meq L <sup>-1</sup>		< 4	4 - 10	> 10		
Irrigação por aspersão	meq L <sup>-1</sup>		< 3	> 3			
Cálcio	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20					
Magnésio	meq L <sup>-1</sup>	0 - 5					
Carbonatos	meq L <sup>-1</sup>	0 - 0,1					
Sulfatos	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20					
<b>Outros íons que afetam culturas sensíveis</b>							
Nitrogênio (N - NO <sup>3</sup> ) <sup>6</sup>	mg L <sup>-1</sup>		< 5,0	5 - 30	> 30		
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) (para aspersão convencional)	meq L <sup>-1</sup>		< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5		
pH			Faixa normal: 6,5 - 8,4				

Fonte: Adaptada da University of California Commite of Consultants (1974) Ayers & Westcot (1999).

NOTAS:

<sup>2</sup>CEa = Condutividade elétrica da água, em dS m<sup>-1</sup> a 25°C

<sup>3</sup>SDT = Sólidos Totais Dissolvidos (mg. L<sup>-1</sup>)

<sup>4</sup>RAS = Relação de Adsorção de Sódio algumas vezes representada como Rna. Para determinado valor de RAS, a velocidade de infiltração aumenta à medida que aumenta a salinidade. Avalia-se o problema potencial de infiltração através da RAS e da CEa.

<sup>5</sup>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.

<sup>6</sup>Significa nitrogênio em forma de nitrato expresso em termos de nitrogênio elementar.

Discorrendo sobre a salinidade da água, afirmam Ayers e Westcot (1999) que, quando sua qualidade piora, o controle se torna mais difícil; portanto, à proporção que a salinidade aumenta, deve-se tomar maior cuidado em lixiviar os sais da zona radicular, antes que alcancem concentrações perigosas e provoquem perdas. O conhecimento da qualidade, dos usos atuais e potenciais de cada trecho de um corpo

d'água, é indispensável na implantação de projetos de abastecimento doméstico, pecuária e irrigação.

A qualidade das águas para consumo da população é determinada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), adaptada para o Brasil pelo Ministério da Saúde e é importante aliado para a implementação de ações de saúde e ambiente, haja vista a importância da água para a vida humana, pecuária e agricultura. Com relação à pecuária as normas de qualidade das águas são ditadas, geralmente, por órgãos de pesquisas ou governamentais como, por exemplo, a Academia Nacional de Ciências dos EUA.

Outro parâmetro adotado para análise da água é a classificação e comparação de grupos distintos quanto aos íons dominantes, o qual se constitui em um passo inicial para o entendimento da química da água, que determinará os principais usos a que podem ser destinadas. Para tanto são utilizados diversos gráficos e diagramas, os quais permitem o manejo e o estudo de diferentes análises químicas, simultaneamente (LUCENA e ROSA FILHO, 2004). Dentre esses, o diagrama de Piper (1944) é um dos mais utilizados na classificação hidroquímica de águas, em que uma das suas principais vantagens é a possibilidade de se trabalhar com um grande número de análises, classificando diferentes grupos amostrados quanto aos íons dominantes. A representação gráfica pode evidenciar possíveis relações entre íons de uma mesma amostra ou ressaltar variações temporais ou espaciais existentes (LUCENA e ROSA FILHO, 2004; PIPER, 2008). Outro diagrama utilizado foi o de Stiff, que compara a quantidade de cátions e ânions presentes na água, em função das Figuras geométricas formadas; por outro lado, são muito úteis para a análise de dados distribuídos espacialmente, detectando-se facilmente águas de mesma família (homogêneas) (STIFF, 2008).

#### **3.4. Solos de regiões semi-áridas**

Segundo Beck et al. (2000), solo é um corpo natural da superfície terrestre constituído de materiais minerais e orgânicos, resultantes das interações dos fatores de formação (clima, organismos vivos, material de origem e relevo) através do tempo, contendo matéria viva e em parte modificado pela ação humana, capaz de sustentar plantas, de reter água, de armazenar e transformar resíduos e suportar edificações.

A geologia no ambiente semi-árido é bastante variável, porém com predomínio de rochas cristalinas, seguidas de áreas sedimentares e, em menor proporção, se encontram áreas de cristalino com uma cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou areno-argilosos. Em consequência da diversidade de material de origem, de relevo e da intensidade de aridez do clima, verifica-se a ocorrência de diversas classes de solo no semi-árido, os quais se apresentam em grandes extensões de solos jovens e também solos evoluídos e profundos (JACOMINE, 1996).

Os solos das regiões áridas e semi-áridas, devido aos altos teores de sais solúveis que contêm nos horizontes superficiais, são salinos e alcalinos ou sódicos (halomórficos) em virtude das altas taxas de evapotranspiração e da baixa pluviosidade. Os solos salinos apresentam condutividade do extrato de saturação maior que 4,0 mhos/cm a 25°C, porcentagem de saturação de sódio menor que 15 e o pH em geral menor que 8,5, normalmente reconhecidos pelo aparecimento de crostas brancas na superfície. Os solos sódico-salinos apresentam condutividade do extrato de saturação maior que 4,0 mhos/cm a 25°C e mais de 15% de sódio trocável e o pH é raramente maior que 8,5. Os solos sódico-salinos podem ser considerados intermediários entre os solos salinos e os sódicos não salinos. Os solos sódicos não salinos mostram condutividade do extrato de saturação menor que 4,0 mhos/cm a 25°C e contêm sódio trocável maior que 15% e pH variando entre 8,5 e 10,0 (GONÇALVES, 1982).

Em trabalho realizado por Baracuhý (2001) na microbacia do Riacho Angico, localizada entre os municípios de Campina Grande e Caturité, os solos encontrados foram Bruno não Cálcico (NC), Planossolo (PL), Cambissolo (C), Vertissolo (V), Aluvial (A) e Litólico (R). Segundo MMA (2004), na Paraíba existem 2.106.100 hectares do solo bruno não cálcico com severos níveis de degradação, 692.500 hectares de solos litólicos com acentuado nível de degradação, 298.500 hectares de solos podzólicos eutróficos, terras roxas estruturadas e cambissolos com moderado nível de degradação e 429.300 hectares de solos planossolos com baixo nível de degradação.

De modo geral, os solos são pouco profundos, apresentam boa fertilidade química e pH normalmente em torno da neutralidade, podendo, porém, tornar-se alcalino nas áreas calcárias (CHAVES & KINJO, 1987). Estão sujeitos à erosão devido à intensidade das chuvas torrenciais, baixa permeabilidade e profundidade

efetiva. As principais classes de solo que ocorrem no semi-árido nordestino, segundo Jacomine (1996), são:

Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo: são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos. Essas classes compreendem LATOSSOLOS de cores normalmente amarelas e amarelo-avermelhadas, profundos, bem drenados, porosos, friáveis, com horizonte superficial pouco espesso e contendo baixos teores em matéria orgânica; em geral possuem textura média e menos frequentemente argilosa; ocorrem também solos eutróficos. As áreas em que esses solos predominam, perfazem o total de 144.977 km<sup>2</sup>, constituem 19,4% da região das caatingas e diversas culturas de sequeiro podem ser cultivadas nesses solos.

Latossolo Vermelho-Escuro: são mais escuros que os anteriores, bem drenados, profundos, muito porosos, de textura argilosa ou média; são eutróficos, com acidez moderada e saturação por bases média a alta, com valores compreendidos entre 50 e 85%. De modo geral, são bastante cultivados com milho, feijão, algodão e mamona conforme acontece na área, ao sul de Irecê; ocupam aproximadamente 11.000 km<sup>2</sup> ou 1,6% da área do semi-árido; esses solos são utilizados, preferencialmente, para a agricultura irrigada, devido ao relevo suave ondulado ou plano.

Luvisolos, Argissolos, Alissolos e Nitossolos: essas classes compreendem solos medianamente profundos a profundos, fortemente a moderadamente drenados e se distribuem por toda a zona semi-árida. As áreas nas quais os referidos solos predominam, perfazem o total de 110.000 km<sup>2</sup> e constituem 14,7% da região; são importantes não só pela extensão que ocupam mas, também, por sustentarem várias culturas. As alternativas de uso desses solos variam muito em decorrência da variação das características dos solos e da ampla distribuição por toda a região, sob diversas condições de relevo e aridez mais ou menos acentuada.

Chernossolos: apresentam, como características, boa drenagem e profundidade média a rasos. Os Chernossolos têm pouca ocorrência, em termos de extensão, ocupando apenas a parte central do Ceará, Piauí e Bahia. A área de ocorrência desses solos na região semi-árida é de aproximadamente 1.312 km<sup>2</sup> que constituem 0,2% da área total. As alternativas de uso são limitadas não apenas pela falta de água como, também, pelo relevo na maior parte da área onde ocorrem.

Planossolos: solos típicos de áreas de cotas baixas, planas ou suavemente onduladas, onde o relevo permite um excesso de água, mesmo por um período relativamente curto; trata-se de solos rasos a pouco profundos, que ocupam grandes

extensões na região, sobretudo na zona do Agreste de Pernambuco e áreas de clima similar à dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Bahia, Sergipe e Paraíba. As áreas em que predominam esses solos, perfazem o total de 78.500 km<sup>2</sup> e constituem 10,5% da região semi-árida. São solos que apresentam limitações fortes ao uso agrícola em decorrência principalmente das altas concentrações de sódio trocável que tem abaixo da superfície, más condições físicas (presença de horizontes adensados, pouco permeáveis) e da estrutura que, geralmente, é colunar.

Cambissolos: são rasos a profundos, bem drenados, de cores amarela, bruna e, menos frequentemente, vermelha e acinzentada, textura média ou argilosa, com argila de atividade baixa e de alta a baixa saturação por bases, com pH em água usualmente entre 5,5 e 7,5; ocorrem em áreas de relevo variando de plano a forte ondulado, principalmente sob vegetação de caatinga hipo e hiperxerófila. Na zona semi-árida se destacam as áreas da Bahia, sobretudo as de Irecê e municípios vizinhos e no Sudoeste, nos municípios de Malhada e Palmas de Monte Alto, além de outras distribuídas pelo Estado. As áreas onde predominam esses solos perfazem o total de 27.500 km<sup>2</sup> e constituem 3,6% da região estudada.

Vertissolos: normalmente, variam de pouco profundos a profundos podendo ocorrer solos rasos, são moderados ou imperfeitamente drenados, de permeabilidade lenta ou muito lenta, baixa condutividade hidráulica e horizonte superficial pouco desenvolvido, com baixos teores em matéria orgânica. Esses solos são muito plásticos e muito pegajosos em razão do predomínio de argilas com alta capacidade de contração e expansão. Ocorrem em áreas planas, suavemente onduladas, depressões e locais de antigas lagoas. Na região das caatingas se destacam as áreas de Juazeiro e Baixio do Irecê, na Bahia, Souza, na Paraíba, e outras, distribuídas esparsamente por vários Estados. As áreas onde predominam esses solos perfazem o total de 10.187 km<sup>2</sup> e constituem 1,3% da região das caatingas. O uso agrícola dos solos tem fortes limitações decorrentes das condições físicas desfavoráveis. Em contraposição, possuem grande riqueza de nutrientes que constitui uma característica muito favorável para as plantas.

Neossolos: são solos constituídos de material mineral ou material orgânico pouco desenvolvidos, não havendo modificações expressivas do material originário. As características morfológicas e físicas desses solos variam muito, sobretudo em função da natureza dos sedimentos originários. Quanto às características químicas, há também grande variação ocorrendo solos desde ácidos até alcalinos; eles se distribuem

por toda a região do semi-árido e possuem maiores extensões nos Estados da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí, Alagoas e Pernambuco. As áreas onde esses solos predominam, perfazem o total de 118.312 km<sup>2</sup> e constituem 15,7% da região semi-árida.

### 3.4.1. Classificação dos solos quanto à salinidade e sodicidade

Os critérios adotados para classificação de salinidade e sodicidade do solo foram definidos em função da condutividade elétrica (CE), do percentual de sódio trocável (PST) e do pH do extrato de saturação (Tabela 4), segundo o Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo (BOHN et al., 1985).

**Tabela 4.** Critérios para classificação de salinidade e sodicidade do solo. Campina Grande, 2008

Denominação	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	PST	pH
Normal	> 2	< 15	< 8,5
Salino	> 2	> 15	< 8,5
Salino Sódico	< 2	> 15	> 8,5
Sódico	< 2	< 15	< 8,5

Observou-se o parâmetro salinidade levando-se em consideração a influência do solo no crescimento das plantas e a condutividade elétrica (Tabela 5), conforme U.S. Salinity Laboratory Staff (1969).

**Tabela 5.** Influência da salinidade do solo no crescimento das plantas. Campina Grande, 2008

Categoria	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Influência para as plantas
Não salino	0 – 2	Salinidade imperceptível
Ligeiramente salino	2 – 4	Plantas muito sensíveis podem ser afetadas
Medianamente salino	4 – 8	Rendimento de várias é afetado
Fortemente salino	8 – 16	Somente plantas tolerantes produzem satisfatoriamente
Muito fortemente salino	> 16	Pouquíssimas plantas tolerantes se desenvolvem satisfatoriamente

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização do estudo

Esta pesquisa teve caráter descritivo, com abordagem quantitativa e qualitativa, caracterizada como bibliográfica, de campo e laboratorial.

Através das pesquisas bibliográficas dados gerais dos municípios estudados foram coletados, como: clima, vegetação e solo. O trabalho de campo e as análises laboratoriais foram financiados pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, através do projeto “Metodologia para Localização de Obras Superficiais e Sub-Superficiais de Captação de Água e do Mapeamento de Zonas de Qualidade de Água – MAQUASU”.

Com o trabalho de campo se coletaram 803 amostras de água e 52 pontos de solo, amostrados em 58 municípios paraibanos, sendo 48 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (Figura 1) e outros 10 no entorno, nas nascentes das Bacias Mamanguape e Curimataú. Em laboratório, essas amostras foram analisadas quanto aos aspectos físico-químicos.



**Figura 1.** Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, suas subdivisões e limites com outras bacias. Campina Grande, 2008

### 4.2. Condução dos trabalhos de campo

A pesquisa de campo foi dividida em três etapas:

a) A primeira etapa se iniciou em 29 de setembro de 2006, estendendo-se até 01 de junho de 2007, quando então foram visitados, coletados, analisados e georreferenciados 803 pontos de água distribuídos em 58 municípios. Esses pontos foram escolhidos aleatoriamente, porém se tentando distribuí-los, a fim de que se tornassem os mais representativos possíveis dentro de cada município, obtendo dados representativos da qualidade da água com atenção especial para aqueles pontos de uso mais nobre, como consumo humano, animal e irrigação. Dentre as várias classificações para reservatórios, a água foi dividida em: águas correntes e/ou águas superficialmente empoçadas no leito de riachos e rios; cacimbas, cacimbões e poços amazonas no leito dos riachos e rios, representando as águas sub-superficiais; barreiros, barragens e outros reservatórios de água, representando águas superficiais represadas

b) A segunda etapa teve início em agosto de 2007; onde após a análise dos dados da primeira etapa e se levando em consideração a condutividade elétrica, escolheram-se os quatro corpos de água com maior teor de salinidade dentro da área de estudo, quando então se passou a estudar essas fontes com maior precisão. Além de coletar novamente a água, as amostras de solo também foram coletadas no entorno do ponto de água que se decidiu investigar. Os corpos de água estão localizados nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial (Figura 1).

c) A terceira etapa ocorreu em julho de 2008, um ano com elevadas precipitações em toda a área da pesquisa, e contou apenas de coleta de água dos corpos mais salinos, descritos na segunda etapa.

### **4.3. Características da área da pesquisa**

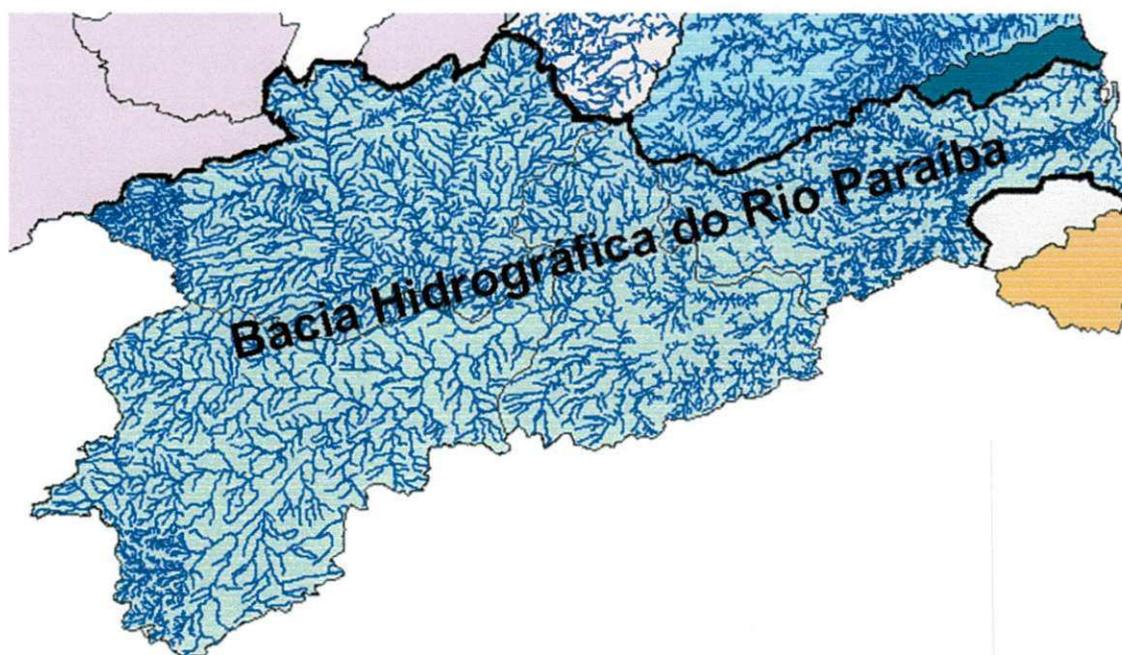
Situada no extremo leste da região Nordeste, a Paraíba é um dos estados do Brasil onde a aridez é severa. O clima é tropical, prevalecendo o semi-árido no interior, com médias térmicas elevadas (em torno de 27°C) e chuvas escassas e irregulares. A vegetação de caatinga, típica do clima semi-árido, é predominante na região central do Estado, que possui o menor índice pluviométrico anual (336,6 mm em Cabaceiras), representando a cidade que menos chove no País (AESAs, 2006).

O estudo teve, como principal campo de investigação, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21"S e longitudes entre 34°48'35" e 37°2'15"W, nas áreas do agreste e cariri paraibano. Corpos de água também foram

analisados nas nascentes das bacias do Curimataú e do Mamanguape. A Figura 2 apresenta a rede de drenagem de águas do Estado da Paraíba destacando-se em tom mais escuro, o contorno da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e as bacias, ao norte (Curimataú e Mamanguape).

A precipitação média da bacia é de 480,3 mm/ano (AESAs, 2006), e a maior concentração do total precipitado ocorre em período de dois a quatro meses, correspondendo a 65% de todas as chuvas anuais. A evaporação obtida a partir do tanque classe A varia de 2.500 a 3.000 mm/ano e os valores decrescem de oeste para leste. A insolação ao longo do ano apresenta uma variação nos meses de janeiro a julho, de 7 a 8 horas diárias e, nos meses de agosto a dezembro, de 8 a 9 horas diárias (VITAL, et al. 2004).

A vegetação natural dominante é de caatingas hiperxerófila, hipoxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia. Em geral, as áreas desmatadas e utilizadas para a agricultura são ocupadas pelas culturas de palma forrageira, agave e algodão além de milho e feijão.

