

ANA BÁRBARA DE ARAÚJO NUNES

“AVALIAÇÃO EX-POST DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA E DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL DE PERÍMETROS IRRIGADOS IMPLANTADOS – O CASO DO PERÍMETRO IRRIGADO JAGUARIBE - APODI (DIJA)”.

Tese submetida à Coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil / Área de Concentração em Recursos Hídricos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Vicente P. P. B. Vieira

FORTALEZA
2006

ANA BÁRBARA DE ARAÚJO NUNES

“AVALIAÇÃO EX-POST DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA E DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL DE PERÍMETROS IRRIGADOS IMPLANTADOS – O CASO DO PERÍMETRO IRRIGADO JAGUARIBE - APODI (DIJA)”.

Tese submetida à Coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil / Área de Concentração em Recursos Hídricos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor.

Aprovada em 27 de novembro de 2006

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Adunias dos Santos Teixeira
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho
Faculdade Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC

Prof. Dra. Morsyleide de Freitas Rosa
Embrapa Agroindustrial Tropical - CE

*Aos meus Pais: David Martins Nunes (in memorian)
e Neyde Montoril de Araújo Nunes (in memorian).
Aos meus irmãos Olga, David, Laura, Sávio e Mônica,
Aos meus tios e sobrinhos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e força em todos os momentos de minha vida;

À minha família, pelo apoio em todos os momentos mesmo estando todos distantes;

Ao Prof^o Walter Martins (in memorian), pela honra de ter sido sua orientada nos primeiros anos do doutorado;

Ao Instituto CENTEC de Limoeiro do Norte, pelo apoio à pesquisa, cedendo seus laboratórios para a realização deste trabalho;

À FUNCAP, pela bolsa de estudos concedida de 2003 a 2005.

À EMBRAPA, pela ajuda financeira e pelo apoio da Prof^a Morsyleide Rosa durante a pesquisa.

Ao meu orientador Prof^o Vicente Vieira, pelo apoio e importantes contribuições na minha pesquisa;

Ao Prof^o Adunias Teixeira, pelas inúmeras solicitações atendidas, paciência e amizade.

Ao Prof^o Ricardo Ness, coordenador do Laboratório de Solos do CENTEC/ Limoeiro do Norte, pela contribuição no fornecimento dos dados de solos;

À professora Eunice, do Departamento de Engenharia Agrícola, pelas importantes contribuições na minha tese;

Aos colegas professores, ex - professores e funcionários do CENTEC de Limoeiro do Norte, em especial à Francineide, Ângela, Luciana e Hosineide, pela colaboração direta ou indireta no meu trabalho de pesquisa e pela companhia e amizade pelos anos de trabalho naquela instituição;

Aos meus ex-alunos do curso de Saneamento Ambiental, em especial àqueles que ajudaram diretamente no apoio às análises em laboratório ou nos trabalhos em campo, Marília, Eurânio, Ronaldo, Djanir, Elma, Elaine, Jonathan, Laurici e Herbênia;

À funcionária Lucelina, pelo apoio no Laboratório;

Ao Prof^o Carlos Wagner do CENTEC de Limoeiro do Norte, por fornecer os dados da estação meteorológica da UEPE.

À FAPIJA (Federação dos Agricultores do Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi), pelo atendimento as solicitações sobre informações do Perímetro;

Ao meu ex-aluno e funcionário da COGERH, Hermilson, pelo atendimento as solicitações feitas nos trabalhos de campo.

Aos Tecnólogos em Irrigação Paulino e Francineudo, pela colaboração nos trabalhos de campo;

Aos alunos de graduação em agronomia da UFC, Tadeu Macryne Lima Cruz pela colaboração nas análises de solo, Beatriz, pela colaboração na classificação das imagens de satélite e Cley Anderson, pela colaboração no levantamento da profundidade das culturas.

Ao aluno de mestrado em Irrigação e Drenagem, Alexandre, pela colaboração para reproduzir as matrizes de impactos no Corel Draw.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Bete e Xavier.

À Bibliotecária Umbelina, pelo atendimento às solicitações.

Aos Professores Marisete e Suetônio Mota, pelas contribuições na discussão da matriz de impactos;

À Profª Marlúcia do Departamento da Física, pela contribuição nas discussões dos resultados de qualidade de água.