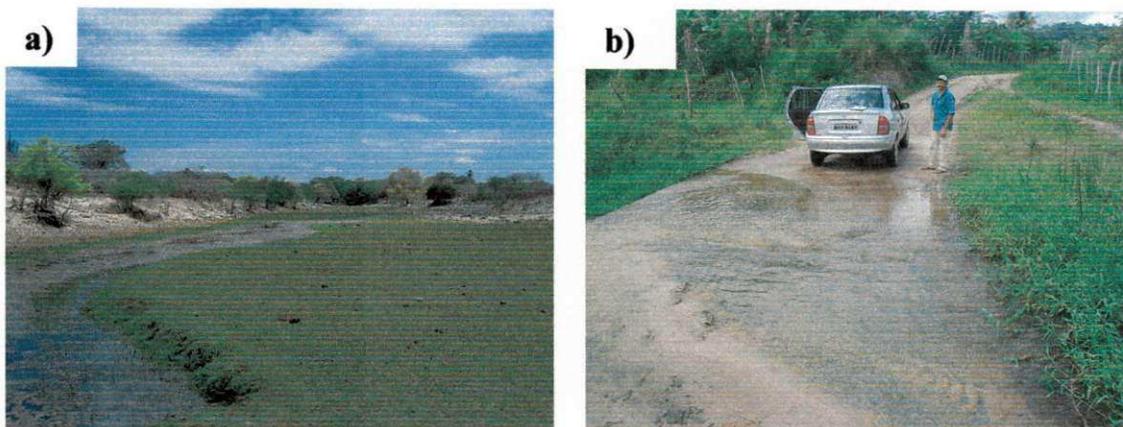


**Figura 2.** Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba com sua rede de drenagem. Campina Grande, 2008

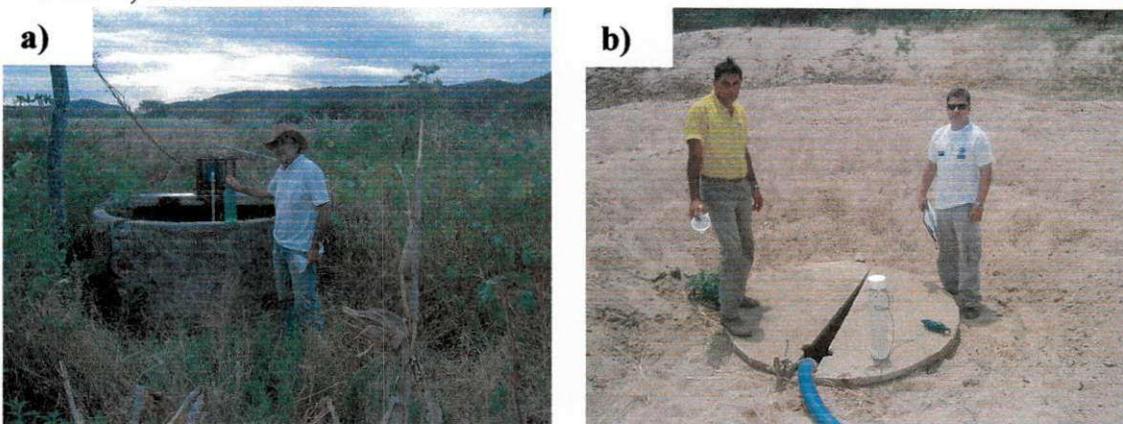
O relevo apresenta setores ondulados, forte ondulados e montanhosos; os solos são do tipo Bruno Não Cálculo (de pouca espessura, que cobre todo o cristalino

existente na área de abrangência da bacia), Litólicos, Solonetz Solodizado, Regossolos e Cambissolos (AESA, 2006).

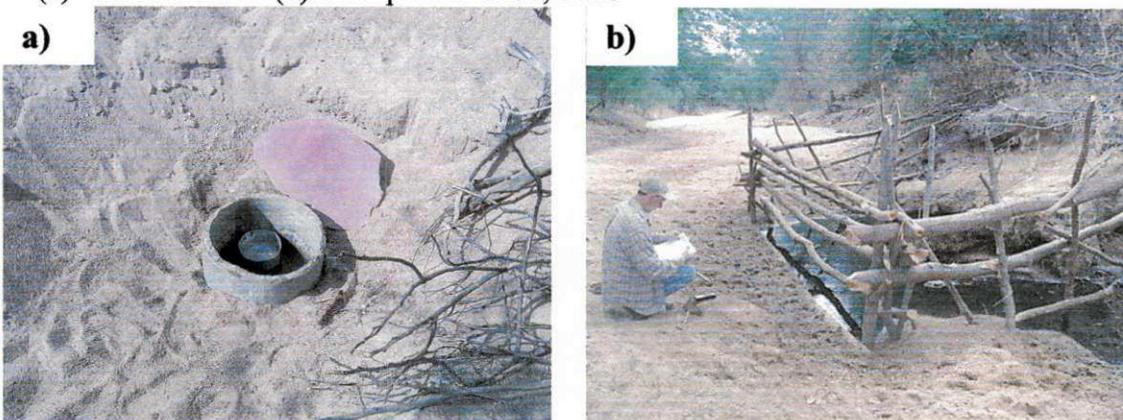
As águas coletadas para análise são de água corrente (Figura 3a e 3b) poços amazonas em baixios (Figura 4a) e no leito de córregos temporários (Figura 4b), cacimbas e cacimbões (Figura 5a e 5b).



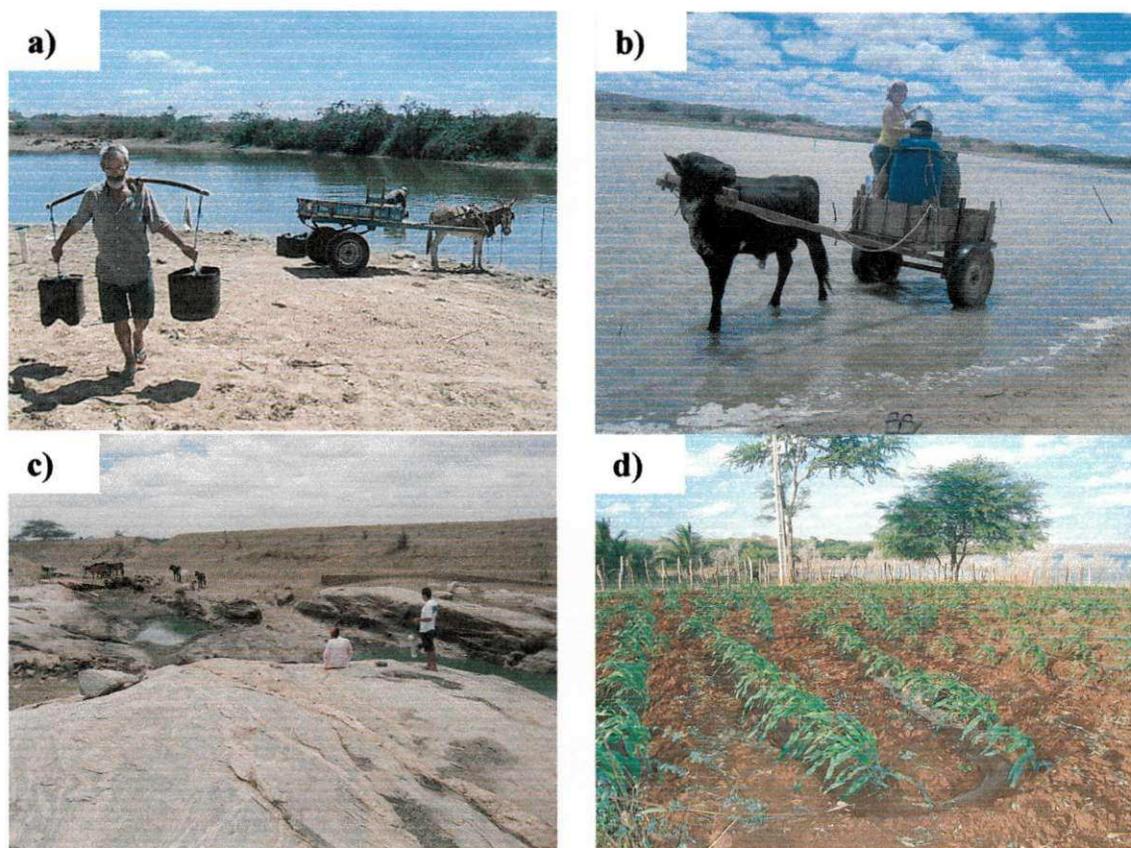
**Figura 3.** Água Corrente em São João do Cariri (a) e em Esperança (b). Campina Grande, 2008



**Figura 4.** Poço Amazonas com motor elétrico para pequena irrigação em Serra Branca (a) e em Coxixola (b). Campina Grande, 2008



**Figura 5.** Cacimbas e cacimbões no leito do rio em São João do Cariri (a) e em Serra Branca (b). Campina Grande, 2008



**Figura 6.** Água de reservatório sendo coletada e transportada para consumo humano e animal, em Boa Vista (a) e em São José dos Cordeiros (b), fonte para consumo animal em Barra de Santa Rosa (c) e irrigação em Cabaceiras (d). Campina Grande, 2008

Coletaram-se, também amostras de água em reservatórios utilizados para consumo humano (Figura 6a), consumo humano e animal (Figura 6b), consumo animal (Figura 6c) e irrigação (Figura 6d).

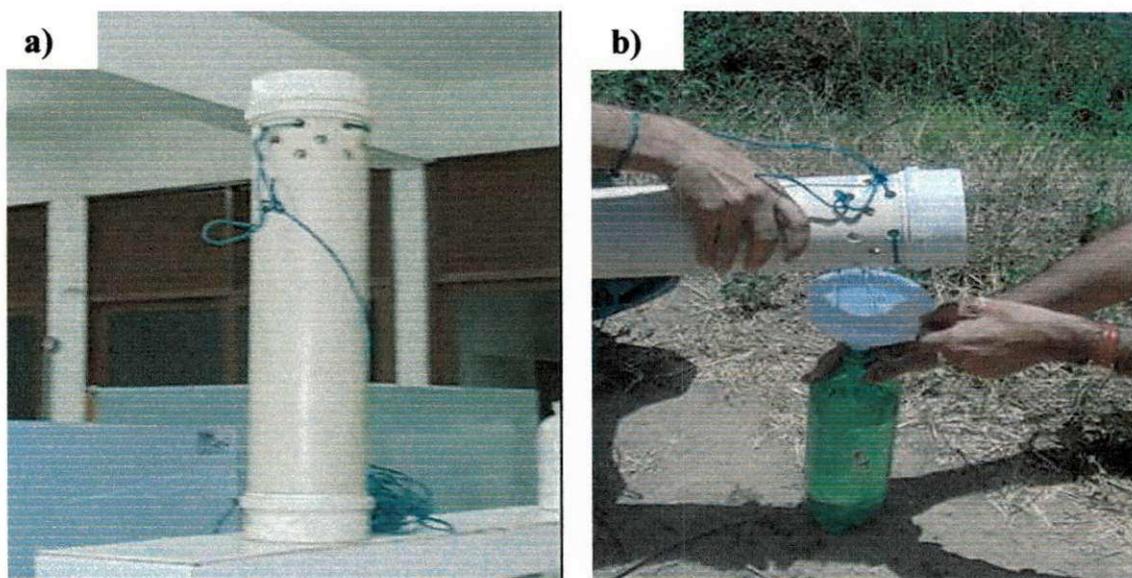
#### 4.4. Procedimentos de coleta de dados

Em referência às 803 fontes coletadas nos 58 municípios, realizou-se um diagnóstico da qualidade da sua água superficial e sub-superficial.

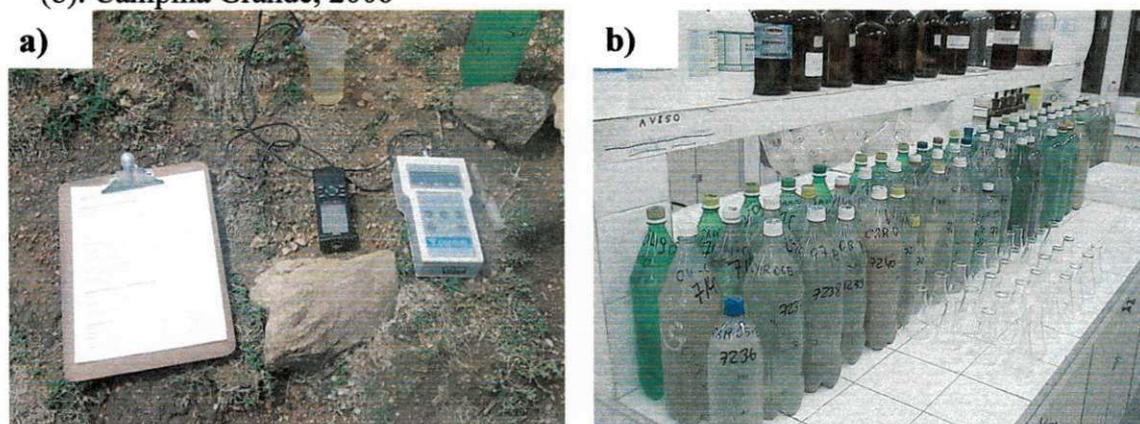
As amostras foram coletadas com um equipamento previamente desenvolvido pela equipe do projeto, confeccionado em tubo de PVC rígido branco, com diâmetro de 100 mm e comprimento de 600 mm, usando-se capas de PVC para vedação, perfurado com brocas de 10 mm em uma das extremidades, em 3 camadas, com um orifício de 20 mm inferior (Figura 7a), para se proceder à descarga de água em funil (Figura 7b). Os pontos foram georreferenciados usando-se um GPS 12 XL (Figura 8a), e fotografados com maquina digital.

As amostras para a pesquisa foram transportadas em garrafas PET previamente lavadas e enxaguadas no momento da coleta, cheias e vedadas, sendo encaminhadas até o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG (Figura 8b), para análise.

Os recipientes receberam números de identificação e o nome do município ao qual a fonte pertencia. Foram registradas, em uma ficha de campo, informações particulares de cada manancial, como: nome, tipo (açude, poço, rio, cacimba), proprietários, afluentes, descarga, função principal e subjetivamente profundidade média e tamanho, além de georreferenciar o ponto com GPS de navegação e registro da leitura de condutividade elétrica feita com condutivímetro portátil.



**Figura 7.** Coletor de água (Barreto, 2007) desenvolvido para o Projeto MAQUASU (a), e enchimento das garrafas com amostras de água para serem levadas ao laboratório (b). Campina Grande, 2008



**Figura 8.** Material de campo (a) e amostras de água para análise no laboratório (b). Campina Grande, 2008

#### 4.5. Parâmetros usados para avaliar a qualidade da água e do solo

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 utilizado, com frequência adequada. A água, ao escoar por zonas do 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.

As águas que se destinam a irrigação devem ser analisadas principalmente sob três aspectos: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da sua qualidade agrônômica (RHOADES et al., 1992).

A análise das amostras de água e solo foi realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), o qual segue a metodologia desenvolvida pela EMBRAPA (1997).

Na análise de água foram levados em consideração os seguintes parâmetros: Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (CE), Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), Carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ) e Bicarbonato ( $\text{HPO}_3^-$ ), além de se calcular a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e tabelar a água por Classificação de uso para irrigação, conforme UCCC (1974). Através dos resultados do laboratório, se construíram os gráficos de Piper e de Stiff, usando-se o software QUALIGRAF.

Devido ao detalhamento, complexidade e falta de equipamentos, não se determinaram os parâmetros para o Sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ).

Para a análise de solo, os parâmetros foram: Potencial Hidrogeniônico (pHes), Condutividade Elétrica do extrato de saturação (CEes), Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), Carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ), Bicarbonato ( $\text{HPO}_3^-$ ), Percentagem de Saturação, Razão de Adsorção de Sódio (RAS), Percentagem Intercambiável de Sódio (PSI) e Salinidade e Classe.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise química realizada no laboratório de irrigação e salinidade da UFCG, selecionaram-se, entre as 803 amostras, quatro corpos com maior valor de condutividade elétrica. Dois corpos de água estão na mesorregião da Borborema (Gurjão e Alcantil) e dois corpos na mesorregião do Agreste Paraibano (Campina Grande e Areial).

### 5.1. Caracterização das fontes de água

#### 5.1.1. Dados geográficos

A Tabela 6 apresenta os dados geográficos do ponto de coleta de água nos três períodos. Para os municípios de Campina Grande e Gurjão, a primeira coleta de dados em campo foi em novembro de 2006 e a segunda em agosto de 2007. Em Alcantil e Areial a primeira e segunda coleta aconteceram em maio e agosto de 2007, respectivamente, enquanto a terceira coleta foi no mês de julho de 2008 para todos os municípios.

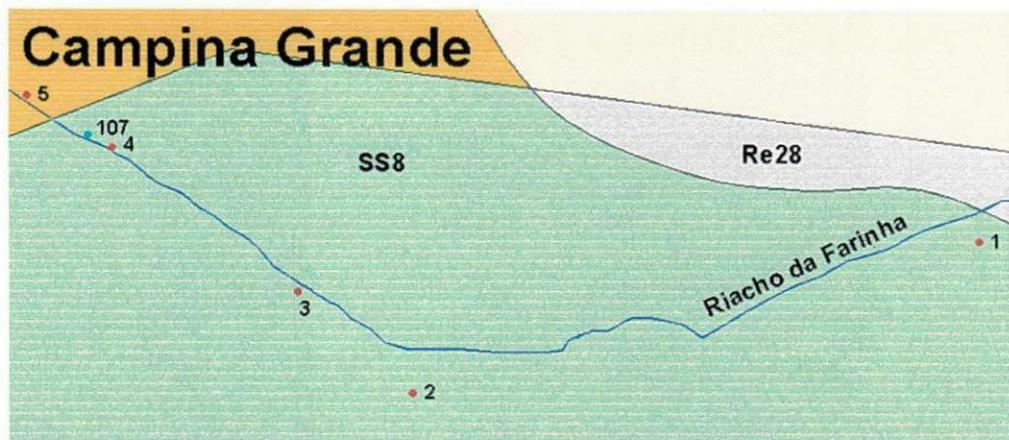
**Tabela 6.** Dados de altitude, latitude e longitude dos pontos de água amostrados nas três etapas, nos municípios de Campina Grande, Alcantil, Gurjão e Areial, PB. Campina Grande, 2008

MUNICÍPIO	NÚMERO	ALTITUDE (m)	LATITUDE	LONGITUDE
Campina Grande	107	583	7° 9' 13"	36° 6' 40,4"
Gurjão	130	497	7° 15' 8,7"	36° 29' 13,8"
Alcantil	638	507	7° 43' 48,9"	36° 4' 52"
Areial	794	727	7° 4' 11,6"	35° 58' 1,7"

O ponto amostrado no município de Campina Grande fica do lado esquerdo da BR 230, aproximadamente 300 metros após o Trevo da Praça do Meio do Mundo, no sentido Campina Grande – Boa Vista. Este açude veio com a construção da BR 341, que passa em cima do barramento e do sangradouro, que são bueiros de drenagem natural em situações semelhantes de construções de estradas. No mapa ilustrativo da Figura 9, se visualizam o ponto 107 de coleta de água, os pontos de 1 a 5 das amostras de solo.

No momento da primeira coleta de água este açude mantinha um espelho de água de aproximadamente 20 metros de largura, 100 metros de comprimento e 1 metro

de profundidade e na segunda coleta, estava quase seco enquanto na terceira, totalmente cheio, com espelho de água de aproximadamente 400 metros de largura, 1000 metros de comprimento e 4 metros de profundidade, conforme a Figura 13a. A drenagem do referido açude pertence ao riacho da Farinha, que desagua no Rio Boa Vista, o qual por sua vez, ajuda a formar a bacia de captação de água do Açude Presidente Epitácio Pessoa.



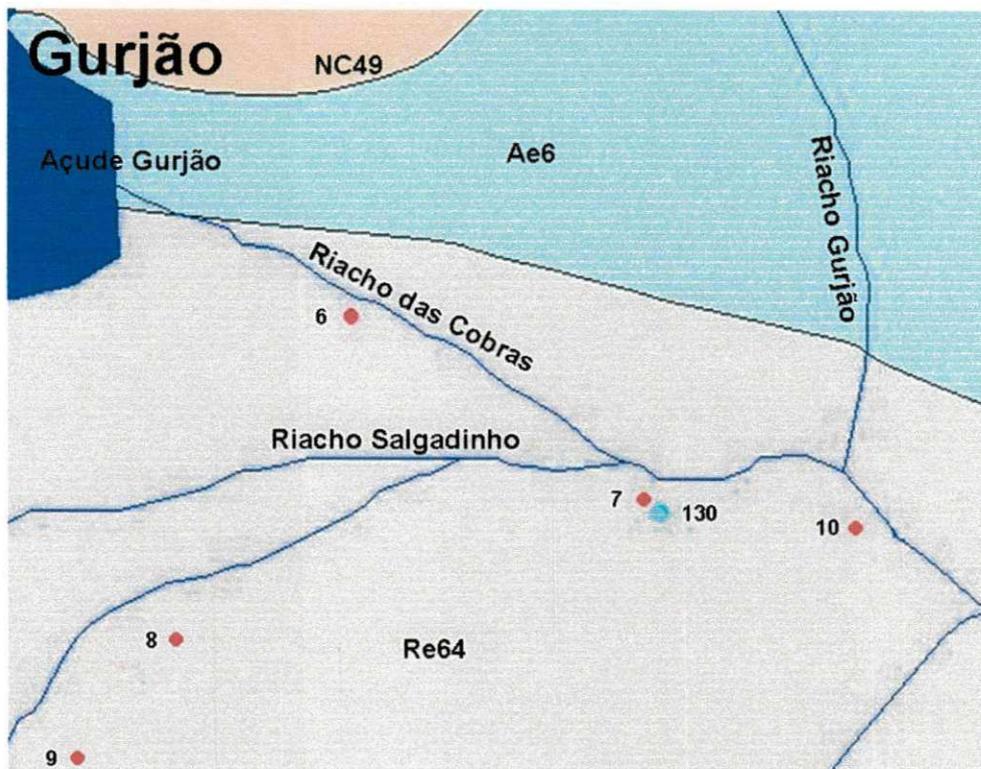
**Figura 9.** Croqui ilustrativo, com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Campina Grande, PB. Campina Grande, 2008

Em Gurjão, o ponto amostrado se encontra do lado direito da pista de acesso à cidade (sentido BR 341 – Gurjão), no Riacho das Cobras, sendo que este recebe as águas do Açude Público da referida cidade, identificado na primeira coleta com boa qualidade de água para consumo humano. No mapa ilustrativo da Figura 10 se visualizam o ponto 130 de coleta de água e os solos 6, 7, 8, 9 e 10, coletados neste município.