Aos colegas do Doutorado, da CAGECE e amigos pelo apoio e companhia, em especial, Maurício, Irla, Ana Célia, Renata, Mariano, Patrícia, Alípio, Ticiane, Suely, Marta e Armando José Monteiro da Silva.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Método de Irrigação Por Aspersão – Pivô Central.....	17
FIGURA 02 - Método de Irrigação Localizada.....	19
FIGURA 03 - Barragem das Pedrinhas	49
FIGURA 04 - Canal de Captação	50
FIGURA 05 - Estação Elevatória	51
FIGURA 06 - Casa de Comando.....	51
FIGURA 07 - Subestação Principal.....	52
FIGURA 09 - Ponto de Água Tratada para Consumo da Comunidade Cabeça Preta (P1).....	55
FIGURA 10 - Ponto de Água tratada para as Comunidades Santa Maria e Santa Fé (P2).	56
FIGURA 11 - Ponto de Captação para as Comunidades Santa Maria e Santa Fé (P3).....	56
FIGURA 12 - Ponto de Captação para as Comunidades São Tomé e Santa Cruz (P4).....	57
FIGURA 13 - Ponto de Água de Consumo das Comunidades Tomé e Santa Cruz (P5).....	57
FIGURA 14 - Ponto de captação Barragem das Pedrinhas (P6)	58
FIGURA 15 - Medição de vazão nos pivôs.....	71
FIGURA 16 - Coleta do volume de água aplicado para a irrigação localizada.....	72
FIGURA 17 - Função - Desempenho como variável Difusa.....	79
FIGURA 18 - Valores de Pluviometria total mensal para o período em estudo.	81
FIGURA 19 - Valores de OD para os pontos de água Bruta.....	82
FIGURA 20 - Valores de CTE para os pontos de Água Bruta.....	83
FIGURA 21 - Valores de CT para os pontos de Água Bruta	83
FIGURA 22 - Valores de SDT para os pontos de Água Bruta.....	84
FIGURA 23 - Valores de Amônia para os pontos de Água Bruta	85
FIGURA 24 - Valores de Dureza Total para os pontos de Água Bruta	86
FIGURA 25 - Valores de Cor para os pontos de Água Bruta	86
FIGURA 26 - Valores de CE para os pontos de Água Bruta	87
FIGURA 27 - Valores de Cloretos para os pontos de Água Bruta.....	88
FIGURA 28 - Valores de pH para os pontos de Água Bruta	88
FIGURA 29 - Valores de Nitrato para os pontos de Água Bruta.....	89
FIGURA 30 - Valores de Turbidez para os pontos de Água Bruta.....	90
FIGURA 31 - Valores de Clorofila “a” para os pontos de Água Bruta.....	90
FIGURA 32 - Valores de Cloro Residual (CRL) para os pontos de água tratada	92
FIGURA 33 - Valores de Coliformes Termotolerantes para os pontos de água tratada	93
FIGURA 34 - Valores de Coliformes Totais para os pontos de água tratada.	93
FIGURA 35 - Valores de Amônia para os pontos de água tratada.	94
FIGURA 36 - Valores de Cor para os pontos de água tratada	95
FIGURA 37 - Valores de Nitrato para os pontos de água tratada	95
FIGURA 38 - Valores de pH para os pontos de água tratada.....	96
FIGURA 39 - Valores de Dureza Total para os pontos de água tratada	97
FIGURA 40 - Valores de Cloretos para os pontos de água tratada.....	97
FIGURA 41 - Valores de CE para os pontos de água tratada	98
FIGURA 42 - Valores de Turbidez para os pontos de água tratada.....	99
FIGURA 43 - Valores de IQA todos os pontos de água bruta pelo método da ACP.....	103
FIGURA 44 - Valores de IQA para os pontos P3, P4 e P6 pelo método da CETESB.....	106
FIGURA 45 - Distribuição gerada a partir dos dados de IQA _{CP}	107
FIGURA 46 - Distribuição gerada a partir dos dados de IQA _{CETESB}	108
FIGURA 47 - Classificação da imagem LANDSAT 5 de 1996 pelo método do Paralelepípedo.	109
FIGURA 48 - Mapa de Solos sobreposto ao Município de Limoeiro do Norte.....	110

FIGURA 49 - Imagem LANDSAT 5 do município de Limoeiro do Norte de 1996 classificada através do Método da Máxima Verossimilhança.	111
FIGURA 50 - Imagem LANDSAT 7 de 2001 do município de Limoeiro do Norte classificada pelo método da Máxima Verossimilhança	112
FIGURA 51 - Imagem CBERS de 2003 do município de Limoeiro do Norte classificada através do método da máxima verossimilhança.	113
FIGURA 52 - Imagem CBERS de 2004 do município de Limoeiro do Norte classificada através do método da máxima verossimilhança.	114
FIGURA 53 - Estrada Carroçal no período de Chuva.....	115
FIGURA 54 - Área de Plantio de banana com Micro - Aspersão	116
FIGURA 55 - Plantação de pimentão por gotejamento.....	117
FIGURA 56 - Amostragem de Solo	117
FIGURA 57 - Mapa de Capacidade de Campo (g.g^{-1}) obtido por Krigagem.....	119
FIGURA 58 - Mapa de Densidade Global (g.cm^{-3}) obtido por Krigagem.	120
FIGURA 59 - Mapa de Umidade atual do solo (%).....	121
FIGURA 60 - Valores de CUC_{um} e CUC_{q} para os lotes irrigados por gotejo e microaspersão.	125
FIGURA 61 - Valores de CUD_{um} e CUD_{q} para os lotes irrigados por gotejo e microaspersão.	125
FIGURA 62 – Distribuição da Função de Densidade de Probabilidade de CUC_{q}	127
FIGURA 63 – Distribuição da Função de densidade de Probabilidade de CUD_{q}	128

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Potencialidade da Irrigação dos Perímetros Irrigados do Estado do Ceará.....	16
TABELA 02 - Parâmetros de Qualidade da Irrigação.....	22
TABELA 03 - Profundidade Efetiva de Algumas Culturas	28
TABELA 04 - Lista de Controle Descritiva para Avaliação dos Impactos de Projetos de Irrigação e Critérios para Avaliação.....	41
TABELA 05 - Pontos de Coleta de Água	53
TABELA 06 - Data das Campanhas	55
TABELA 07 - Designação Qualitativa para o IQA.....	64
TABELA 08 - Classificação dos Valores do Índice de Qualidade das Águas.....	65
TABELA 09 - Quantificação dos Atributos Resultantes para a Matriz de Impactos.....	76
TABELA 10 - Componente da Matriz do Modelo de Água Bruta	100
TABELA 11 - Limites das Variáveis Utilizadas para o Cálculo do q_i	102
TABELA 12 - Pesos das Variáveis para Água Bruta.....	103
TABELA 13 - Pesos das Variáveis para o Cálculo do IQA Aplicando a Metodologia da CETESB.	105
TABELA 14 - Valores de Uniformidade de Aplicação de Água na Irrigação Localizada no DIJA.	123
TABELA 15 - Valores de Uniformidade da Umidade no Solo para Irrigação Localizada no DIJA.	124
TABELA 16 - Matriz de Identificação dos Impactos Antes e Depois da Implantação do DIJA (Meio Bio – Físico)	136
TABELA 17 - Matriz de Identificação dos Impactos Antes e Depois da Implantação do DIJA (Meio Social)	137

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CENTEC – Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Ceará

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DIJA – Distrito de Irrigação Jaguaribe – Apodi

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais

SEAGRI – Secretaria de Agricultura e Pecuária

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará

SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas

UEPE – Unidade de Pesquisa e Extensão do CENTEC / Limoeiro do Norte

RESUMO

O Distrito de Irrigação Jaguaribe – Apodi (DIJA), no estado do Ceará, foi criado com o objetivo de produzir alimentos e matérias primas, gerar empregos em atividades rurais e urbano-rurais, aumentar e melhorar a distribuição de renda e criar condições para a conquista da cidadania. Este Perímetro foi implantado em 1987, mas os serviços essenciais de administração, operação e manutenção só iniciaram a partir de 1989. O DIJA possui uma área irrigável de 5.393ha. Os sistemas de irrigação adotados são os métodos por microaspersão, gotejamento e pivô central e são plantados cerca de dezesseis tipos de cultura. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade hidro-ambiental do DIJA. Utilizaram-se instrumentos que pudessem caracterizar a área em estudo, como análises físico – químicas e bacteriológicas da qualidade das águas brutas e tratadas, a determinação do Índice de Qualidade da água - IQA, análise das imagens de satélite para verificação de mudança temporal do uso e ocupação do solo, determinação das eficiências de aplicação de água na irrigação, cálculos dos coeficientes de uniformidade CUC e CUD para vazão e umidade do solo, análise da matriz de impactos antes e depois da implantação do Perímetro e a análise de risco. A água superficial do DIJA não atendeu a Classe 2 para a maioria das campanhas em todos os pontos estudados, devido apresentar restrições em relação aos parâmetros bacteriológicos e físico – químicos. Não foi encontrado indício de contaminação das águas superficiais por agrotóxicos. O grupo Água Bruta apresentou valor médio para o IQA de 83,79, considerado bom. Para os pontos analisados de água tratada, porém, houve restrições em relação à qualidade bacteriológica nos três pontos estudados, os quais devem ser monitorados pela concessionária para corrigir os possíveis problemas a fim de atender a padrões de potabilidade. A análise das imagens de satélites, para a análise de uso e ocupação do solo do DIJA, mostrou de 1996 a 2004 houve um aumento de 63,7% de vegetação no DIJA, resultado no aumento de área irrigada. Comparando-se a imagem mais antiga de 1996 com a de 2004, observou-se que tanto de forma visual quanto quantitativamente houve um aumento da irrigação no perímetro irrigado durante esses anos, mostrando assim a expansão da fruticultura irrigada no perímetro. Os resultados da eficiência de aplicação de água na irrigação por microaspersão mostraram que 73% das áreas analisadas foram irrigadas em déficit; para o gotejamento as áreas analisadas foram irrigadas em excesso e para pivô central 50% em déficit e 50% em excesso. Desta forma confirma-se a falta de manejo adequado na maioria das áreas estudadas. Quanto a uniformidade, o risco de CUCq e CUDq ficar abaixo dos padrões foi pequeno; A análise da matriz de impactos para os dias de hoje mostrou que a tendência dos impactos previstos foi de reduzir ou manter os atributos concedidos na época da implantação e notou-se pouca influência das medidas de controle ambiental, quando inseridas no contexto global. Do ponto de vista ambiental, observou-se que no meio Biofísico, principalmente os meios aquáticos e terrestres, foram os mais afetados no início da implantação do Perímetro e continuarão sendo, caso não sejam adotadas medidas de controle.

Palavras Chave: Impactos Ambientais, Irrigação, Análise de Risco.

ABSTRACT

The Jaguaribe-Apodi Irrigation District (DIJA), in the state of the Ceará, was founded aimed at producing food and substances cousins, to create jobs in agricultural businesses and urban-rural activities, to increase and to improve the income distribution and to create conditions for the conquest of the citizenship. This Perimeter was implanted in 1987, but the essential services of administration, operation and maintenance were initiated only from 1989. The irrigated area of DIJA is 5.393ha. The irrigation systems are the methods for microsprinkler, drip and central pivot and are planted about sixteen types of cultures. The general objective of this work was to evaluate the hydro - ambiental sustainability of the DIJA. Instruments were applied to characterize the area under study, such as, as physical - chemical and bacteriological analyses of the surface and drinking waters, determination of the WQI, analysis of satellite images for land use detection and change, determination of Christiansen and Distribution Uniformity Coefficients (CUC and CUD) from emitters and soil - water moisture, analysis of the matrix of impacts before and after the implantation of the irrigation district and risk analysis on those factors. The surface water of the DIJA could not complain to class two for the majority of the samples taken over time in the study area. Restrictions were found relation to bacteriological and physical - chemical parameters. Indication of contamination of surface waters from pesticides was not found. In general, untreated surface water registred an WQI value of 83,79, considered good. For the analyzed drinking water sites (treated water), there were restrictions in relation to the bacteriological quality in the three studied sampling sites. These points need to be monitored by the state water facility, to correct the possible problems in order to complain with water quality standards. Comparing the images of 1996 to the one of 2004, it was observed, both visually and quantitatively that there was an increase of the irrigation in the irrigated perimeter irrigated during these years, thus showing the expansion of the irrigated fruit production farms in DIJA. The results of the efficiency of water application in microsprinkler areas have shown that 73% of the analyzed areas were irrigated in deficit; for the drip irrigated areas, the analysis, showed an over irrigation and for central pivot areas, it was observed 50% in deficit and 50% in excess of irrigation. Thus one can conclude on the lack of irrigation scheduling practives on the majority of the studied areas. In terms of the irrigation uniformity it was found that the risk of CUCq and CUDq to be below of the standards was small; The analysis of the matrix of impacts for the present time showed that the trend was the impact to reduce or to remain unchanged and noticed little influence of these when inserted environment measures in the global context. Of the environment point of view, it was observed that in the bio-physic environment, specialty the aquatic and terrestrial environment, were mainly affected in the beginning of the implantation of the Perimeter and go on if measured of control not be applied.