No momento da primeira coleta de água este córrego tinha certa quantidade de água drenando, devido ao sangradouro do açude público; na época da segunda coleta havia apenas uma mancha de solo bem úmida, no leito do rio onde, com o auxílio de uma cavadeira, se abriu uma pequena cacimba, vindo a coletar água; já na terceira coleta, a quantidade de água era grande em virtude de fortes chuvas (Figuras 13b). A drenagem do referido riacho desagua no Rio Gurjão tributário do Rio Taperoá, pertencente à sub-bacia do Rio Taperoá e à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

Em Alcantil, o ponto se encontra na Fazenda Serra Bonita, pertencente ao Grupo Farias; fica do lado direito da BR 104 com entrada a aproximadamente 500 metros após o Trevo de acesso à cidade, no sentido Campina Grande para a divisa de

Pernambuco. Visualizam-se no mapa ilustrativo da Figura 11, o ponto 647 de água e os solos 11, 12, 13, 14 e 15, coletados neste município.



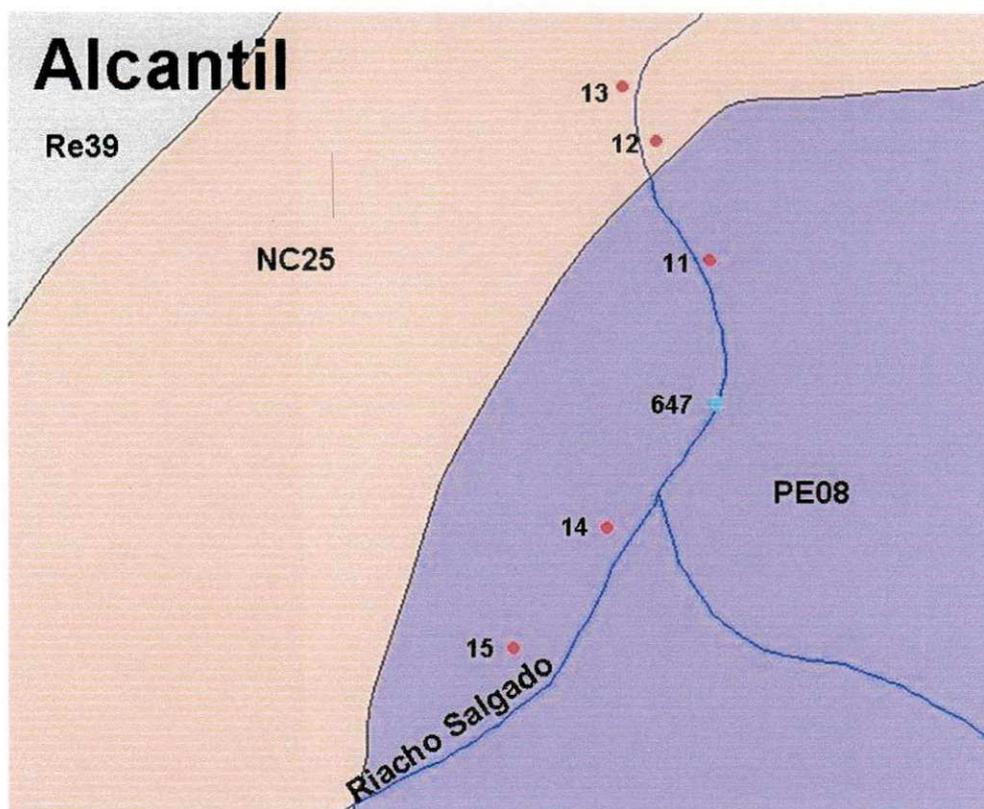
**Figura 10.** Croqui ilustrativo com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Gurjão, PB. Campina Grande, 2008

O ponto amostrado se localiza na drenagem que desagua no Açude Presidente Epitácio Pessoa, cujo nome popular é Riacho Salgado denotando-se, assim, que a salinidade do córrego é alta. A bacia hidrográfica a que pertence este córrego é a do Médio Paraíba (Figura 2). Conforme a Figura 13c, nas três coletas realizadas havia água corrente, com largura e profundidade variáveis.

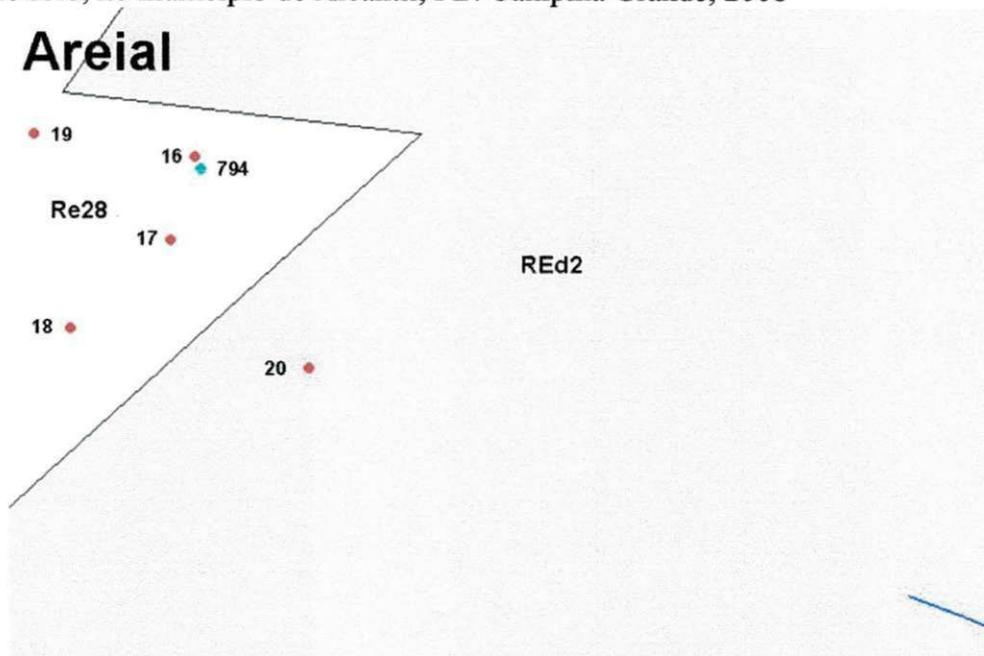
No município de Areial o ponto amostrado está no lado direito da rodovia, entre Areial e Pocinhos, a 500 metros após o trevo de acesso a Montadas; trata-se de uma lagoa natural, nascente do Rio Mamanguape; entretanto a área desta lagoa foi ampliada com a construção da rodovia, barrando, desta forma a passagem natural de água.

Visualizam-se, no mapa ilustrativo da Figura 12, o ponto 794 de água e os solos 16, 17, 18, 19 e 20, coletados no município.

Conforme a Figura 13d, nas três coletas realizadas existia água parada; esta lagoa tem dimensões de aproximadamente 500 metros de largura por 500 metros de comprimento.

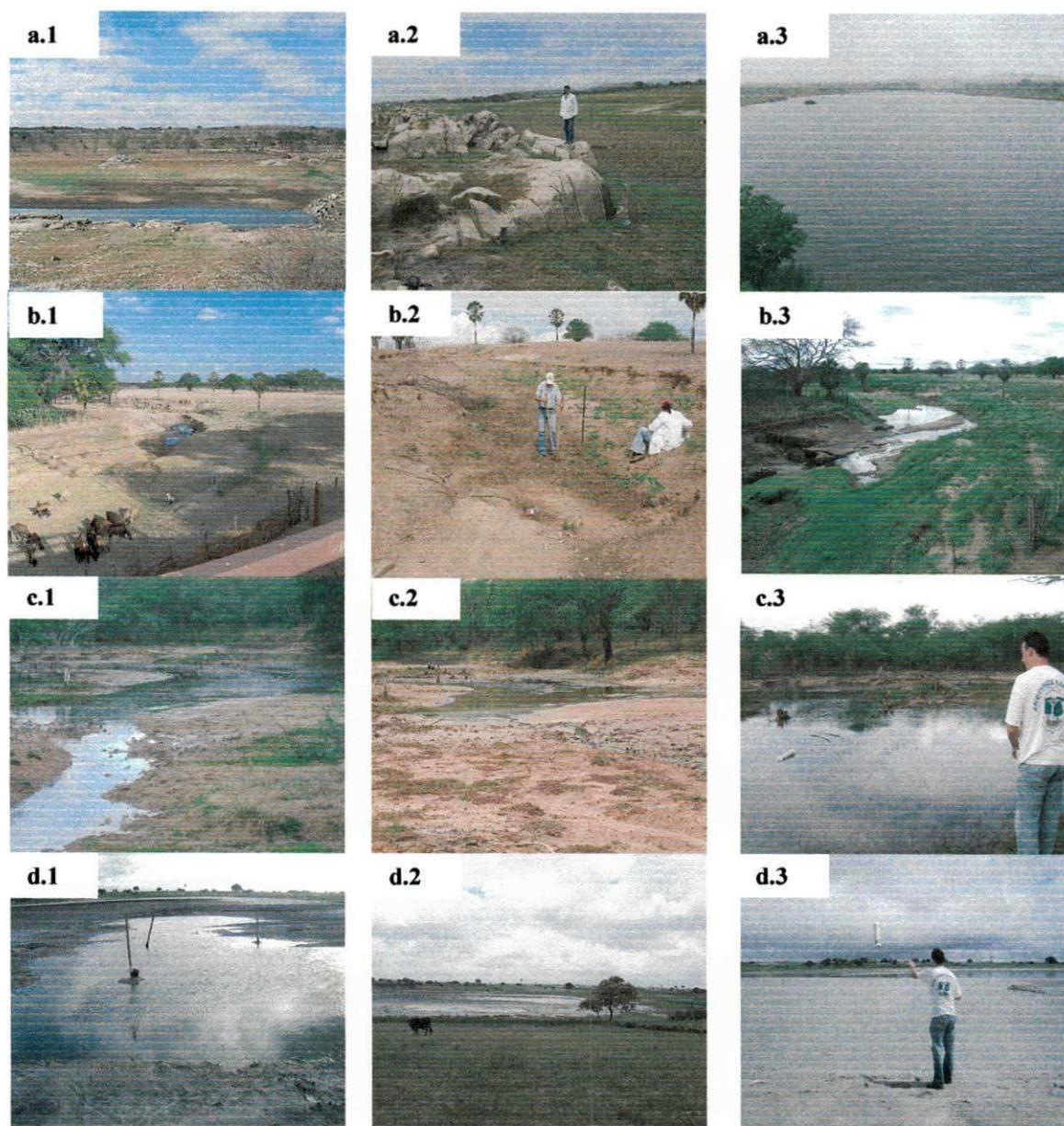


**Figura 11.** Croqui ilustrativo, com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Alcantil, PB. Campina Grande, 2008



**Figura 12.** Croqui ilustrativo, com os pontos georreferenciados de coleta de água e de solo, no município de Areial, PB. Campina Grande, 2008

Através da Figura 13 se visualizam os pontos de coleta de água, nos quatro municípios e nas três etapas de coleta de dados em campo.



**Figura 13.** Ponto amostrado nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), nas primeira (1), segunda (2) e terceira (3) coletas. Campina Grande, 2008

### 5.1.2. Precipitação pluviométrica

Conforme dados da Agência Executiva das Águas da Paraíba (AESA) e se considerando o período de chuvas, desde janeiro de 2006 até julho de 2008 tem-se para o município de Campina Grande, um somatório de 1656,2 milímetros para o distrito de

São José da Mata, estação esta mais próxima do ponto de coleta; 1476,4 milímetros para o município de Gurjão; 1383,5 milímetros para o município de Alcantil e 1603,9 milímetros para o município de Areial, cujos valores estão representados por mês nas Figuras 14, 15 e 16. Beltrão et al. (2005) mencionam que a estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo adiantar-se até outubro.

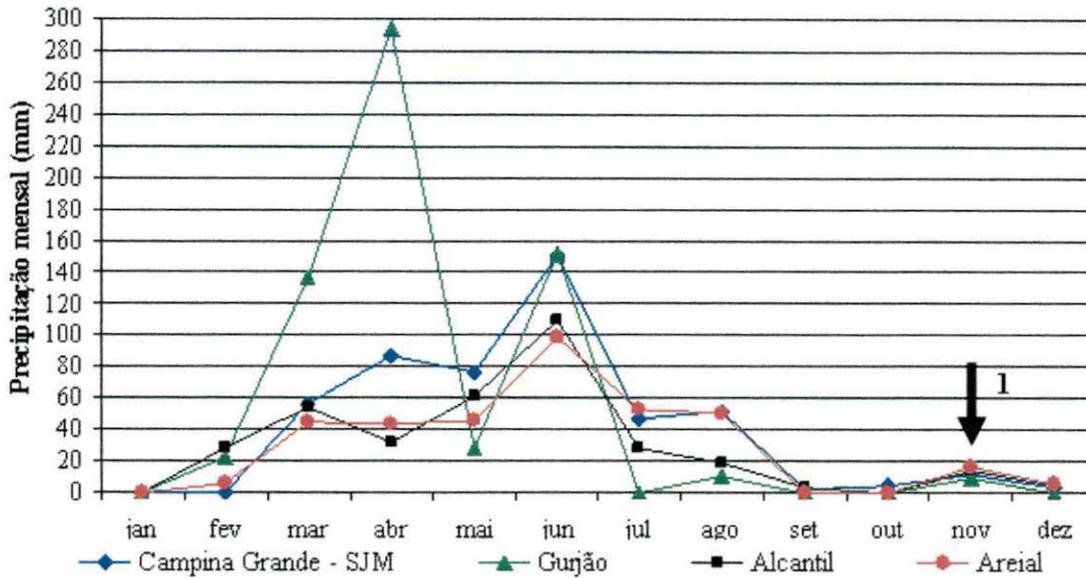
Para o município de Campina Grande, a precipitação foi em novembro de 2006 de 11,7 milímetros, quantidade inferior aos 70,4 milímetros registrados em agosto de 2007 (Figuras 14, 15 e 16). Para o mês de julho de 2008 foram registrados, na terceira etapa, 137,9 milímetros, somando-se, a esta precipitação, elevada quantidade de chuvas dos meses anteriores, período mais chuvoso do ano para a região, em que os sais presentes no solo são diluídos e carreados.

Gurjão foi o município com menores precipitações nos meses que se realizaram as coletas, com 9,3 milímetros em novembro de 2006, 22,8 milímetros em agosto de 2007 e 40,4 milímetros em de julho de 2008 (Figuras 14, 15 e 16). Segundo Beltrão et al. (2005), a estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo adiantar-se até outubro.

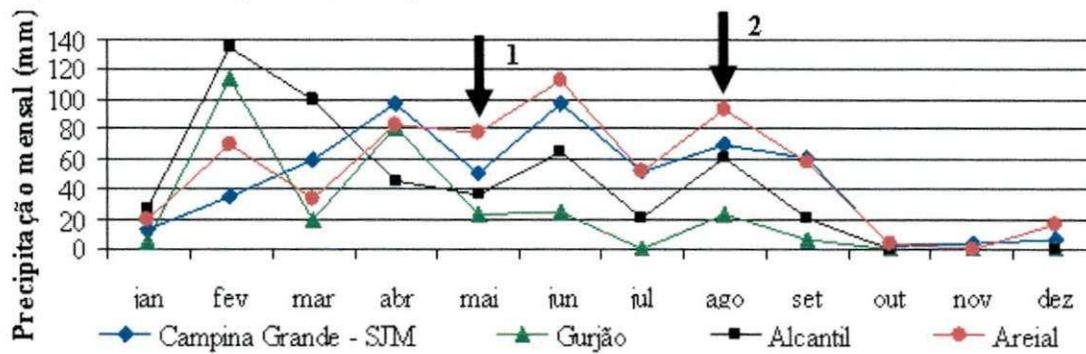
Para Alcantil, nos meses de maio e agosto de 2007, primeira e segunda etapas, se registraram 36,7 e 60,7 milímetros, respectivamente, e em julho de 2008, na terceira etapa, 58,5 milímetros (Figuras 14, 15 e 16), isto é, logo após o início do período chuvoso, segundo Beltrão et al. (2005), fazendo com que os sais presentes sejam diluídos e carreados.

Contrariando os dados de Gurjão, o município de Areial apresentou a maior precipitação, com 77,2 milímetros em maio de 2007, quantidade esta inferior aos 93,8 milímetros de agosto do mesmo ano e muito abaixo dos 114,9 milímetros de julho de 2008 (Figuras 14, 15 e 16), estando todos os meses de coleta dentro do período chuvoso, que se estende de janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo ir até outubro (BELTRÃO, 2005).

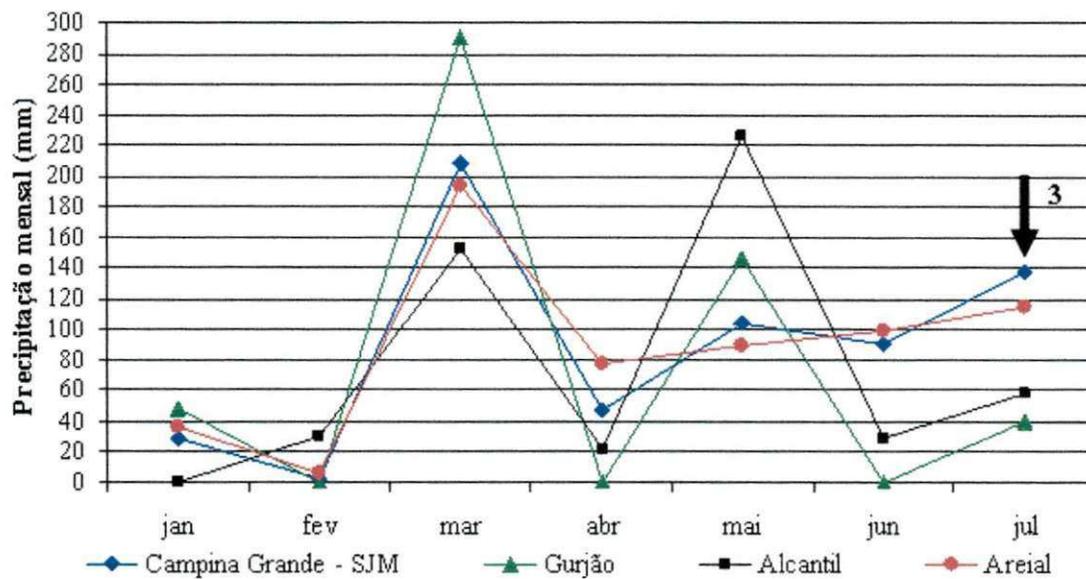
Nota-se grande variação de chuvas durante o período, sendo que se realizaram as coletas levando-se em conta os períodos seco e chuvoso, para cada município.



**Figura 14.** Distribuição da precipitação mensal em 2006, da estação mais próxima ao ponto coletado (AESAs, 2008)

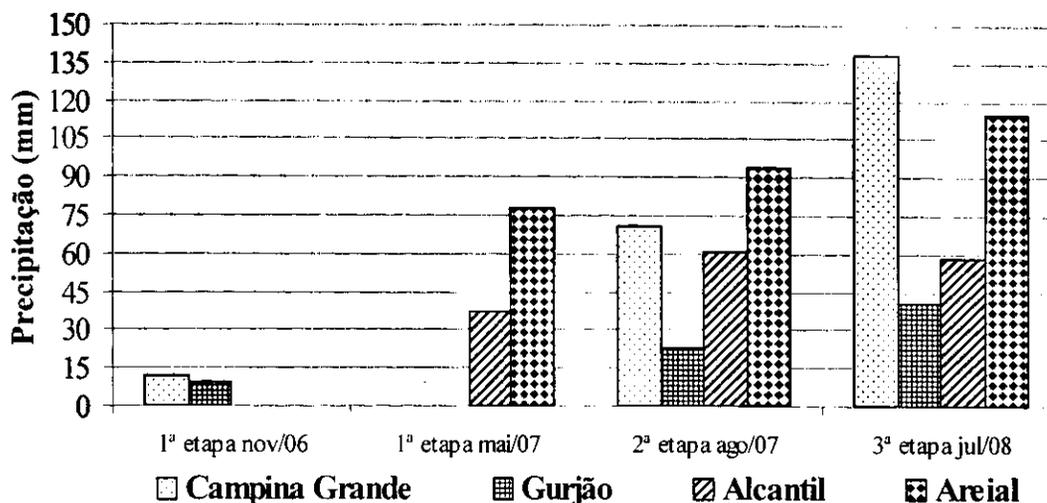


**Figura 15.** Distribuição da precipitação mensal em 2007, da estação mais próxima ao ponto coletado (AESAs, 2008)

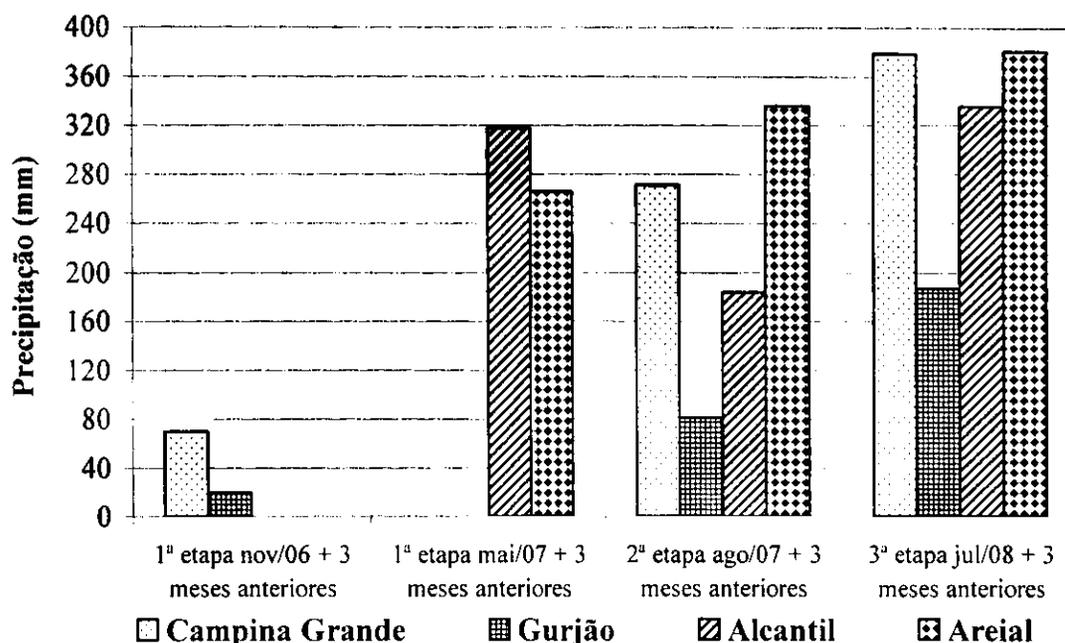


**Figura 16.** Distribuição da precipitação mensal em 2008, da estação mais próxima ao ponto coletado (AESAs, 2008)

A Figura 17 compara a precipitação entre os quatro municípios somente no mês da coleta, evidenciando precipitação elevada nas três etapas para o município de Areial e destaca a precipitação para a terceira etapa no município de Campina Grande; já a Figura 18 também relaciona a precipitação entre os quatro municípios visando ao mês da coleta somada com os três meses anteriores.



**Figura 17.** Precipitação do mês em que foi realizada a coleta de dados em campo. Campina Grande, 2008



**Figura 18.** Precipitação do mês em que foi realizada a coleta de dados em campo, somado aos dados dos três meses anteriores. Campina Grande, 2008

Comparando as Figuras 17 e 18, observa-se comportamento diferente apenas para município de Alcantil e na primeira etapa; esta diferença se deve ao fato da precipitação dos meses de fevereiro e março de 2007 ter ocorrido neste município.

Analisando a Figura 18, nota-se que em Gurjão se deu o maior aumento da precipitação, quando se relaciona a primeira com a terceira coleta, chegando a uma variação de 858,97%. Para Campina Grande o aumento também foi muito grande, com variação de 442,98%; já em Alcantil e Areial, o aumento da precipitação no período que antecedeu a coleta foi pequeno, com apenas 5,86% em Alcantil e 43,70% em Areial.

## 5.2. Caracterização dos pontos de solo

### 5.2.1. Dados geográficos

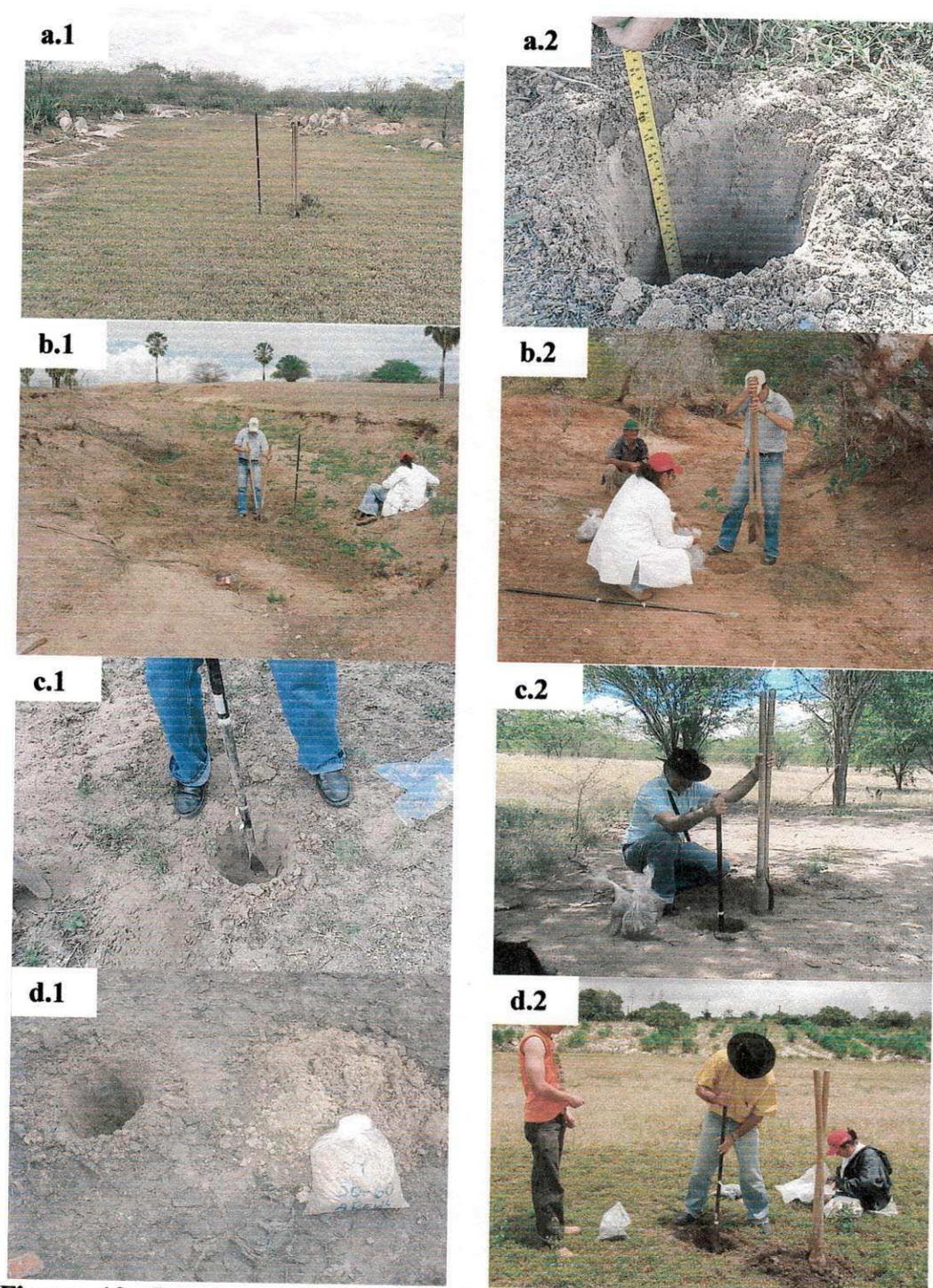
Na Tabela 7 se encontra a localização das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial.

**Tabela 7.** Altitude, latitude e longitude das amostras de solo coletados nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008

CIDADE	NÚMERO	ALTITUDE (m)	LATITUDE	LONGITUDE
Campina Grande	1	604	7° 9' 17,3"	36° 5' 56,3"
Campina Grande	2	588	7° 9' 25,2"	36° 6' 25,9"
Campina Grande	3	585	7° 9' 20,2"	36° 6' 31"
Campina Grande	4	584	7° 9' 12,9"	36° 6' 40,4"
Campina Grande	5	582	7° 9' 10,2"	36° 6' 44,9"
Gurjão	6	497	7° 14' 55,9"	36° 29' 28,6"
Gurjão	7	492	7° 15' 17,1"	36° 29' 43,1"
Gurjão	8	499	7° 15' 25,7"	36° 29' 47,6"
Gurjão	9	485	7° 15' 7"	36° 29' 13,5"
Gurjão	10	494	7° 15' 8,9"	36° 28' 59,9"
Alcantil	11	512	7° 44' 32,8"	36° 5' 58,6"
Alcantil	12	509	7° 44' 24,2"	36° 6' 2,9"
Alcantil	13	509	7° 44' 0"	36° 6' 0"
Alcantil	14	513	7° 44' 51,4"	36° 6' 8,2"
Alcantil	15	523	7° 44' 59,2"	36° 6' 14,3"
Areial	16	737	7° 4' 10,8"	35° 58' 0,4"
Areial	17	735	7° 4' 15,9"	35° 58' 2,4"
Areial	18	741	7° 4' 21,8"	35° 58' 9,4"
Areial	19	735	7° 4' 8,6"	35° 58' 11,8"
Areial	20	730	7° 4' 24,6"	35° 57' 53"

Nos pontos de solo coletados no município de Campina Grande, foram efetuadas amostras nas três profundidades (0-30cm, 30-60cm e 60-90cm)

evidenciando solos bem formados e estruturados. Na Figura 19a visualizam-se detalhes da coleta de solo no leito do córrego seco (1) e a profundidade (2).



**Figura 19.** Fotos mostrando os detalhes do ponto de coleta de solo, nos municípios de Campina Grande (a), Alcantil (b), Gurjão (c) e Areial (d), nas profundidades de 0-30 cm, 30-60 cm e 60-90 cm. Campina Grande, 2008

Nos municípios de Gurjão e Alcantil se coletaram, em todos os pontos amostrados, amostras nas três profundidades, sendo que alguns desses pontos podem ser visualizados através da Figura 19b e 19c.

No município de Areial o ponto 16 obteve amostras apenas nas profundidades de 0-30 e 30-60cm, encontrando-se rocha em seguida (Figura 19d).

### 5.2.2. Classificação

Segundo o ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DA PARAÍBA (1978), o solo da região em que se encontra o município de Campina Grande, com denominação SS8, é uma associação de: SOLONETZ SOLODIZADO Ta, com A fraco, textura média, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano e suave ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTOS DE ROCHA. Pela nova classificação adotada (EMBRAPA, 2007), esses solos são chamados atualmente, de PLANOSSOLO HÁPLICO SÁLICO e NEOSSOLOS LITÓLICOS, respectivamente.

Conforme Beltrão et al. (2005), para o município de Campina Grande ocorrem nas superfícies suave onduladas a onduladas, os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média, e ainda os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média; nos Vales dos rios e riachos, se encontram os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais; ocorrem ainda afloramentos de rochas.

De acordo com o ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DA PARAÍBA (1978), o solo encontrado na região do município de Gurjão, com denominação Re64, é uma associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse e granito + REGOSSOL EUTRÓFICO, com fragipan, com A fraco, textura arenosa. fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA, e os solos com denominação Ae6

associação de: SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS Ta, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano + SOLONETZ SOLODIZADO Ta, com A fraco, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila e relevo plano. Pela nova classificação adotada (EMBRAPA, 2007), referidos solos são, atualmente, chamados de NEOSSOLOS LITÓLICOS e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS, respectivamente.

Conforme Beltrão et al. (2005), para o município de Gurjão, os solos são idênticos aos de Campina Grande e, onde nas superfícies suave onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e, ainda, os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas Elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média; nos Vales dos rios e riachos, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais; ocorrem ainda afloramentos de rochas.

Conforme ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DA PARAÍBA (1978), da região em que se encontra o município de Alcantil, com denominação PE8, é um PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb, abruptico, plíntico, com A fraco, textura argilosa, fase caatinga hipoxerófila e relevo suave ondulado e ondulado, e o solo com denominação NC25, é uma associação de: BRUNO NÃO CÁLCICO vértico, com A fraco, textura argilosa, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado e ondulado, substrato gnaisse e granito. Pela nova classificação adotada (EMBRAPA, 2007), esses solos são, atualmente, chamados de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO e NEOSSOLOS LITÓLICOS, respectivamente.

Conforme Beltrão et al. (2005), no município de Alcantil, nos topos de relevos arredondados e vertentes íngremes, ocorrem os solos do tipo Litólicos, rasos, pedregosos e fertilidade natural média; nas baixas vertentes os solos são Bruno não Cálcicos, textura argilosa e fertilidade natural alta e, nos topos planos, ocorrem os Latossolos, profundos, bem drenados, ácidos e de fertilidade natural baixa.

O ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DA PARAÍBA (1978) menciona que o solo da região onde se encontra o município de Areal, com denominação REd2, é um REGOSSOL ÁLICO, com A fraco, textura arenosa, fase

floresta caducifolia, relevo suave ondulado e o solo Re28 é uma associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo ondulado, substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTOS DE ROCHA. Pela nova classificação adotada (EMBRAPA, 2007), ditos solos são chamados de NEOSSOLOS LITÓLICOS.

Segundo Beltrão et al. (2005), para o município de Areial os solos encontrados são idênticos aos de Campina Grande e Gurjão; sendo que, nas superfícies suave onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e, ainda, os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média; nos Vales dos rios e riachos, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais; ocorrem ainda afloramentos de rochas.

### **5.3. Análise química da água**

#### **5.3.1. Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH é uma característica importante a ser controlada em um manancial, visto que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático, e na toxicidade de alguns compostos nele presentes. Existe um padrão de comportamento nas concentrações de sais presentes em águas, o que determina maiores ou menores teores de íons nas águas. Normalmente, as águas naturais são levemente alcalinas devido à presença de bicarbonatos e carbonatos de metais alcalinos e alcalinos terrosos (SPERLING, 1996).

Conforme a Figura 19, o valor do pH das águas amostradas teve grande variação entre as coletas para as amostras de Campina Grande e Gurjão e variação bem menor para as amostras de Alcantil e Areial.

Tem-se, analisando o pH das águas para consumo humano, que apenas a segunda amostra coletada na cidade de Gurjão está inapta. Classificando a água para uso em irrigação, segundo Ayers & Westcot (1999), conclui-se que apenas 50% das amostras têm valores entre 6,5 e 8,4 e podem ser utilizadas nos meses de coleta.

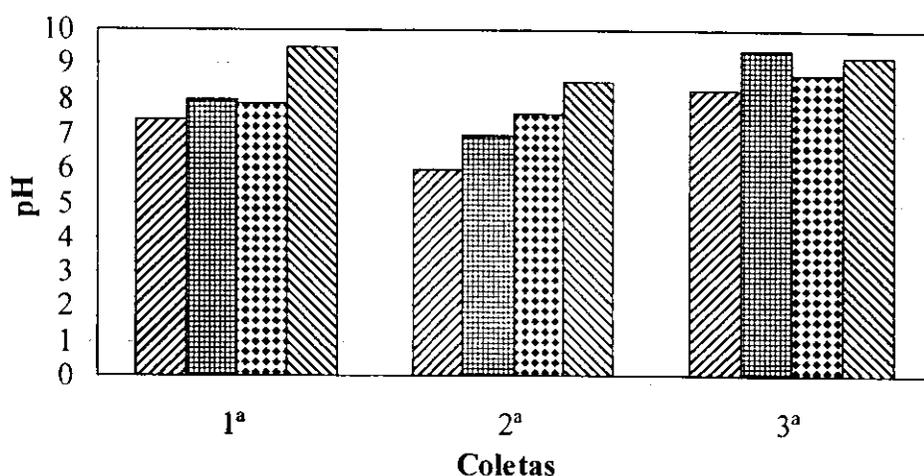


Figura 20. pH do ponto amostrado nas três coletas nos municípios de Campina Grande, Gurjão Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008

Nota-se que a quantidade de chuvas não influencia para diminuir ou elevar o pH da água. Este fato é confirmado através da Figura 12, na qual se conclui que o município de Campina Grande aumentou a quantidade precipitada da primeira para a segunda e terceira etapas, no entanto, o valor do pH diminuiu da primeira para a segunda e aumentou consideravelmente para a terceira etapa. Levando-se em consideração o mês de coleta mais os 3 meses anteriores (Figura 13), vê-se que o mesmo comportamento é observado, ou seja, a precipitação não tem influência direta sobre o valor do pH.

Os resultados encontrados corroboram com Oliveira e Maia (1998) que ao realizarem estudos com água no Rio Grande do Norte, encontraram pH neutro a alcalino, embora com águas de baixa salinidade.

Os valores de pH da água são influenciados pelas reações físicas, químicas e biológicas que ocorrem na massa da água, e o equilíbrio do pH próximo ao neutro é importante do ponto de vista ecológico visto que, nesta variável, os organismos são sensíveis a grandes amplitudes (Branco, 1993).

### 5.3.2. Condutividade elétrica (CE)

Um dos fatores que influenciam a condutividade elétrica nos corpos de água é a formação geológica da área em questão. Altos índices de condutividade elétrica são

ocasionados por meio de fontes não pontuais, como efluentes de áreas residenciais/urbanas, águas de drenagem de sistemas de irrigação e escoamento superficial de áreas agrícolas, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, nas quais a evapotranspiração excessiva causa o acúmulo de sais (EMBRAPA, 1998).

Leprun (1983), trabalhando com águas superficiais e sub-superficiais da região semi-árida cristalina, afirma que sua qualidade (composição química e nível de concentração dos sais) se relaciona especificamente com o tipo de rocha e de solo com os quais elas têm contato. As águas dos lençóis são mais concentradas em sais que as de superfície e essas concentrações variam de acordo com as características dos principais tipos de solo. Para esse mesmo autor, em estudos sobre a influência da bacia hidrográfica na composição das águas de vários riachos, encontrou crescimento positivo dos níveis de salinidade, nas seguintes sequências: Areia Quartzosa, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, Vertissolo, Solo Litólicoeutrófico, Solonetz Solodizado e Planossolo Solodizado.

Molinier et al. (1989), trabalhando em parcelas de solo Bruno não Cálcico na região de Sumé, nos Cariris Velhos da Paraíba, observaram que a água da chuva, após escoamento superficial, tem sua concentração salina aumentada em até quatro vezes; no mesmo solo, após infiltração e coleta a nível dos drenos, esta concentração pode aumentar mais de cinquenta vezes.

Corroborando com os dados de pH, a condutividade elétrica sofreu grande variação para amostras de Campina Grande e Gurjão, média variação para as amostras de Alcantil e pequena variação para as amostras de Areial.

Considerando a classificação para o consumo humano (Tabela 1), apenas a terceira amostra coletada em Gurjão está apta. Classificando para consumo animal (Tabela 2), as terceiras amostras do município de Campina Grande se encontram satisfatórias para o gado e não para as aves; já a de Gurjão é excelente para uso animal. Todas as amostras restantes estão inaptas para uso animal sendo que, para os municípios de Alcantil e Areial, o ponto amostrado está inapto em qualquer período do ano pois, como se verifica na Figura 21, mesmo com elevada precipitação a condutividade elétrica da água continua elevada.