Keywords: Environment Impact, Irrigation, Risk Analysis.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Perímetros Irrigados do Estado do Ceará	16
3.2 Métodos de Irrigação	17
3.3 Desempenho da Irrigação	21
3.4 Manejo da Irrigação	26
3.6 Efeitos Adversos da Irrigação	29
3.7 Qualidade de Água	33
3.8 Avaliação de Impactos Ambientais	37
3.9 Geoprocessamento	42
3.10 Análise de Risco	44
4 METODOLOGIA	47
4.1 Informações Básicas sobre a Área de Estudo	47
4.2 Informações Técnicas do Projeto de Irrigação (DIJA)	48
4.3 Escolha dos Pontos de Coleta de Amostras de Água	53
4.4 Metodologia para Calcular o IQA	60
4.4.1 Método da Análise de Componentes Principais	60
4.4.2 Método Adaptado da NSF / CETESB	64
4.4.3 Análise de Risco	66
4.5 Levantamento de Informações para a Caracterização do DIJA	66
4.6 Amostragem para a Escolha das Áreas Irrigadas Específicas para o Estudo de Campo	66
4.7 Levantamento dos Dados para Calcular a Eficiência da Irrigação na Área de Estudo	68
4.7.1 Coleta e Análise do Solo	68
4.7.2 Interpolação dos Dados	69
4.7.3 Determinação da Eficiência de Aplicação de Água na Irrigação	70
4.7.4 Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC	73
4.7.5 Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD	73
4.7.6 Análise de Risco para CUC e CUD	74
4.8 Análise da Área através de Imagens de Satélites, Visando Verificar Mudanças Temporais do Uso do Solo, com Ênfase no DIJA	74
4.9 Análise da Matriz de Impactos	75
4.9.1 Elaboração da Escala de Valores	75
4.9.2 Escolha das Combinações das Componentes	77
4.9.3 Determinação do Risco Probabilístico	77
4.9.4 Determinação do Risco Difuso	78
4.9.5 Determinação da Nova Matriz de Impactos	79
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
5.1 Avaliação da Qualidade de Água do DIJA	80
5.2 Valores de IQA para as Águas Brutas do DIJA	99

5.3 Análise das Imagens de Satélite do DIJA para Determinação do Uso e Ocupação do Solo – Mudanças Temporais.	109
5.4 Avaliação da Eficiência de Irrigação.....	115
5.5 Análise dos Dados de Uniformidade para a Irrigação Localizada	122
5.6 Análise de Risco para a Matriz de Impactos (Ex - Ante)	129
5.8 Análise da Nova Matriz de Impactos	130
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	138
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
APÊNDICE A – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P1.	150
APÊNDICE B – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P2.....	151
APÊNDICE C – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P3.....	152
APÊNDICE D – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P4	153
APÊNDICE E – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P5.....	154
APÊNDICE F – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P6.	155
APÊNDICE G – Valores de q_i para todos os Pontos e Parâmetros Estudados.	156
APÊNDICE H – Dados de Campo Utilizados para o Cálculo da Eficiência de Aplicação de Água na Irrigação.	158
APÊNDICE I – Modelo do Questionário de Campo.....	160
APÊNDICE J – Resultados da Análise de Risco de Matriz Ex – Ante do DIJA	162
APÊNDICE L – Matriz de Impactos Ex - Post do DIJA.....	163
ANEXO A – Levantamento das Áreas irrigadas do DIJA	165
ANEXO B – Visão Geral do Projeto do DIJA	174
ANEXO C – Matriz de Impactos Ex - Ante do DIJA	176

1 INTRODUÇÃO

O projeto de irrigação Jaguaribe – Apodi, no estado do Ceará, foi criado com uma proposta de irrigação pública, baseada no uso de tecnologia avançada e gerenciamento autônomo (SEGUNDO & DE PAULA, 1997).

Os objetivos da implantação deste perímetro irrigado na época eram produzir alimentos e matérias primas, gerar empregos em atividades rurais e urbano-rurais, aumentar e melhorar a distribuição de renda e criar condições para a conquista da cidadania.

Atualmente, esta área é de grande importância tanto econômica quanto social para o estado do Ceará, atendendo as expectativas da época em que foi elaborado o projeto. No entanto, a principal preocupação está no aproveitamento sustentável desta área, principalmente em relação aos Recursos Hídricos, já que vivemos em uma época de baixa precipitação pluviométrica mensal na região variando de 45,3 a 132mm para 2005 (UEPE, 2005). Outro enfoque a ser estudado diz respeito aos impactos previstos após a implantação do perímetro, os quais podem ter mudado de magnitude, importância e duração.

Desta forma, necessita-se de estudos atuais que mostrem as mudanças ocorridas nesta área, principalmente sob o aspecto qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos, que são as principais limitações da mesma, além das modificações ambientais que foram causados durante estes 10 anos.

Iniciativas, como o “Plano de Uso Racional da Água para Irrigação nos Vales do Jaguaribe e Banabuiú” (2002), desenvolvido em conjunto entre o Governo Federal, representado pela ANA (Agência Nacional de Águas) e representantes do Governo Estadual (SEAGRI, SEPLAN, COGERH e SOHIDRA), objetivam buscar uma solução para minimizar os impactos causados pela falta de água, tornando a agricultura mais sustentável. Dessa forma, este trabalho que foi desenvolvido na área Hidro - Agrícola da Chapada do Apodi, busca contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos naturais que compõem esta região, sugerindo alternativas para o desenvolvimento sustentável da mesma.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliação da Sustentabilidade Hidro-ambiental do Distrito de Irrigação Jaguaribe - Apodi (DIJA) usando as ferramentas de avaliação qualitativas e quantitativas.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar qualitativamente os Recursos Hídricos Superficiais do DIJA para Consumo Humano;
- Fazer uma análise de risco quanto à qualidade da água para consumo humano;
- Determinar a eficiência do uso da água na irrigação pelos métodos de irrigação Localizada e Pivô Central;
- Utilizar o Sistema de Informações Geográficas, para verificar as modificações ambientais na área em estudo.
- Analisar a matriz de impactos Ante e Ex – Post do DIJA a fim de avaliar a sua sustentabilidade e conservação ambiental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Perímetros Irrigados do Estado do Ceará

O Ceará possui quatorze (14) perímetros irrigados federais: Araras Norte, Ayres de Souza, Baixo Acaraú, Curu – Paraipaba, Curu-Pentecoste, Ema, Forquilha, Icó – Lima Campos, Jaguaribe – Apodi, Jaguaruana, Morada Nova, Quixabinha, Tabuleiro de Russas e Várzea do Boi (DNOCS, 2006), conforme características indicadas na Tabela 01.

TABELA 01- Potencialidade da Irrigação dos Perímetros Irrigados do Estado do Ceará.

Perímetro Irrigado	Área potencial para Irrigação (ha)	Área irrigada (ha)
Araras Norte	3225	1345,8
Ayres de Souza	1158	192
Baixo Acaraú	12407	8111
Curu – Paraipaba	8000	3295
Curu – Pentecoste	1180	743
Ema	42	42
Forquilha	261	167,6
Iço – Lima campos	4263	2577
Jaguaribe – Apodi	5393	2834,8
Jaguaruana	202	202
Morada Nova	4333	3724
Quixabinha	293	293
Tabuleiro de Russas	14508	2429
Várzea do Boi	630	313
Área Total (ha)	55.895	26.269,2

Fonte: DNOCS, 2002

3.2 Métodos de Irrigação

Entende-se por irrigação a aplicação de água ao solo no qual se desenvolve agricultura, com o objetivo de repor a necessidade de água das plantas, aumentando, assim, o crescimento das plantas, a qualidade do produto e a produtividade (REICHARDT, 1990).

O objetivo da irrigação é satisfazer as necessidades hídricas dos cultivos, aplicando água de forma eficiente sem alterar a fertilidade do solo e determinar qual a quantidade possível de água a ser aplicada que realmente ficará armazenada na zona radicular da planta (MARTIN – BENITO, 1995). A irrigação é praticada principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde há irregularidade no regime pluviométrico.

Segundo Ramos et al. (2003), nos últimos 30 anos, as áreas irrigadas do Semi-árido sofreram significativas transformações em relação às culturas ali plantadas. Os projetos de irrigação na bacia do rio São Francisco, por exemplo, tanto os públicos quanto os privados, não apresentam um planejamento e manutenção adequados. Irrigações ineficientes e inadequadas resultam em desperdício de água e energia. Isso revela a necessidade de avaliação da eficiência com que é praticada a irrigação.

Existem vários métodos de irrigação. Entre eles destacam-se os métodos por Aspersão - Pivô Central (Figura 01) e irrigação Localizada: Microaspersão e Gotejamento (Figura 02). O objetivo de um bom sistema de irrigação por pivô central é aplicar a água ao solo de tal forma que, em todas as partes do campo, seja uniformemente molhado até a mesma profundidade (REICHARDT, 1990).