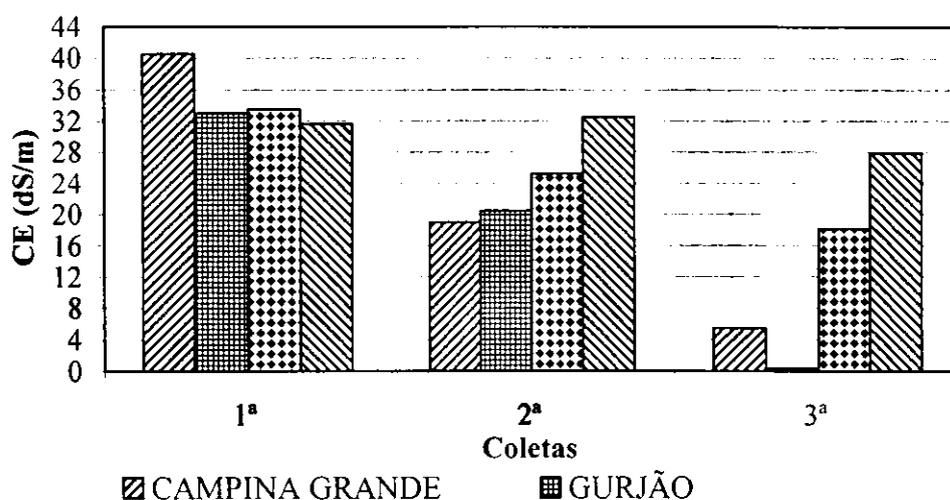
Segundo a classificação de Richard (1954) para irrigação apenas a terceira amostra no município de Gurjão tem classificação C2 e as demais têm classificação C4. Seguindo critérios de classificação da UCCC, repete-se que apenas a terceira

amostra do município de Gurjão não tem restrição de uso e as demais têm severas restrições. Corroborando com os dados analisados, Oliveira e Maia (1998) constataram que a grande maioria das águas do Rio Grande do Norte é formada de C3 e C4.

Analisando as amostras quanto à classificação para infiltração, levando-se em consideração a condutividade elétrica e a RAS, a primeira amostra de Campina Grande e as três de Areial apresentam severas restrições de uso. A terceira amostra de Gurjão mostra restrições baixas e/ou moderadas e as outras não apresentam restrições de uso.

Levando em consideração a afirmativa de que os sais diluem com a precipitação, os valores das amostras dos municípios de Campina Grande e Gurjão estão coerentes, haja vista que a quantidade precipitada no mês, das segunda e terceira etapas, foi maior em relação à primeira etapa. Com o aumento dessa precipitação a condutividade elétrica diminuiu abruptamente, chegando a 0,3 dS.m na terceira coleta, em Gurjão.

Para o município de Alcantil, no mês da terceira coleta choveu menos em relação à segunda; no entanto, levando-se em conta o somatório da precipitação com os três meses anteriores (Figura 13), notou-se aumento na precipitação contribuindo, assim, para diluição dos sais e diminuição da condutividade elétrica.



**Figura 21.** Condutividade elétrica do ponto amostrado nas três coletas nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008

O ponto amostrado no município de Areial é a exceção pois nem com elevada precipitação a condutividade elétrica diminui; esse fato é explicado pela interrupção da drenagem natural pela construção de uma rodovia, fazendo com que

não haja escoamento superficial, carreamento dos sais nem diminuição da condutividade elétrica.

Oliveira e Maia (1998) realizaram estudos com águas de irrigação, no Rio Grande do Norte, e encontraram que a maior incidência de água com problemas de salinidade (elevada CE) e sódio ocorreu naquela região, proveniente de poços tubulares, que captam água de calcário ou aquíferos abastecidos diretamente pelo lençol freático, diferenciando-se dos resultados obtidos neste trabalho.

### 5.3.3. Cátions ( $\text{Ca}^{++}$ , $\text{Mg}^{++}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ ) e Ânions ( $\text{Cl}^-$ , $\text{CO}_3$ , $\text{HCO}_3^-$ e $\text{SO}_4^-$ )

Segundo Yaron (1973) a composição de determinada água está de acordo com o tipo de rocha e do solo sobre o qual ela flui e da composição iônica da rocha matriz onde ela é armazenada.

Em todos os municípios, os elementos cálcio e magnésio (Figura 22a e 22b), sódio em Campina Grande, Alcantil e Areial, e potássio em Campina Grande, Alcantil e Gurjão, tiveram menores concentrações nas segunda e terceira coletas, afirmando-se com isto, que a precipitação antes das segunda e terceira coletas teve grande contribuição para diminuir o teor dos elementos presentes na água, influenciando na qualidade da água armazenada nos diversos tipos de reservatório superficial.

Em vista dos valores normais da água de irrigação para os elementos cálcio e potássio, 41,7% das amostras estão aptas, quantidade esta muito acima dos elementos magnésio e sódio, em que apenas 16,7% das amostras estão aptos.

De acordo com a Figura 22, o íon sódio ( $\text{Na}^+$ ) predomina entre os cátions presentes nas águas. Este elemento teve valor expressivo nas duas primeiras coletas comparado aos outros elementos, fazendo com que essas águas tenham severas restrições de uso para irrigação superficial e por aspersão; apenas a terceira amostra do município de Gurjão não tem restrição de uso para consumo humano, na irrigação superficial e por aspersão, e a terceira amostra do município de Campina Grande não tem restrição de uso na irrigação por aspersão.

Confere-se, na Figura 22c, que o elemento sódio no município de Gurjão teve variação; no entanto, não diminuiu da primeira para a segunda coleta, mesmo com aumento da precipitação, porém diminuiu abruptamente para a terceira coleta. O

mesmo comportamento está evidenciado com relação ao potássio, no município de Areial (Figura 22d).

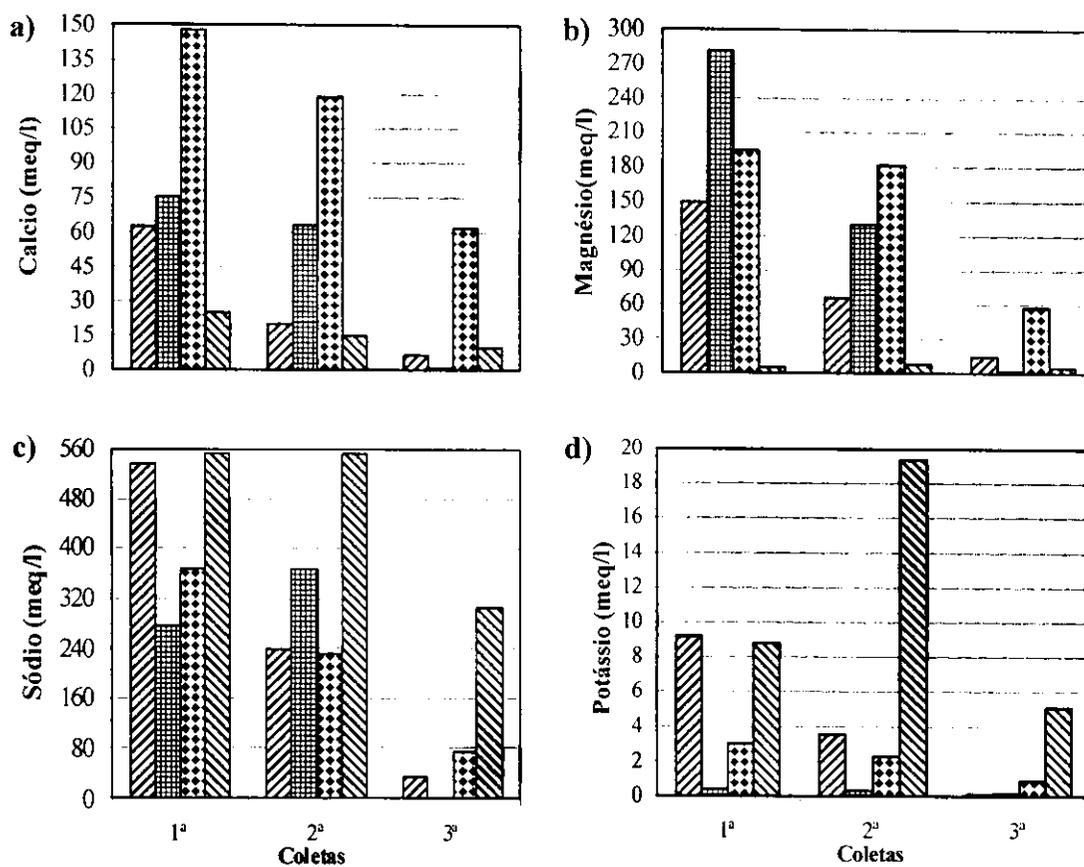


Figura 22. Valores dos cátions nas amostras de água dos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB. Campina Grande, 2008

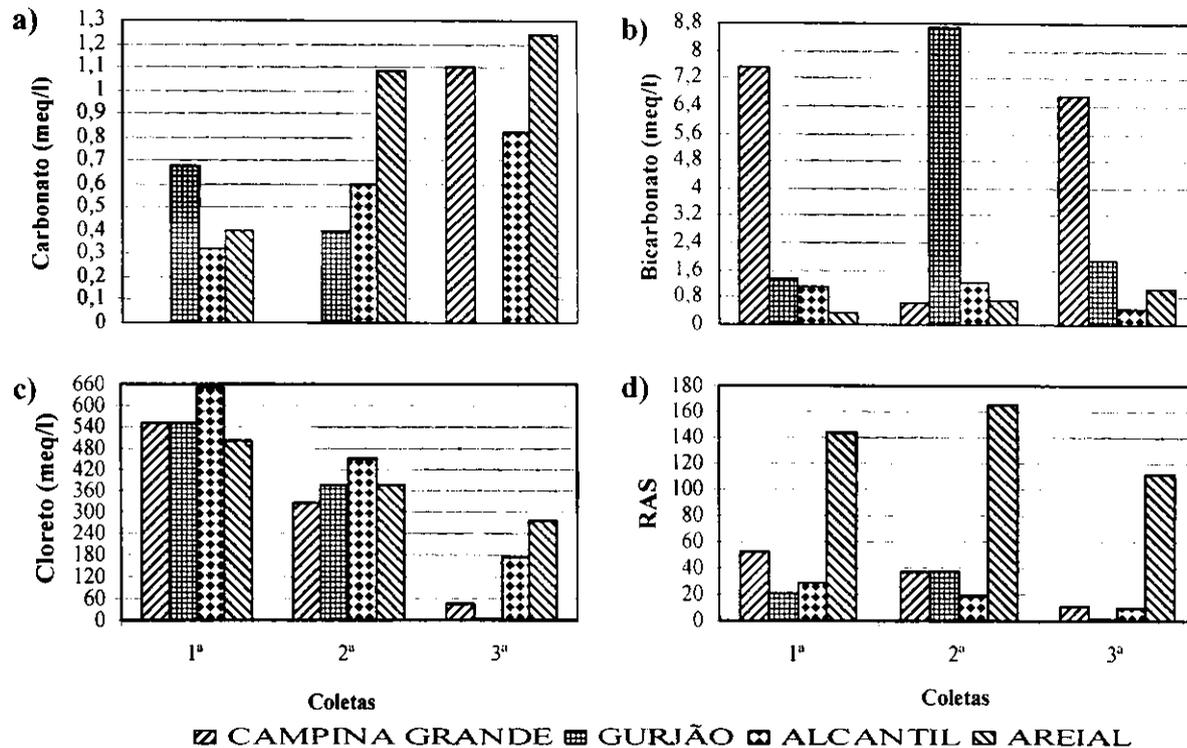
Com relação aos ânions, o íon cloreto (Figura 23c) é dominante e tem valores expressivos nas amostras de água de todos os municípios para as primeira e segunda coletas, diminuindo abruptamente na terceira coleta.

Levando em consideração a classificação para consumo humano, tem-se que apenas na época da terceira coleta a amostra de Gurjão está apta para o cloreto.

Classificando o cloreto para irrigação superficial, observa-se que apenas 16,7% das amostras não têm restrição, 25% têm baixa restrição e/ou moderada e 58,3% têm severa restrição de uso. Usando a mesma classificação para irrigação por aspersão, tem-se que 16,7% das amostras não têm restrição e 83,3% têm restrição baixa e/ou moderada.

Considerando a classificação que menciona os valores normais da água de irrigação, o elemento carbonato tem apenas 25% das amostras aptas enquanto o bicarbonato tem 100% das amostras aptas. Diferenciando-se da classificação anterior,

o elemento bicarbonato não apresenta restrição de uso em 66,7% das amostras, restrições baixas e/ou moderadas em 25% e apenas 8,3% com severas restrições quando classificado para irrigação. Morais et al., (1998), analisando a salinidade de 1.077 amostras de água da região Semi-Árida do Estado do Rio Grande do Norte, observaram que 56,22% das mesmas estavam fora dos padrões normais para uso em agricultura irrigada devido à concentração de carbonatos.



**Figura 23.** Valores dos ânions nas amostras de água dos municípios de Campina Grande, Alcantil, Gurjão e Areial, PB. Campina Grande, 2008

Conforme a Figura 23d, a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) não tem comportamento semelhante para todos os municípios; observa-se também que a RAS não decresce com a precipitação, uma vez que é calculada em função dos valores dos elementos sódio, cálcio e magnésio.

Em uma sequência decrescente e se considerando os teores médios dos cátions, tem-se  $Na > Mg > Ca > K$  nos três períodos de coleta e  $Cl^- > HCO_3^-$  e  $CO_3^-$  para os ânions. A mesma relação sequencial foi encontrada por Mendes (2007) para a composição aniônica de águas para o município do Congo, PB.

#### 5.3.4. Interpretação da qualidade da água através de Stiff

A variação de cátions e ânions nos pontos amostrados é muito grande, conforme as Figuras 24 e 25, ressaltando características pluviométricas contrastantes entre as três amostragens.

Para os municípios de Campina Grande e Gurjão, novembro está inserido na primeira metade da estação seca ao passo que agosto é o mês imediatamente posterior ao mês com pico de pluviometria máxima. Os períodos de coleta nos municípios de Alcantil e Areial estão em período chuvoso; no entanto, a grande variação é com relação ao inverno seco em 2007 e chuvoso em 2008.

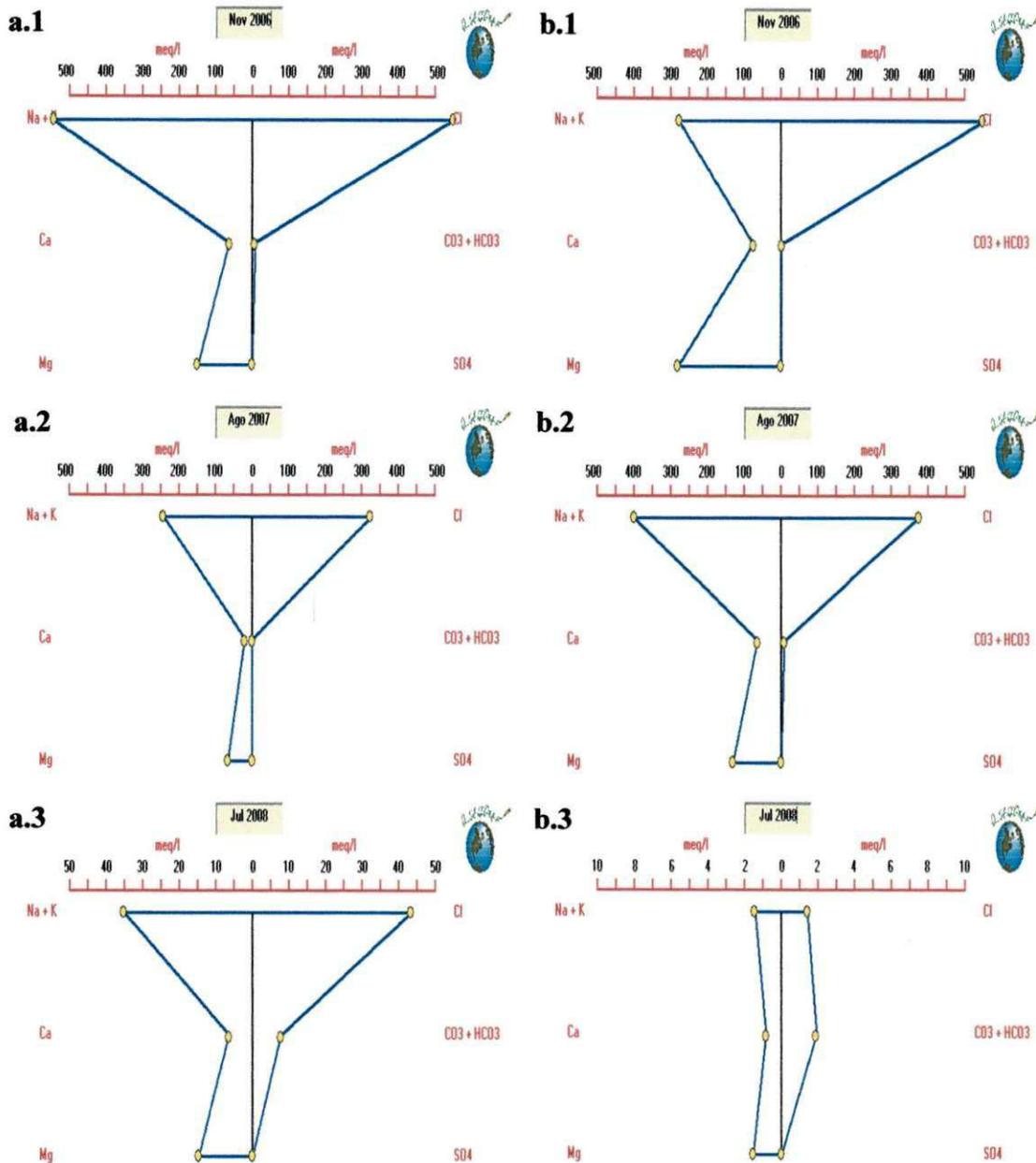
Visualizando a Figura 24a, nota-se que os elementos presentes nas águas do município de Campina Grande são diluídos com grande facilidade, mas esta água fica parada, não carreando totalmente os sais que se concentram quando a água diminui.

Percebe-se através da Figura 24b, que o sódio e o potássio são dissolvidos e carregados com maior facilidade que cálcio e magnésio; denota-se ainda, que certa quantidade de elementos fica presente na água apesar da quantidade de chuva precipitada.

Conforme as Figuras 24 e 25, os elementos encontrados nessas águas são facilmente diluídos porém no município de Gurjão eles são carregados com as chuvas, permanecendo a água com boa qualidade por um período, podendo ser utilizada para vários fins, tanto agrícolas como para dessedentação de animais.

Observa-se que, embora a proporção visual das Figuras 24 e 25 se tenha mantido a mesma, isto é, mesma feição dos diagramas, evidenciando homogeneidade composicional das águas, a concentração dos íons variou sendo influenciada pelas condições pluviométricas distintas entre as três etapas de coleta e entre os municípios. Referidos resultados corroboram com Melo Junior et al. (2003), que realizam trabalho em um trecho do Rio Açu – RN. Os resultados em questão contrariam Lopes (2005) que, em trabalho realizado no município de Iguaraci, PE, cita predomínio dos íons bicarbonato e cálcio sobre os demais.