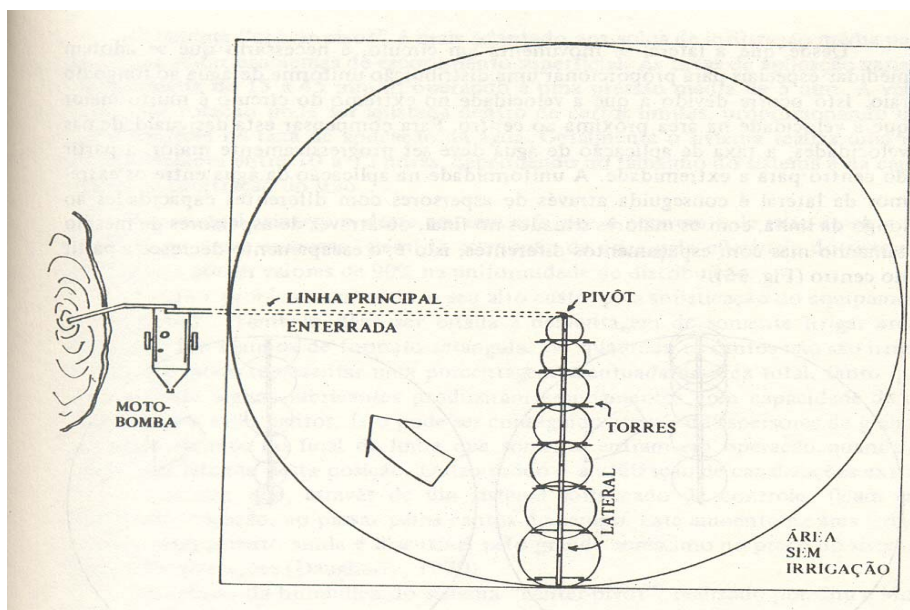


FIGURA 01 - Método de Irrigação Por Aspersão – Pivô Central

O sistema Pivô Central realiza um movimento circular, ao redor de um ponto central do campo, onde está o suprimento de água. Este ponto central é chamado de Pivô (Pivô) sendo suportado por armações triangulares de ferro, dotadas de rodas. A linha lateral é usualmente constituída de canalizações de aço galvanizado, conectadas entre si por acoplamentos rígidos e flexíveis. As torres constituem o sistema de sustentação do Pivô, dotadas de rodas metálicas ou de borracha.

Em relação ao manejo, possibilita a aplicação de pequenas lâminas a intervalos reduzidos, além da vantagem de, após completar um ciclo de irrigação, estar no lugar exato para reiniciar outro ciclo (FOLEGATTI et al., 1998).

Os principais fatores que influenciam no processo de aplicação de água na irrigação são: a pressão no sistema e a pluviometria, considerados fatores controláveis e o vento como fator pouco controlável (MARTIN – BENITO, 1995).

Foram desenvolvidos novos sistemas de Pivô Central, que utilizam emissores de baixa pressão, denominados de LEPA. Entretanto, estes sistemas tendem a apresentar problemas em relação ao manejo de água e solo, aumentando a taxa de aplicação, perdas pelo vento e evaporação, além de redução na uniformidade devido a menor superposição (FOLEGATTI et al, 1998).

Apesar de o produtor ter conhecimento dos benefícios da irrigação, ainda faltam critérios técnicos para o manejo. Informações levantadas no DIJA (FIERGÉTICA, 2001), demonstraram a falta de critérios técnicos para a definição do momento e quantidade de água a ser aplicada nas irrigações.

Em estudo feito em Itaberá, Estado de São Paulo, com um sistema de pivô central, para as culturas de feijão, trigo, milho, tomate e soja, propuseram-se o uso de um tensiômetro de faixas com escalas coloridas, que indicariam o teor de água no solo disponível para as plantas, a fim de controlar o uso da água na irrigação (GONZAGA et al, 2003). Os autores instalaram a bateria de três tensiômetros nas profundidades de 10, 20 e 30 cm. As faixas coloridas serviam para indicar quando e quanto se devia irrigar determinada cultura, quando esta se encontrava nas fases 1 e 2, ou seja, fase da emergência das plantas até a floração e o período entre a floração até a maturação, respectivamente.

A irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato d' água em gotas. Os principais fatores climáticos que afetam o desempenho deste tipo de irrigação são: o vento, a umidade relativa do ar e a temperatura do ar (BERNARDO, 1995).

Este método tem como vantagens: servir para qualquer tipo de terreno seja ele irregular, inclinado, muito permeável etc; o solo fica menos sujeito à erosão; dispensa a sistematização do terreno, ou seja, o seu preparo para a irrigação; permite a aplicação noturna da água, aumentando-se o tempo de irrigação, etc. Quanto às desvantagens, este método precisa de um bom investimento inicial de capital, devido ao equipamento especial; a irrigação é muito influenciada pelo vento, ocasionando má distribuição de água no terreno; exige maior quantidade de água na irrigação de plantas jovens, pois toda superfície do terreno terá de ser umedecida, dentre outros. (DAKER, 1984).

O sistema de irrigação Pivô Central tem tido uma boa aceitação na agricultura irrigada no Brasil. Isso se deve às suas características, que permitem a irrigação mecanizada de extensas áreas, mesmo em topografia irregular.

A irrigação localizada é dividida em Gotejamento e Microaspersão. Ambas compreendem a aplicação da água no solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades (um a dez litros por hora), porém com alta frequência, de modo a manter a umidade do solo na zona radicular próximo à “capacidade de campo”. As principais vantagens deste tipo de irrigação são: uma maior eficiência no uso da água; maior produtividade; maior eficiência na adubação; adapta-se a diferentes tipos de solo e topografia. Sua desvantagem está principalmente no entupimento dos gotejadores, exigindo uma água limpa (BERNARDO, 1995).