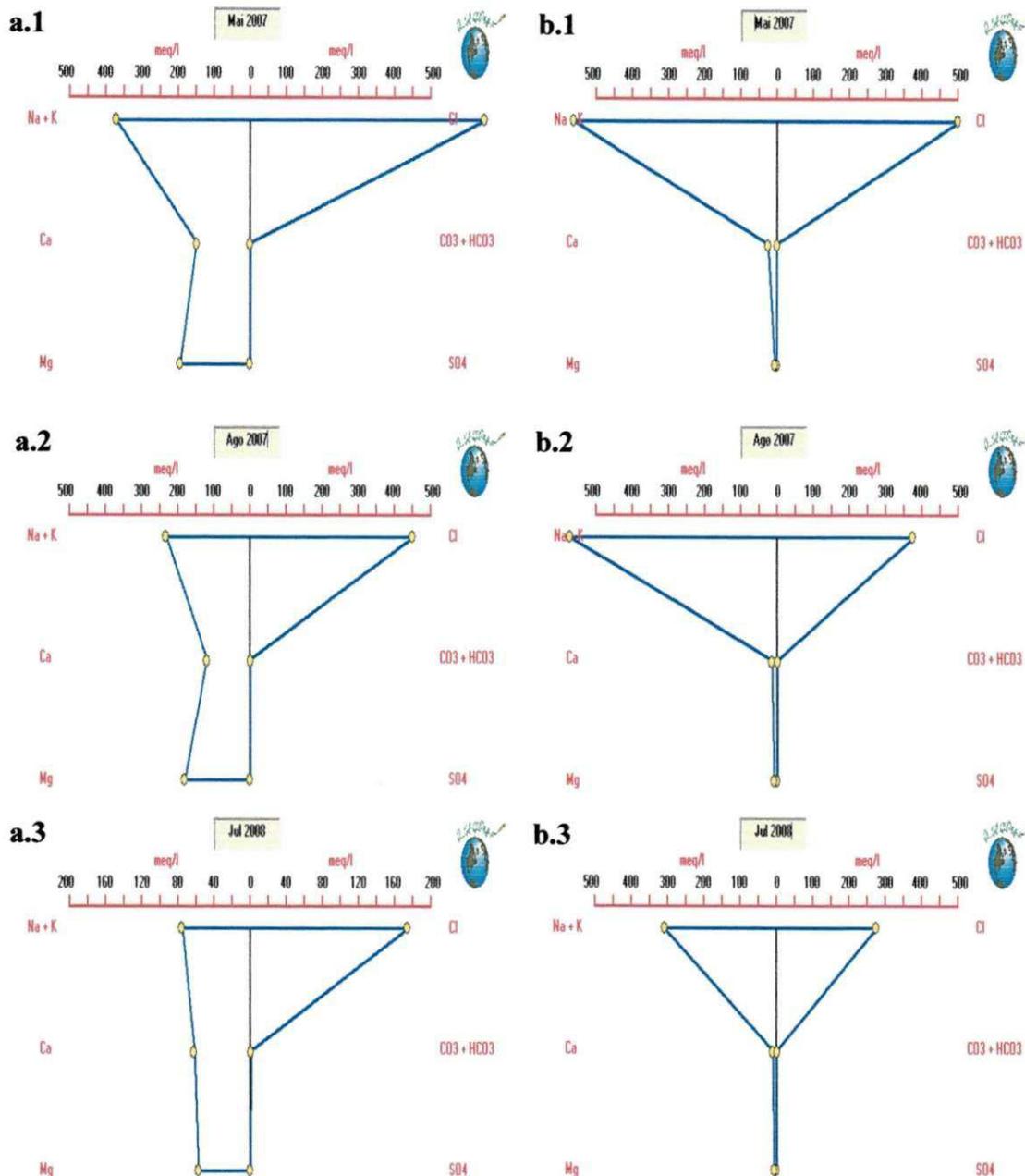
Visualizam-se, através da Figura 24, que a precipitação não tem influência determinante, pois, apesar de ter ocorrido elevada precipitação nos meses que antecederam a coleta, a variação dos elementos não foi grande.



**Figura 24.** Variação entre os íons nas águas amostradas nos municípios de Campina Grande(a) e Gurjão(b) nas primeira (1), segunda (2) e terceira (3) etapas. Campina Grande, 2008

Para o município de Areial, apesar dos elementos serem facilmente diluídos, não são carreados e, em assim sendo, com a diminuição da água após as precipitações os sais se concentram novamente.

Para melhor visualização dos dados constantes nas Figuras 24 e 25 infere-se, na Tabela 8, sobre a porcentagem em que os elementos diminuíram ou aumentaram de uma etapa para outra.



**Figura 25.** Variação entre os íons nas águas amostradas nos municípios de Alcantil(a) e Areal(b), nas primeira (1), segunda (2) e terceira (3) etapas. Campina Grande, 2008

Conforme a Tabela 8, nos municípios de Campina Grande e Gurjão deu-se redução de aproximadamente 90% em quase todos os elementos da primeira para a terceira coleta, com exceção para o bicarbonato; tal redução está associada principalmente à precipitação, em que a proporção de aumento foi superior a 400% em Campina Grande e 800% em Gurjão.

Para as amostras dos municípios de Alcantil e Areal a redução oscilou sendo que, para alguns elementos houve acréscimo, quando se compara a primeira com as

segunda e terceira coletas; esta oscilação nas porcentagens pode estar associada a fatores não abordados neste trabalho, não sendo possível precisar sobre os mesmos.

**Tabela 8.** Diminuição dos elementos em porcentagem (%), de uma etapa para outra. Campina Grande, 2008

Município	Etapa	CE	Ca	Mg	Na	K	CO	HCO	Cl
Campina Grande	1 para 2	-53,33	-68,40	-55,66	-55,18	-61,74	0,00	-91,77	-40,96
Campina Grande	2 para 3	-71,24	-67,85	-77,72	-85,39	-96,88	0,00	977,42	-86,61
Campina Grande	1 para 3	-86,58	-89,84	-90,12	-93,45	-98,80	0,00	-11,29	-92,10
Gurjão	1 para 2	-38,18	-15,91	-53,61	33,34	-20,00	-41,18	539,71	-31,83
Gurjão	2 para 3	-98,44	-98,67	-98,83	-99,65	-50,00	-100,00	-78,16	-99,62
Gurjão	1 para 3	-99,03	-98,88	-99,46	-99,54	-60,00	-100,00	39,71	-99,74
Alcantil	1 para 2	-24,78	-19,52	-6,42	-37,50	-23,41	87,50	8,77	-30,78
Alcantil	2 para 3	-28,10	-47,90	-68,29	-67,61	-61,57	36,67	-62,90	-61,29
Alcantil	1 para 3	-45,91	-58,07	-70,32	-79,75	-70,57	156,25	-59,65	-73,21
Areial	1 para 2	2,85	-40,30	55,08	0,00	120,00	170,00	108,82	-25,01
Areial	2 para 3	-14,22	-33,92	-34,47	-45,00	-73,66	14,81	49,30	-26,68
Areial	1 para 3	-11,77	-60,55	1,63	-45,00	-42,05	210,00	211,76	-45,02

### 5.3.5. Análise de Piper

As amostras se enquadraram em 3 classes em que, 8,3% são águas bicarbonatadas calcicas ou magnesianas; 25,0% sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas e 66,7% sulfatadas ou cloretadas sódicas (Tabela 9). Esses dados corroboram com Veríssimo e Feitosa (2002), que relatam predominância de águas cloretadas sódicas em águas sub-superficiais na região de Irauçuba, CE. Em trabalho realizado por Melo Junior et al. (2003) em um trecho do Rio Açu no Rio Grande do Norte, os autores encontraram sais de  $\text{Na}^{++}$  e  $\text{HCO}^-$  em todos os pontos analisados.

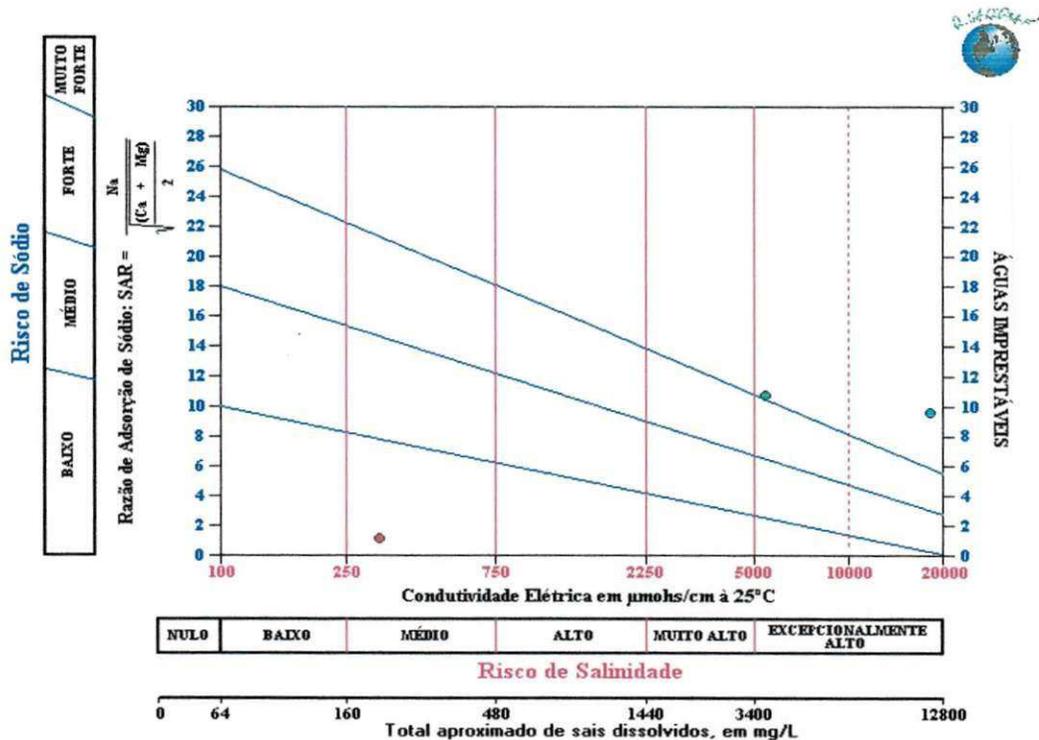
A maioria dos resultados das águas analisadas compactua com Silva Junior et al. (1999) que estudaram a composição química das águas do nordeste e relatam que os resultados mostraram que, de modo geral, as águas do cristalino do Nordeste brasileiro são cloretadas sódicas com alguma variação, de acordo com a litologia do local de origem.

Leprun (1983) destaca que águas oriundas de regiões sedimentares, de baixa salinidade, são principalmente bicarbonatadas, sulfatadas ou mistas, enquanto nas fissuras das rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, com tendência a águas mais salinas, há predominância unicamente de águas cloretadas de sódio ou magnésio.



utilizada em qualquer tipo de solo, não sendo indicada para uso na irrigação (U.S.D.A., 1954).

Em trabalho realizado por Almeida (2006), no semi-árido pernambucano, os dados para salinidade se assemelham; entretanto, tem médio risco de alcalinização; conforme este autor, para a região estudada a toxicidade está na alta concentração de bicarbonatos na reação com cálcio e magnésio de solo. Veríssimo e Feitosa (2002), trabalhando com águas sub-superficiais no Ceará, relatam classificações parecidas quanto à salinidade e sodicidade.



**Figura 27.** Diagrama da USDA para as amostra de águas coletadas. Campina Grande 2008

Apenas a terceira amostra de Gurjão apresenta médio perigo de salinização (C2) com baixo risco de alcalinização (S1). Durante o período de chuvas as águas deste ponto podem ser utilizadas em solos com textura média e/ou grossa ou em solos orgânicos com boa permeabilidade.

## 5.4. Análise física da água

### 5.4.1. Sólidos totais e sólidos suspensos

O resultado dos sólidos totais é a soma dos sólidos voláteis e fixos; os sólidos voláteis são a concentração de material orgânico presente na água enquanto os fixos são os materiais inorgânicos, geralmente constituintes do solo, que podem acarretar problemas aos equipamentos de irrigação (FRAVET, 2007). Naime e Fagundes (2005) relatam que os sólidos diluem com a precipitação, não sendo possível detectar tal fato neste trabalho, pois se realizaram análises apenas das amostras coletadas na segunda etapa.

O valor máximo permitido de sólidos na água para consumo humano é 1000 mg/L (Tabela 1) e, para irrigação sem restrição, é de 450 mg/L (Tabela 3), assim, 100% das análises realizadas estão fora dos padrões estabelecidos.

Conforme resultados do Laboratório de Análises Químicas, Físicas e Microbiológicas do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB (Tabela 10), percebe-se grande quantidade de sólidos dissolvidos, com valor considerável nos dissolvidos fixos dos municípios de Alcantil e Areial.

**Tabela 10.** Sólidos Totais presentes nas águas amostradas na segunda coleta nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial. Campina Grande, 2008

Município	Sólidos Dissolvidos (mg/l)			Sólidos Suspensos (mg/l)		
	Total	Fixos	Voláteis	Total	Fixos	Voláteis
Campina Grande	24240	18570	5670	220	140	80
Gurjão	35090	23900	11190	910	740	170
Alcantil	45390	32770	12620	310	170	140
Areial	36320	34420	1900	170	160	10

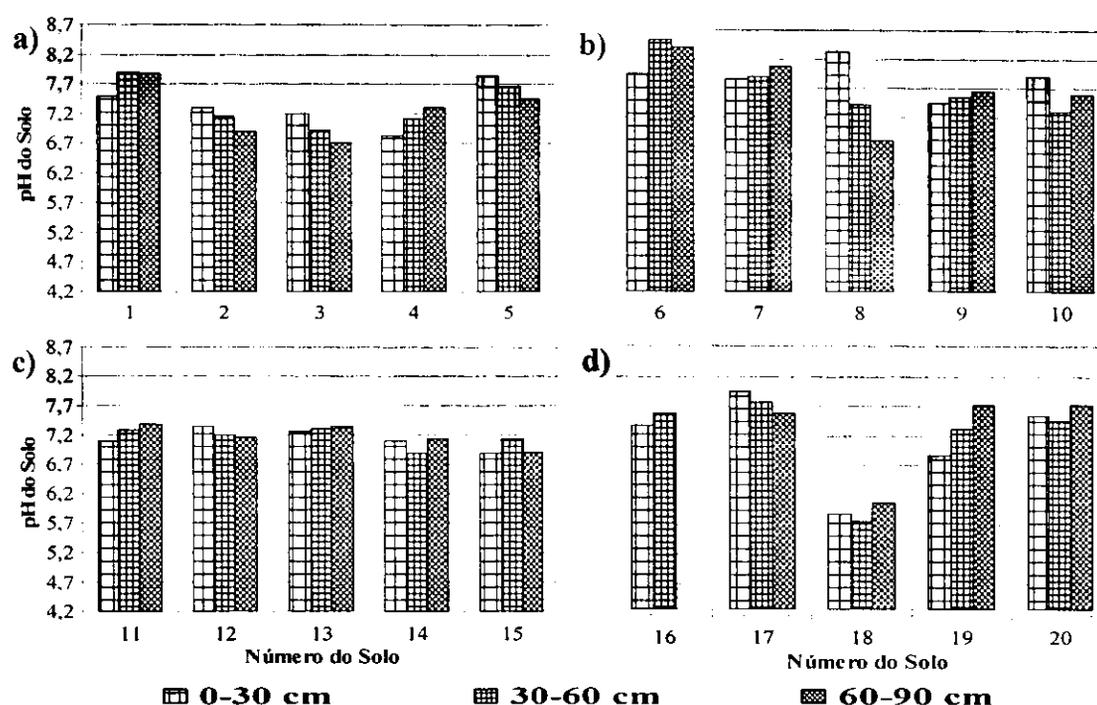
As águas carregam, naturalmente, uma série de materiais em suspensão (minerais e orgânicos) procedentes de fontes diversas, como erosão do solo, curtumes, esgotos urbanos, etc (NAIME e FAGUNDES, 2005). O que é interessante destacar que a quantidade de sólidos em suspensão foi maior na amostra coletada no município de Gurjão, que fica no leito do Riacho das Cobras, por onde corre grande quantidade de água.

## 5.5. Análise química do solo

### 5.5.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

Segundo análise e como se denota na Figura 28, a variação do pH foi pequena apenas nos pontos amostrados no município de Alcantil (28c); nos outros municípios, a variação foi grande entre as coletas não se caracterizando porém, tendência de baixar ou elevar com o volume de chuvas precipitado, mas tampouco se caracterizou tendência de pH maior ou menor, em função da profundidade.

Analisando conjuntamente todos os solos, observa-se que o coeficiente de variação foi pequeno para as três profundidades, com valores de 11,39, 11,80 e 7,97% para 0-30 cm, 30-60 cm e 60-90 cm, respectivamente. A variação de pH encontrada compactua com dados encontrados por Silva (2001) e Chaves et al. (2007), em trabalhos realizados nas áreas dos perímetros irrigados de Sumé, PB, e Petrolina, PE, respectivamente.

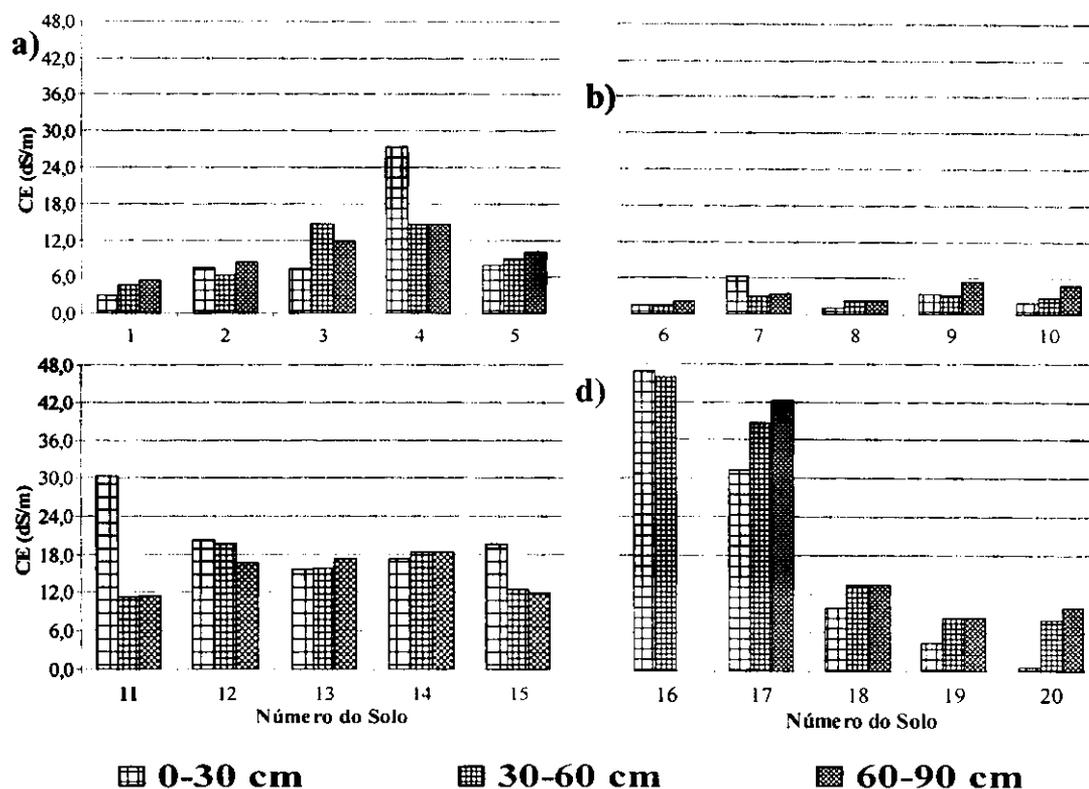


**Figura 28.** pH das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008

Na sua grande maioria, os solos são neutros e/ou alcalinos, diferenciando-se abruptamente o solo 18, com pH ácido. Os resultados observados distorcem em alguns solos com Costa et al. (2004) que, estudando solos da Bacia do Rio Cabugí, no Rio Grande do Norte, encontraram pH variando de 7,39 a 7,45.

### 5.5.2. Condutividade elétrica (CE)

Conforme a Figura 28a, o menor e o maior valor da condutividade elétrica estão na profundidade 0-30 cm do solo 1 e 4, respectivamente, com coeficiente de variação entre as amostras e as profundidades de 59,23%. Consta-se, que a quantidade de sais teve influência marcante no solo 4, principalmente o íon sódio, pois elevou a condutividade elétrica na camada de 0-30 cm, devido à alta concentração deste elemento no açude, pois é facilmente dissolvido e carregado com a chuva; no entanto, quando a água evapora, este se concentra e se cristaliza.



**Figura 29.** Condutividade elétrica das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008

Com base na Figura 29a, nota-se que os valores de condutividade elétrica aumentam nas três profundidades do solo 1 para o solo 4 e deste diminui para o solo 5, evidenciando que grande quantidade de sais é carregada com a água através deste córrego, sendo que a maioria desses sais fica retida no açude, aumentando a condutividade elétrica da água e do solo, retenção que se deve, sobretudo, ao barramento do leito original com a construção da rodovia.

Conforme a Figura 29b, o menor e o maior valor de condutividade elétrica foram de  $1,10 \text{ dS/m}^{-1}$  e  $6,26 \text{ dS/m}^{-1}$  nas profundidades de 30-60 e 0-30 cm dos solos 8

e 7, respectivamente. O coeficiente de variação entre as amostras e as profundidades apresentou valor de 50,60%.