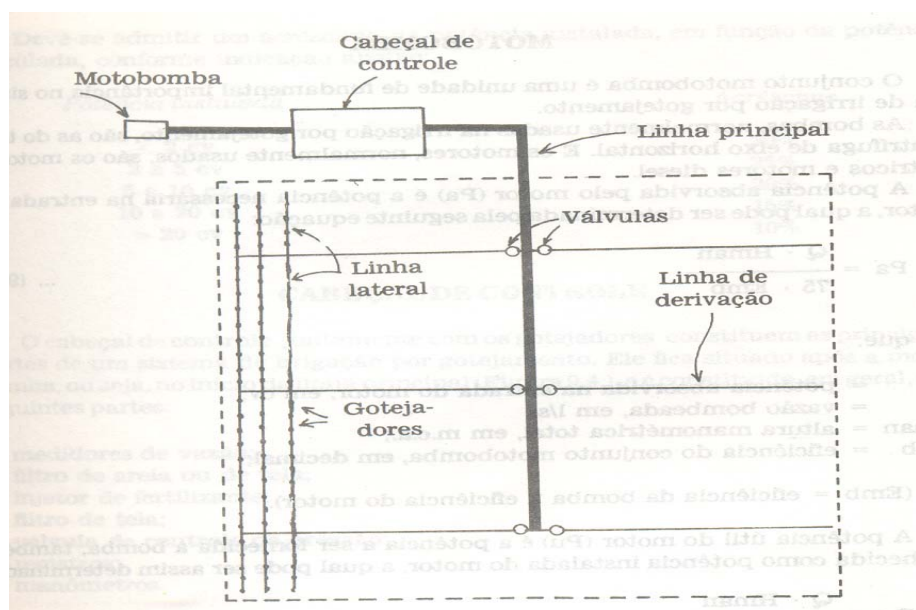


FIGURA 02 - Método de Irrigação Localizada

O desempenho do sistema de irrigação se otimiza quando a umidade do solo possibilita a maximização da produtividade e da uniformidade de aplicação de água, minimizando as perdas por percolação, evaporação e arraste pelo vento, escoamento superficial e de condução, reduzindo custos de mão de obra e capital (AVALIA, 2003).

Dentre as vantagens do método de microaspersão, cita-se a eficiência do uso da água, devido às baixas perdas por evaporação, percolação e escoamento superficial.

Segundo Merriam e Keller (1978) apud AVALIA (2003), para a avaliação dos sistemas de irrigação localizada, as medições necessárias são: deficiência hídrica no solo antes da irrigação, vazão dos emissores, taxa de infiltração e uniformidade.

Vale ressaltar que a eficiência de aplicação não indica a adequabilidade de irrigação, uma vez que pode alcançar valores de até 100% e ainda ser uma irrigação deficiente.

Dentre as vantagens deste método, destaca-se o eficiente uso da água. Segundo Gomes (1999) apud AVALIA (2003), em uma instalação de irrigação praticamente não se perde água no percurso desde o ponto de abastecimento até a saída dos gotejadores.

Os componentes do sistema de irrigação por gotejamento são: Cabeçal de controle (Conjunto moto – bomba, filtro de areia e tela metálica, sistema injetor de fertilizantes e outros produtos químicos), canalizações de polietileno ou PVC flexível (podem ser divididas em 3 categorias segundo sua finalidade: linha mestra, linha de derivação e linhas laterais) e os gotejadores (OLITTA, 1987).

A vazão dos gotejadores varia de 0,5 a 10L/hora sob uma pressão de serviço variando em torno de 10mca. O orifício do fluxo do gotejador varia de 0,3mm a 1mm.

Goldberg, Gornat e Rimón (1976) apud Olitta (1984), em estudo feito com várias culturas sugerem um menor desenvolvimento do sistema radicular, nas condições da irrigação por gotejo. Estudo feito com a pimenta observou que 40% das raízes se concentram em 0 – 20cm de profundidade, onde existe o maior conteúdo de umidade.

Estudos mostraram que o aumento de vazão significa um aumento no sentido horizontal e um decréscimo na profundidade do volume molhado.

3.3 Desempenho da Irrigação

As medidas de eficiência dependem tanto da uniformidade como da forma com que o sistema de irrigação é operado (FRIZZONE, 1992 apud TEIXEIRA, 1992). Do volume total aplicado (VT), parte da água fica depositada na zona das raízes, estando disponível para as plantas (Vs); outra parte é constituída de perdas potenciais, seja por evaporação (Vev), deriva pelo vento (Vv), percolação (Vp) ou escoamento superficial (Ve).

Alguns parâmetros podem ser utilizados para avaliar a qualidade da irrigação por aspersão, entre eles tem-se: Eficiência de Aplicação (Ea), Eficiência de distribuição (Ed), Eficiência de Aplicação em Potencial (Eap), Eficiência de Armazenamento (Es) e Perda por Percolação Profunda (Dp).

A Eficiência de Aplicação pode ser calculada relacionando o volume d'água armazenado na zona das raízes (Vs) com o volume aplicado pelo sistema (VT):

$$Ea = \frac{Vs}{VT} \quad (1)$$

Sendo VT expresso por:

$$VT = Vev + Vv + Ve + Vs + Vp \quad (2)$$

A Eficiência de Distribuição (Ed) mede o volume de água armazenada na profundidade efetiva do sistema radicular em relação ao volume total infiltrado, dando uma idéia de perdas por percolação profunda. A Ed pode ser calculada como:

$$Ed = \frac{Vs}{Vp + Vs} \quad (3)$$

A Eficiência de Aplicação em Potencial (Eap) representa a fração de água aplicada que é absorvida pelo solo através da infiltração, dada por:

$$Eap = \frac{Vp + Vs}{VT} \quad (4)$$

A Eficiência de Armazenamento (Es) representa a fração de armazenamento de água na zona das raízes que foi preenchida pela irrigação, ou seja:

$$Es = \frac{Vs}{Vr} \quad (5)$$

Onde Vr é o volume requerido para preencher o armazenamento de água na zona radicular.

A perda por percolação profunda (Dp) fornece uma estimativa das perdas ocorridas por percolação, devido a um excesso de deposição de água em pontos de área irrigada.

$$Dp = \frac{Vp}{VT} \quad (6)$$

A avaliação da qualidade da irrigação pode ser feita através de alguns critérios, como pode ser visto na Tabela 2.

TABELA 02 - Parâmetros de Qualidade da Irrigação.