Visualiza-se na Figura 29c, que o maior e o menor valor de condutividade elétrica encontrados foram de 30,35 e 11,16  $\text{dS/m}^{-1}$  nas profundidades 0-30 e 30-60 cm do solo 11, respectivamente, com coeficiente de variação entre as amostras e as profundidades de 28,13%.

Com base na Figura 29d, o menor e o maior valor da condutividade elétrica foram na profundidade 0-30 cm dos solos 16 e 20, respectivamente, com coeficiente de variação entre as amostras e profundidades de 83,97%.

Constata-se que a quantidade de sais nos pontos 16 e 17 é bem superior aos demais, fato explicado em virtude dos mesmos serem encontrados em lugares de depósito de água da microbacia, concentrando os sais que, facilmente, são dissolvidos e carregados com a chuva; no entanto, quando a água evapora, eles se cristalizam.

### **5.5.3. Quanto à salinidade e sodicidade do solo**

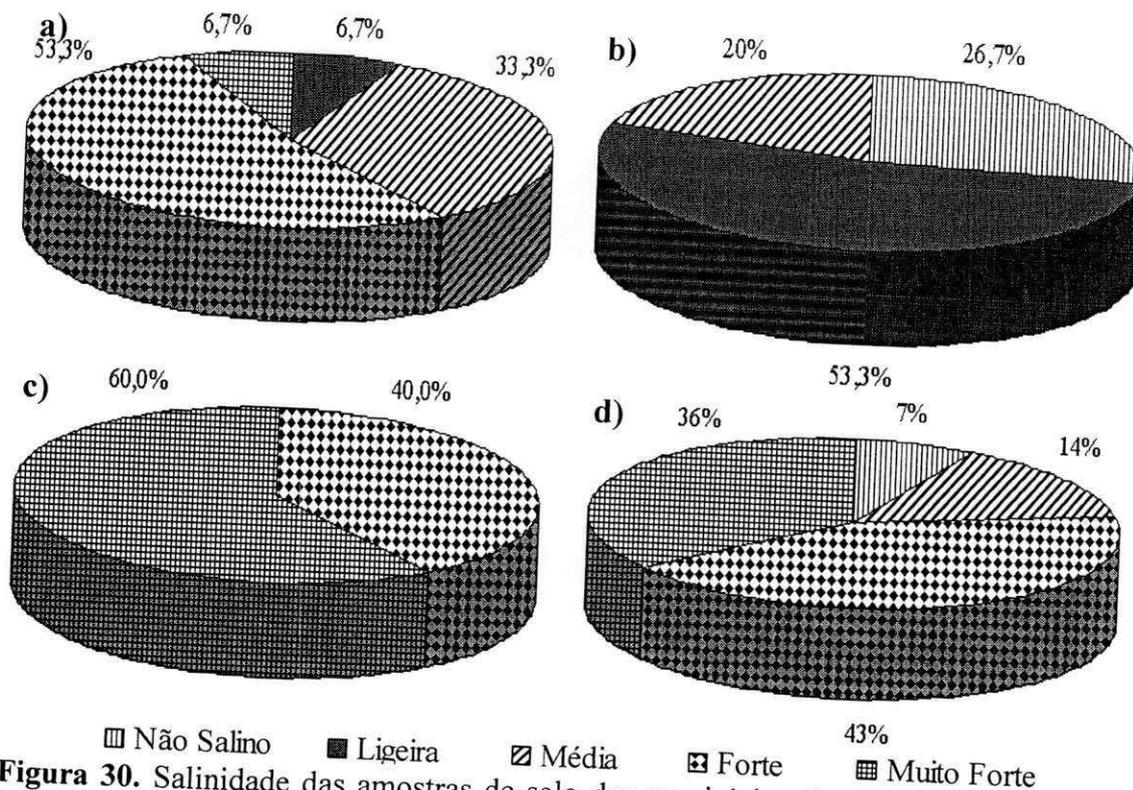
Para o município de Campina Grande, das 15 amostras do solo coletadas 33,3% têm salinidade média e 53,3% salinidade forte (Figura 30a). Das amostras analisadas, 86,7% são classificados como salino sódico (Figura 31a). Os dados que geraram a Figura 30 corroboram com a descrição feita no ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DA PARAÍBA (1978), que classifica os solos como SOLONETZ SOLODIZADO.

Com a análise do solo e se averiguando a Figura 30b, conclui-se que, das 15 amostras coletadas no município de Gurjão, 26,7% são solos não salinos, 53,5% têm ligeira salinidade e 20% salinidade média. Das amostras analisadas, 53,4% são classificadas como solos normais (Figura 31b).

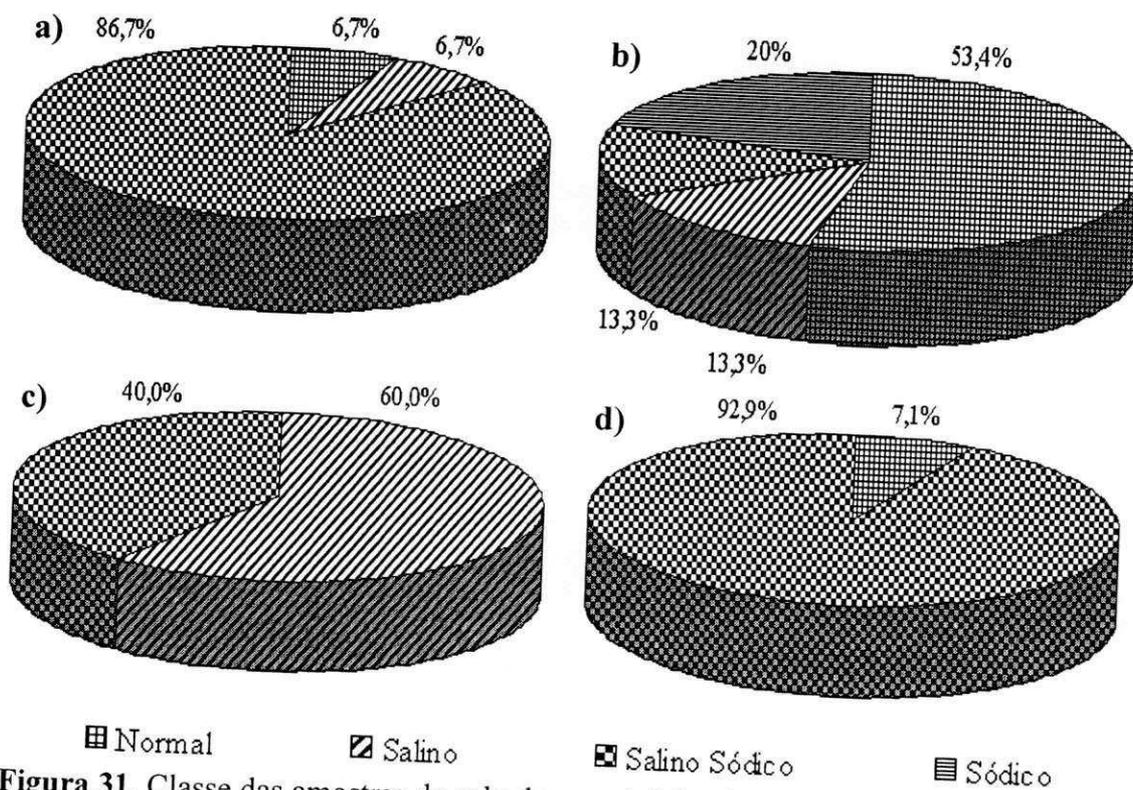
Conforme análise do solo e se averiguando a Figura 30c, tem-se que, das 15 amostras coletadas no município de Alcantil, 40% têm salinidade forte e 60% muito forte; dentre as amostras analisadas 60% são classificados como salino e 40% como salino sódico (Figura 31c).

Conforme a análise do solo e se atentando para a Figura 30d, das 14 amostras de solo coletadas no município de Areial 7% são solos não salinos, 14% com salinidade média, 43% têm salinidade forte e 36% apresentam salinidade muito forte;

das amostras analisadas apenas 7,1% são classificadas normais e 92,9% como solos salino sódicos (Figura 31d).



**Figura 30.** Salinidade das amostras de solo dos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008



**Figura 31.** Classe das amostras de solo dos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB. Campina Grande, 2008

Analisando conjuntamente a salinidade e a classe dos solos coletados (Figura 32a e 32b), percebe-se que, com a profundidade, o número de amostras de solo não salino e normal, diminui, visto que, com a precipitação, os elementos que se encontram na camada superior do solo são diluídos e carreados com maior facilidade que os elementos presentes nas camadas inferiores.

Comprova-se, através da Figura 32, que com a profundidade a influência das rochas cristalinas no solo é maior, permanecendo com salinidade forte e sendo também classificado como salino sódico, em sua maioria.

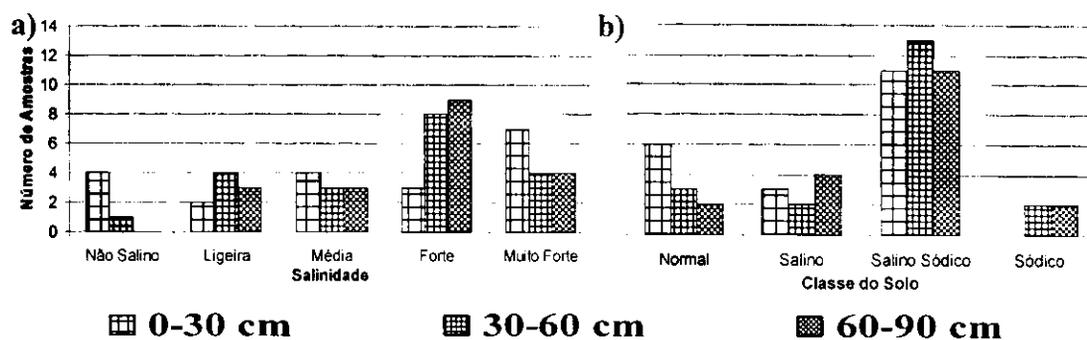


Figura 32. Salinidade (a) e Classe (b) das amostras de solo coletadas em função da profundidade. Campina Grande, 2008

## 5.6. Análise física do solo

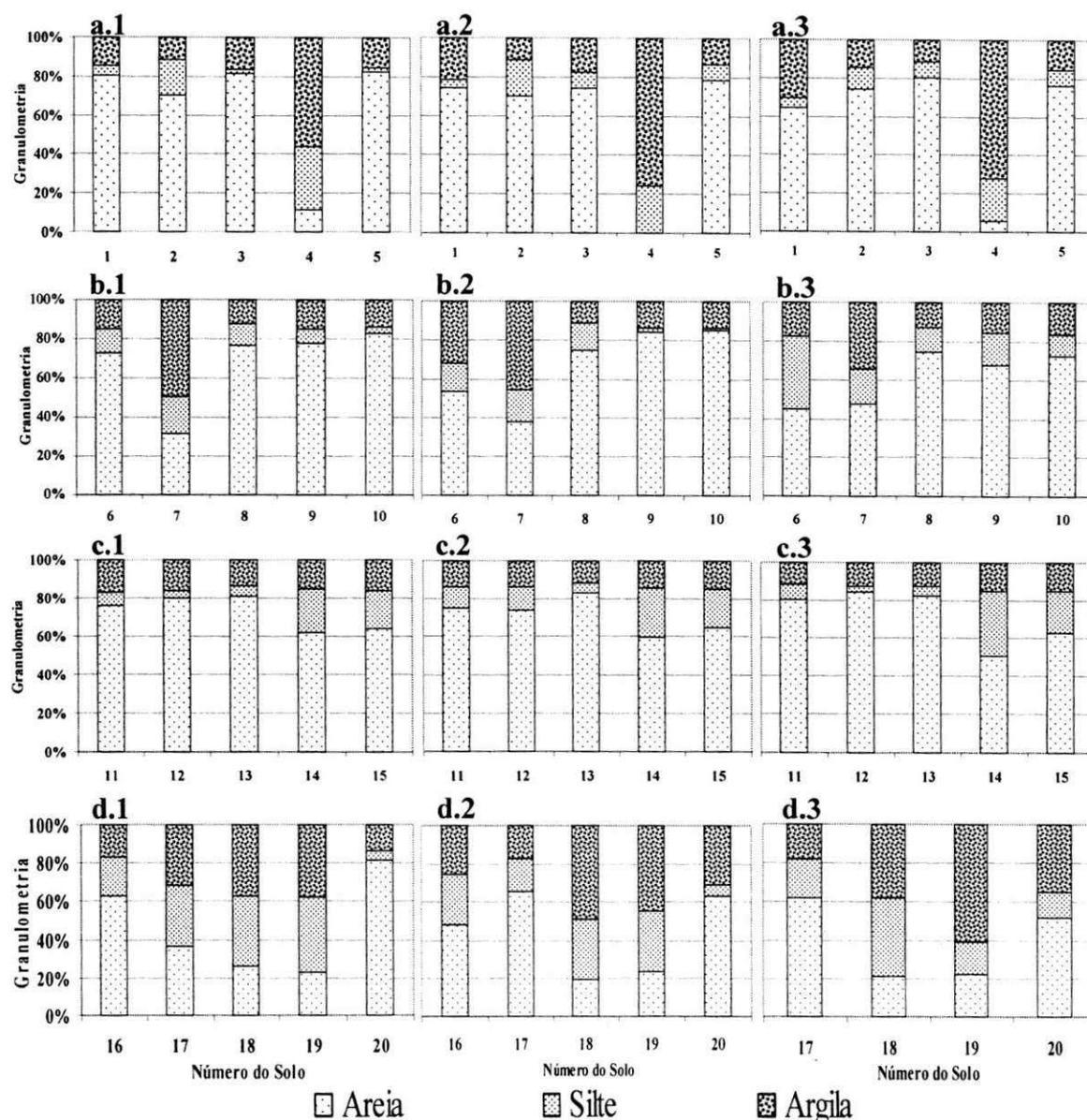
### 5.6.3. Granulometria

Na Figura 33a se evidencia a granulometria dos solos para o município de Campina Grande, destacando-se que o solo 4 teve distorção em relação aos demais; o coeficiente de variação foi de 47,70% para areia, 77,54% para o silte e 84,04% para a argila, demonstrando claramente que grande quantidade de silte e argila é carreada pela água do córrego para a bacia de captação do açude, mudando e melhorando a estrutura do solo, com o passar dos anos.

A densidade média do solo e das partículas foi de 1,40 e 2,66 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, com coeficiente de variação de 8,56% e 3,11%; novamente, o solo 4 apresentou distorção dos demais, com densidade do solo de 1,17 g/cm<sup>3</sup> na camada de 0-30 cm, mostrando que, com a quantidade de silte e argila carreada para este açude, os eletrólitos encontrados aí flocularam e se agregaram, tornando o solo estável, bem estruturado e com menor densidade. Das 15 amostras analisadas, 67% têm classe

textural como franco arenoso, 13% de franco argilo arenoso, 13% muito argiloso e 7% de argila.

Conforme a Figura 33b, a granulometria do solo para o município de Gurjão mostrou-se inconstante, com coeficiente de variação de 26,84% para a areia, 67,57% para o silte e 58,78% para a argila; nos solos 6 e 7 se encontra uma quantidade maior de silte e argila, alheios portanto, a explicações sem estudos mais detalhados. A densidade média do solo e das partículas foi de 1,44 e 2,62 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, com coeficiente de variação de 5,45% e 1,57%; de um total de 15 amostras, 67% têm classe textural como franco arenoso, 13% como argila e 7% em cada classe de franco, franco argilo arenoso e argilo arenoso.

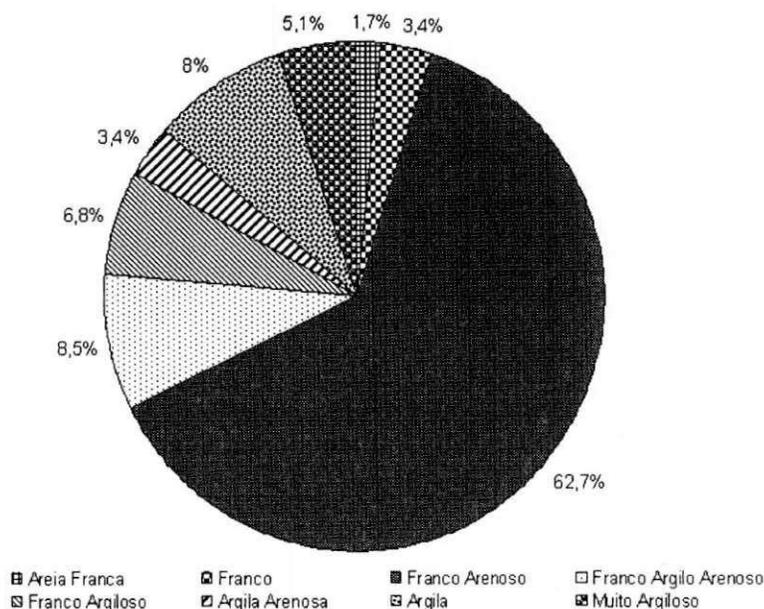


**Figura 33.** Granulometria das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande (a), Gurjão (b), Alcantil (c) e Areial (d), PB, em profundidade de 0-30 cm (1), 30-60 cm (2) e 60-90 cm (3). Campina Grande, 2008

Com base na Figura 33c, a granulometria do solo para o município de Alcantil foi constante para a areia, com coeficiente de variação de 14,57%, inconstante para o silte com 70,99% e constante para a argila com 10,50%. Conforme a Figura 32c, os solos 11, 12 e 13 tiveram os menores e maiores teores de silte e argila, respectivamente, em todas as profundidades; esta variação evidencia as duas classes de solo demonstradas no mapa ilustrativo. A densidade média do solo e das partículas foi de 1,50 e 2,64 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, com coeficiente de variação de 3,68% e 0,69%; de um total de 15 amostras, 87% têm classe textural franco arenoso e 7% nas classes de areia franca e franco.

Na Figura 33d a granulometria do solo para o município de Areial teve grande distorção dos solos 18 e 19 em relação às demais amostras, com coeficiente de variação de 48,84% para areia, 48,54% para o silte e 41,66% para a argila. A densidade média do solo e das partículas foi de 1,29 e 2,56 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, com coeficiente de variação de 11,47% e 1,90%; de um total de 15 amostras, tem-se 29% para as classes como franco arenoso e franco argiloso, 14% nas classes de franco argilo arenoso e argila e 7% nas classes argila arenosa e muito argiloso.

Comparando os solos 18 e 19 com os demais, na Figura 33d, percebe-se grande diferença em relação à granulometria, mostrando que, com a quantidade de saís carregadas para este açude, os eletrólitos encontrados aí floclaram e se agregaram tornando o solo estável, bem estruturado e com menor densidade.



**Figura 34.** Classe textural das amostras de solo coletadas nos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, PB, em profundidade de 0-30 cm, 30-60 cm e 60-90 cm. Campina Grande, 2008

Analisando os 20 pontos de solos coletados em todas as profundidades (59 amostras), obtém-se que as classes texturais mais representativas são franco arenoso com 62,7%, franco argilo arenoso com 8,5% e argila com 8% (Figura 34).

### 5.7. Comparação entre condutividade elétrica da água e do solo

Através da Figura 35 se visualizam os valores da condutividade elétrica da água e do solo. Para as amostras de água existem dois valores, sendo um de condutividade elétrica e outro de sólidos dissolvidos totais (corrigidos por 0,64), analisadas pelos laboratórios da UFCG e PROSAB, respectivamente. Para as amostras de solo, a condutividade elétrica é do extrato saturado na profundidade 0-30 cm dos solos 4, 9, 11 e 16, em Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial, respectivamente, analisadas pelo laboratório da UFCG.

Denota-se, na Figura 35, que a condutividade elétrica no solo geralmente é maior que na água (Tabela 11), comprovando que parte dos sais presente nesses solos não dilui com facilidade.

**Tabela 11.** Comparação entre CE da água (2ª coleta), sólidos dissolvidos totais e CE extrato de saturação dos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial. Campina Grande, 2008

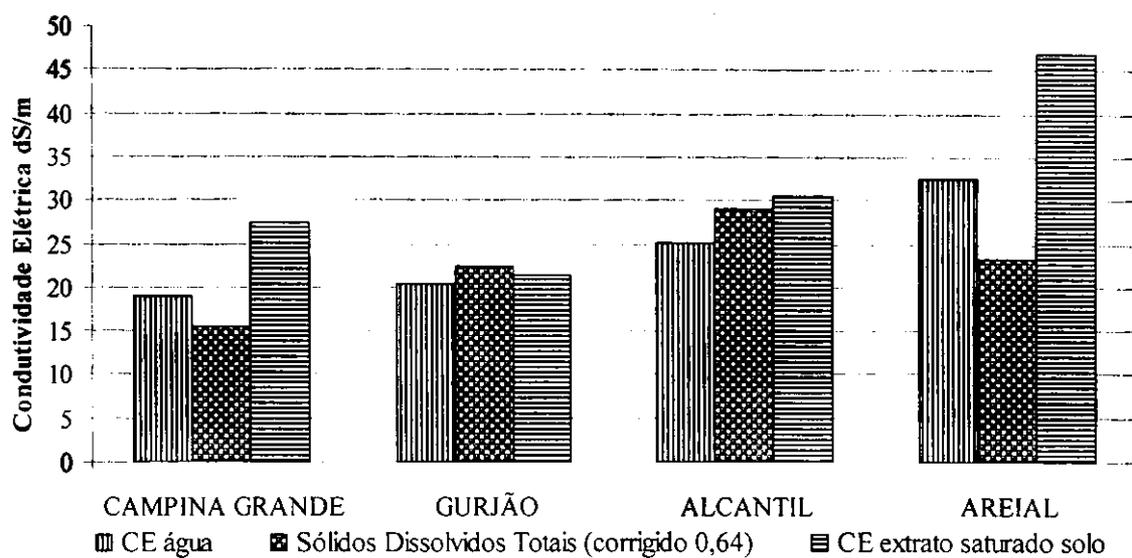
Municípios	CE água		Sólidos Dissolvidos	
	dS/m	g/L	Totais	CEes solo
Campina Grande	18,90	15,12	15,51	27,41
Gurjão	20,40	16,32	22,46	21,34
Alcantil	25,20	20,16	29,05	30,35
Areial	32,50	26,00	23,24	46,99

Levando em consideração a classificação nº 357 do CONAMA estas água são salobras, pois todas têm entre 5 e 30 g/L, sendo assim, são indicadas para pesca amadora, recreação de contato secundário e harmonia paisagística.

Analisando e se comparando os pontos de água e solo nos municípios de Campina Grande e Areial, amostras 107 e 4 (Figura 9) e 794 e 16 (Figura 12), respectivamente, observa-se que a diferença é grande, confirmando que os sais presentes, principalmente o íon sódio, interferem significativamente nos valores da condutividade elétrica. A grande variação diz respeito ao fato desses pontos estarem

alocados em locais com água parada e, sendo assim, não carregam grande quantidade de sais.

Analisando e se comparando os pontos de água e solo nos municípios de Gurjão e Alcantil, amostras 130 e 7 (Figura 10), e 647 e 11 (Figura 11), respectivamente, observa-se que a diferença é pequena. A explicação para esta pequena variação reside no fato de que os pontos amostrados se encontram no leito de córregos diluindo os sais presentes na água; pode-se levar em consideração também, que o íon sódio não tem valor elevado nestes pontos.



**Figura 35.** Comparação entre a condutividade elétrica da água e do solo nas amostras dos municípios de Campina Grande, Gurjão, Alcantil e Areial. Campina Grande, 2008

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Das 803 fontes de água analisadas os maiores valores de condutividade elétrica foram encontrados nos municípios de Campina Grande e Areial (mesorregião do Agreste Paraibano), e nos municípios de Alcantil e Gurjão (mesorregião da Borborema). Nos municípios de Campina Grande e Areial os corpos de água estudados sofreram interrupção do escoamento original, interferindo para o acúmulo de sais, nutrientes e sedimentos.

Analisando-se a qualidade da água através do potencial hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica (CE), de modo geral, os corpos de água estão inaptos para irrigação e mesmo para consumo animal. Entre os elementos, cloreto e sódio predominam nas águas analisadas, sendo assim, essas águas tem alto a muito alto risco de salinidade e sodicidade, respectivamente, quando utilizadas. No entanto, no ano de 2008, em virtude da precipitação pluviométrica elevada, as fontes de água de Campina Grande e Gurjão tiveram seus teores de sais diluídos o que favoreceu sua recomendação para consumo animal.

Conforme Diagrama de Stiff, ocorreu uma grande variação de cátions e ânions, entre os períodos seco e chuvoso com predominância das águas classificadas como sulfatadas ou cloretadas sódicas.

Os valores de sólidos dissolvidos totais, encontradas nas amostras de águas analisadas, excedem o limite máximo permitido para consumo humano, conforme Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. Sendo essas águas consideradas salobras, segundo a portaria nº 357 do CONAMA, e podem ser utilizadas para pesca amadora, recreação de contato secundário e harmonia paisagística.

As amostras de material de solo, coletadas a jusante e a montante dos corpos de água nos municípios de Campina Grande, Alcantil e Areial evidenciaram características predominantes de forte a muito forte salinidade. No município de Gurjão, o material das amostras de solo não apresentou classificação salina elevada, o que demonstra que a fonte possui concentração de sais localizada não se estendendo a montante nem a jusante do riacho.

A maioria das amostras de solo tem a areia predominando na granulometria do solo, o que caracteriza predominância da classe textural franco arenoso, com ocorrência de solos salino sódico principalmente em Campina Grande e Areial.

Com abandono e o desperdício de recursos tão preciosos quanto à água, principalmente em regiões carentes, necessita-se do desenvolvimento e planejamento estratégico de segurança alimentar, com a adoção de políticas públicas que possibilitem o rápido desenvolvimento de tecnologia apropriada para o resgate desses recursos, gerando renda e melhoria da qualidade de vida de comunidades carentes do semi-árido brasileiro.

Existem diversos pesquisadores e instituições realizando trabalhos científicos na área de utilização de águas salinizadas visando à produção de alimentos, seja na agricultura ou na aquicultura, com resultados significativos, no País e no exterior.

Recomenda-se, portanto para regiões de águas salinas, a realização de pesquisas enfocando as plantas arbustivas e arbóreas tolerantes à salinidade, como Beldroega e Melosia (Família Portulacea), planta sal (*Atriplex nummularia*) e coco (*Cocos nucifera*), além de pesquisas que envolvam a área da aquicultura, notadamente com tilápia e camarão.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Dados Sobre Perímetro, Geoprocessamento**. 2006. Acessado em 10-01-08. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br/>.

ALVES, J.J.A. **Geocologia da Caatinga no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro**. Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro – Vol. 2 n.1 pg. 58 – Janeiro-junho 2007

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of Water and Wasterwater**. 20<sup>th</sup> ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1569p. 1998.

ARAÚJO, S.M. **Introdução a Ciência do Ambiente**. Universidade Federal da Paraíba, 2000.

ARAÚJO, A.E. de. **Construção Social dos Riscos e Degradação Ambiental: Município de Sousa, um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. “Water Quality for Agriculture”. FAO. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. Medeiros, F.A.V. Damasceno. Campina Grande, PB, 153p. 1999.

BARACUHY, J.G. de V. **Manejo integrado de microbacias hidrográficas no semi-árido nordestino: Estudo de um Caso**. Tese Doutorado. Campina Grande: UFPB, 220p. 2001.

BARRETO, J.F. **Avaliação dos Recursos Hídricos da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Taperoá**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 87p. 2007.

BECK, F.L.; BOHNEN, H.; CABEDA, M.S.V.; CAMARGO, F.A.O.; KAMPF, N.; MEURER, E.J. **Projeto Pedagógico – Ensino de Graduação**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, (Boletim Técnico, nº 6). 26p. 2000.

BELTRÃO, B.A.; MORAIS, F. de; MASCARENHAS, J. de C.; MIRANDA, J.L.F. de; SOUZA JUNIOR, L.C. de; MENDES, V.A. **Diagnóstico do Município de Campina Grande**. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Estado da Paraíba. 2005.

BELTRÃO, B.A.; MORAIS, F. de; MASCARENHAS, J. de C.; MIRANDA, J.L.F. de; SOUZA JUNIOR, L.C. de; MENDES, V.A. **Diagnóstico do Município de Gurjão**. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Estado da Paraíba. 2005.

BELTRÃO, B.A.; MORAIS, F. de; MASCARENHAS, J. de C.; MIRANDA, J.L.F. de; SOUZA JUNIOR, L.C. de; MENDES, V.A. **Diagnóstico do Município de Alcantil**. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Estado da Paraíba. 2005.

BELTRÃO, B.A.; MORAIS, F. de; MASCARENHAS, J. de C.; MIRANDA, J.L.F. de; SOUZA JUNIOR, L.C. de; MENDES, V.A. **Diagnóstico do Município de Areial**. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Estado da Paraíba. 2005.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª ed. Viçosa; UFV, 657p. 1986.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed. Atualizada e Ampliada. Viçosa; UFV, 2006.

BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. Soil chemistry. 2 ed. New York, John Wiley e Sons, 314p. 1985.

BRANCO, S.M. **Água: origem, uso e preservação**. São Paulo: Moderna, 69p. 1993. (Coleção Polêmica).

CADIER, E. **Hidrologia das pequenas bacias do nordeste semi-árido: Transposição hidrológica.** Recife, SUDENE/DPG/PRN/HME. (Hidrologia, 31). 448p. 1994.

CARVALHO, O. **Nordeste Semi-Árido: Nova Delimitação.** Boletim Regional do Ministério da Integração Nacional. Informativo da Política de Nacional de Desenvolvimento Regional. 2006.

CEBALLOS, B.S.O. **Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do trópico Semi-árido.** Tese Doutorado – Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 192p. 1995.

CERH – PB. Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Governo da Paraíba. **Proposta de Instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul.** Resolução Nº 1, de 31 de agosto de 2003. Publicado em 2004. Acessado em 08-04-2008. Disponível em: [www.aesa.pb.gov.br/comites/litoral\\_sul/proposta.doc](http://www.aesa.pb.gov.br/comites/litoral_sul/proposta.doc).

CHAVES, L.H.G.; KINJO, T. **Relação quantidade/intensidade de potássio em solos do trópico semi-árido brasileiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, v.11, n.3, pg.257-261, 1987.

CHAVES, L.H.G.; TITO, G.A.; BARROS, A.D. de; GUERRA, H.O.C. **Características Químicas de Solo do Perímetro Irrigado de Sumé, PB.** Caatinga (Mossoró, Brasil), v.20, n.4, pg. 110-115 outubro/dezembro 2007.

COSTA, D.M.A., HOLANDA, J.S. de; FIGUEIREDO FILHO, O.A. de. **Caracterização de Solos Quanto a Afetação por Sais na Bacia do Rio Cabugí - Afonso Bezerra – RN.** HOLOS, Ano 20, outubro/2004.

CRUZ, L.B.S. **Avaliação de um filtro de manta sintética não tecida para irrigação localizada.** 65p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 1996.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Portal. **Distribuição De Água No Planeta**. 2007. Acessado em: 04-02-2008. Disponível em: <http://www.dace.sp.gov.br/cgi-bin/Carrega.exe?arq=/acervoepesquisa/distribuicao.htm>

DAKER, A. Irrigação e Drenagem. **A água na agricultura**, 3º Volume 7ª Edição. Rio de Janeiro. Freitas Bastos. 1988.

**Diagrama de Piper**. Acessado em: 23-05-2008. Disponível em: <http://www.funceme.br/DEHID/qualigraf/Piper.htm>

**Diagrama de Stiff**. Acessado em: 23-05-2008. Disponível em: <http://www.funceme.br/DEHID/qualigraf/Stiff.htm>

EMBRAPA. 1998. Boletim mensal. 1998. Acessado em: 23-05-2008. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/princip/rechidro.html>.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de Solos**. Serviço Nacional de Conservação do Solo. Rio de Janeiro, 1979.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. II Plano Diretor Embrapa Semi-Árido 2000-2003. Petrolina, PE, 2000. 55p. IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro, 249p. 1993.

MELO FILHO, J.F. de; SOUZA, A.L.V.. **O manejo e Conservação do Solo no Semi-Árido Baiano: Desafios Para a Sustentabilidade**. Bahia Agrícola, v. 7, n. 3, pg. 50-60, 2006.

FRAVET, A.M.M.F. de; CRUZ, R.L. **Qualidade da Água Utilizada para Irrigação de Hortaliças na Região de Botucatu, SP**. Irriga, Botucatu, v. 12, pg. 144-155, abril-junho, 2007.

GONÇALVES, A.N. **Fatores Limitantes Para o Crescimento e Desenvolvimento de Árvores em Regiões Áridas e Semi-Áridas do Nordeste Brasileiro**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.3, n.10, pg. 99-105, Junho 1982.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAIBA. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**. Secretaria do Estado da Paraíba / UFPB. João Pessoa, PB. 100p. 1985.

HAGMAN, G. **Prevention Better than Cure, Reporto on Human and Environmental Disasters in the Third World**, Preparado para a Cruz Vermelha da Suécia, Estocolmo. 1984.

JACOMINE, P.K.T. **Solos sob caatinga: características e uso agrícola**. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, pg.95-133. 1996.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados, Paraíba, Temas, Produto Interno Bruto 2003**. Acessado em: 15-02-2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pb>

LEITÃO, M. de M.V.B.R. **Secas no Semi-Árido do Nordeste**. ABEAS - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Curso de Desenvolvimento Sustentável Para o Semi-Árido Brasileiro. Modulo 14. 2005.

LEPRUN, J.C. **Primeira Avaliação das Águas Superficiais do Nordeste: Relatório de fim de Convênio de Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro**, Recife, SUDENE-DRN, Convênio SUDENE/ORSTOM. pg. 91-141. 1983.

LOPES, A.V.G. **Caracterização Química das Águas Subterrâneas do Aquífero Fissural do Município de Iguaraci, PE**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

LUCENA, J.H. de. **Estudo da Variação Espaço – Temporal da Qualidade das Águas, de um trecho do Rio Bodocongó, PB**. Dissertação de Mestrado. 1998.

MELO JÚNIOR, G.; COSTA, C.E.F. de S.; CABRAL NETO, I. **Avaliação Hidroquímica e da Qualidade das Águas de um Trecho do Rio Açú, Rio Grande do Norte.** Revista de Geologia, Vol. 16, nº 2, pg 27-36, 2003.

MENDES, B.V. **Recursos Faunísticos.** Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS. Brasília: DF. ABEAS. Campina Grande: UFCG, Curso de Desenvolvimento Sustentável Para o Semi-Árido Brasileiro. Modulo 10. 2006.

MENDES, B.V. **Uso e Conservação da Biodiversidade no Semi-Árido.** Projeto Áridas – Uma Estratégia para o Desenvolvimento Sustentável do Nordeste. SEPLAN. Paraná. 87p. 1994.

MENDES, J. da S. **Caracterização de Águas e de Solos do Município de Congo, PB, Microrregião do Cariri Ocidental.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 120p. 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para conservação.** 382p. 2004.

MORAIS, E.R.C. de; MAIA, C.E.; OLIVEIRA, M. de. **Qualidade da Água para Irrigação em Amostras Analíticas do Banco de Dados do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, RN.** Revista Caatinga, Mossoró, Brasil, v.11, pg.75-83 dezembro 1998.

NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. **Controle da Qualidade da Água do Arroio Portão, RS.** Revista em Geociências, 32 (1): pg 27-35, 2005.

MOLINIER, M.; AUDRY, P.; DESCONNETS, J.C.; LEPRUN, J.C. **Dinâmica da Água e das Matérias num Ecossistema Representativo do Nordeste Brasileiro: Condições de Extrapolação Espacial à Escala Regional,** ORSTOM, Recife, 1989.

NORONHA, L.C. **Via Política Informação e Cultura** – Artigos 2006. Acessado em: 25-06-08. Disponível em: [http://www.viapolitica.com.br/artigo\\_view.php?id\\_artigo=6](http://www.viapolitica.com.br/artigo_view.php?id_artigo=6).

OLIVEIRA, M. de; MAIA, C.E. **Qualidade Físico-Química da Água para Irrigação em Diferentes Aquíferos na Área Sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, pg.17-21, 1998.

OLIVEIRA, F.M. de. **Diagnóstico da qualidade da água superficial e subterrânea na micro-bacia do Riacho Angico, região do médio Rio Paraíba.** Campina Grande, 2005.

PELEGRINI, N.N. de B.; PATERNIANI, J.E.S; PELEGRINI, R. **Água Para Consumo, Um Bem limitado.** Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) UNICAMP. Centro Superior de Educação Tecnológica (CESET) UNICAMP. Campinas, SP. 2005.

PIPER, A.M. **A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses.** Trans. American Geophysical Union, v. 25, pg. 914-9289. 1944.

PERH – PB. **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba.** 255p. 2006.

RAYA, A.M. **Degradacion de tierras en regiones semiáridas.** In. CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO. 13., 1996. Águas de Lindóia. Anais...Águas de Lindóia: EMBRAPA, 1996. CD-ROM.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington, U. S. Salinity Laboratory, (USDA. Agriculture handbook, 60). 1954.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola.** Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa, J. E. Queiroz. Campina Grande, UFPB. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48). 117pg. 1992.

SALES, M.C.L. **Evolução dos estudos de desertificação no nordeste brasileiro.** GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 11, p.115–126, 2002.

SHIKLOMANOV, I.A. (ed.), **Assessment of Water Resources and Water Availability in the World, Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World**. 1.ed. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 460p. 1997.

SILVA, P.C.M. **Avaliação e variabilidade espacial de propriedades químicas do solo da “Extensão Maria Tereza” – Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 104p. 2001.

SILVA, M.A.V.; BRAGA, C.C.; NIETZSCHE, M.H. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1987.

SILVA JUNIOR, L.G. de A.; GHEY, H.R.; MEDEIROS, J.F. de. **Composição Química de Águas do Cristalino do Nordeste Brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.1, pg.11-17, 1999.

SILVA, O.J. da; **Captação de Águas Pluviais na Cidade de Campina Grande, PB. Alternativa Para uma Política de Enfrentamento da Escassez de Água nas Escolas Públicas**. Dissertação de Mestrado, 2003.

SPERLING von, M. **Introdução à qualidade das águas ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, UFMG, Departamento do Engenharia Sanitária e Ambiental. 240p. 1996.

SUASSUNA, J. **Reporte Brasil. Artigo – A má distribuição da água no Brasil**. 2004. Acessado em: 20-01-2008. Disponível em: <http://reportebrasil.org.br/imprimei.php?escravo=1&id=239>

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE - **O Nordeste Semi-Árido e o Polígono das Secas**. Recife, 2003. Acessado em: 20-07-08. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/nordeste/index.html>

TUCCI, C.E.M.; ESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. **A Gestão da Água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 156p. 2001.

TUCCI, C.E.M.; MARENGO, J.A.; SILVA DIAS, P.L.; COLLISCHONN, W. **Previsão de Vazões na Bacia do Rio São Francisco com Base na Previsão Climática**. Relatório técnico ANEEL/OMM/98/ 00. Porto Alegre: IPHUFGRS. 385p. 2004.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 248p. 2003.

UNIAGUA – Universidade da Água. **Classes das Águas**. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005 Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Acessado em: 17-06-2007. Acessado em: 03-02-2008. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag= classe.htm>

UNIAGUA – Universidade da Água. **Água no Planeta**. 2007. Acessado em: 03-02-2008. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm>

UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. New York: Van Nostrand Reinhold, 497p. 1969.

VERISSIMO, L.S.; FEITOSA, F.A.C.; **As Águas Subterrâneas no Nordeste do Brasil. Região de Irauçuba - Estado Do Ceará, Brasil**. XXXII IAH & ALHSUD CONGRESS – Mar Del Plata, Argentina, Anais. 2002.

VICENTE, A.; CARNEIRO, H. **A Lei da Seca**. Revista de Biologia, Ano V, pg. 17-22. 1993.

VITAL, C.; LIMA, J.M. de; RIBEIRO, M.M.R.; SOUSA, M. de B. de; ANDRADE, M.A. de; BENEVIDES, L.R.C.; CATÃO, A. **Proposta de Instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, Conforme Resolução nº1, de 31 de Agosto de**

2003, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. 84 pg. 2004.

VISALEGIS – Legislação em Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.** Acessado em: 18-06-2007. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=22322&word>

WIKIPÉDIA. Acessado em: 20-12-07. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Agua#Distribui.C3.A7.C3.A3o>

WIKIPÉDIA. Acessado em: 16-06-08. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Agricultura>

WIKIPÉDIA. Acessado em: 15-07-08. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua>

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: Yaron, E.; DANFORS, E.; VAADIP, Y. (eds) **Arid zone irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, Ecological Studies, 5. pg.71-88. 1973.

ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DA PARAÍBA – Universidade Federal da Paraíba. 1978.