Parâmetro	Excelente	Satisfatória	Não satisfatória
Es	$\geq 0,8$	$\geq 0,5$ e $< 0,8$	$< 0,5$
Dp	$\leq 0,2$	$\geq 0,2$ e $< 0,5$	$> 0,5$
Ed	$\geq 0,8$	$\geq 0,6$ e $< 0,8$	$< 0,6$

Fonte: Hart et al (1978) apud Teixeira (1992)

Uma demanda crescente dos recursos disponíveis aumenta a necessidade de melhorar o manejo e desempenho dos sistemas de irrigação. Um aspecto fundamental é a determinação do desempenho do sistema de irrigação através da uniformidade de aplicação da água. Vale ressaltar que nenhum sistema de irrigação é capaz de alcançar uma uniformidade de 100% (MARTIN – BENITO, 1995).

No sistema de irrigação são avaliadas as uniformidades de aplicação d' água, que podem ser calculadas através do coeficiente de Christiansen (CUC) e do coeficiente de uniformidade (CUD) (BERNARDO, 1995). A equação de Christiansen (CUC) é representada por:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \quad (7)$$

Onde:

X_i = Precipitação observada em cada pluviômetro;

\bar{X} = Média das precipitações dos pluviômetros;

n = Número de pluviômetros.

A equação para calcular o CUD é representada por:

$$CUD = 100 \frac{\bar{x}}{\bar{X}} \quad (8)$$

Onde:

\bar{x} = Média de 25% menores precipitações coletadas nos pluviômetros;

\bar{X} = Média das precipitações, considerando todos os pluviômetros;

Para o sistema de pivô central o CUC deve variar de 75 a 90%, dependendo se o cultivo tem alto valor comercial ou é extensivo e se o sistema radicular é raso, médio ou profundo (BERNARDO, 1995).

Segundo levantamento no DIJA (FIERGÉTICA, 2001), para o sistema de irrigação pivô central, os valores de CUC e CUD foram de 82,8% e 74%, respectivamente, ficando abaixo dos valores recomendados para a cultura de sorgo, a qual foi cultivada na área de estudo. Os valores recomendados correspondem a um CUC acima de 88% e CUD acima de 80% (MERIAN et al., 1973 apud FIERGÉTICA, 2001). As prováveis causas destes baixos valores poderiam ser a distribuição inadequada dos aspersores, as existências de entupimento nos bocais, ou falha no funcionamento dos reguladores de pressão. Neste mesmo local foi observado encharcamento em diversos pontos provavelmente devido a altas taxas de aplicação de água.

Segundo Lopez (1975) apud Bezerra et al. (2002), a velocidade e direção do vento são os principais fatores que afetam negativamente o desempenho do sistema de pivô central, pois acarretam as maiores variações na uniformidade da água. Em relação à velocidade de deslocamento do sistema, parece não existir unanimidade quanto a sua influência sobre o desempenho da irrigação.

A eficiência do uso da água na irrigação depende também de outros fatores como a estimativa da necessidade hídrica da cultura, estimada pela diferença entre a necessidade das culturas, determinada pela sua evapotranspiração, e o suprimento natural através da precipitação efetiva (BARBOSA et al., 2005).

Em trabalho desenvolvido no Baixo Jaguaribe, pelos mesmos autores, se estimou a precipitação efetiva (P_{ef}) utilizando o método proposto pelo Soil Conservation Service (USDA – SCS), apresentado nas equações 9 e 10 abaixo:

$$P_{ef} = [P_t.(125 - 0,2P_t)]/125 \quad (9)$$

$$P_{ef} = 125 + 0,1.P_t \quad (10)$$

Onde:

P_{ef} = precipitação efetiva (mm.mês⁻¹)

P_t = precipitação total (mm.mês⁻¹)

A P_{ef} se refere à parte da precipitação que fica armazenada no solo até a profundidade efetiva das raízes das plantas e assim disponível para os cultivos (BARBOSA et al, 2005).

Também se estimou a E_{To} , Evapotranspiração de Referência ou Potencial, pelo método de Penman – Monteith / FAO. A evapotranspiração de referência ou potencial (E_{To}), prediz o efeito do clima sobre o nível de evapotranspiração da cultura. A E_{To} representa a taxa de evapotranspiração de uma área extensa coberta por uma grama verde pequena de 8 a 15 cm de altura, em ativo crescimento, sombreando completamente o terreno e sem escassez de água (DOORENBOS, 1994). O diferencial desse método é que propõe um fator de resistência que leva em consideração o “stress” da umidade da vegetação e do solo para estimar a evapotranspiração real de uma superfície vegetada (RIGUETTO, 1998).

Barbosa et al. (2005) observaram que a maior precipitação ocorreu no mês de março e que a maior demanda evapotranspirativa ocorreu no mês de outubro. Os autores explicaram que a estimativa do consumo de água para irrigação apresenta muitas incertezas, especialmente as decorrentes das condições climáticas entre diferentes localidades. A P_{ef} e a E_{To} foram utilizadas, no referido trabalho, como critérios para a análise de pedidos de outorga para a irrigação.

Constataram-se, em trabalho desenvolvido na Bacia do São Francisco, que os projetos de irrigação implantados não apresentavam um planejamento e nem manutenções adequados. Foram avaliados oito projetos de irrigação por pivô central. As perdas por evaporação e arraste nestes projetos foram em média 8% (RAMOS et al., 2003).

Segundo Diagnóstico Energético feito no Distrito de Irrigação Jaguaribe Apodi (FIERGÉTICA, 2001), avaliando um sistema de irrigação por pivô central, em área cultivada com sorgo, a eficiência de irrigação real constatada em condições de campo foi de 79,5%, para uma vazão de 212m³.h⁻¹ e um tempo de revolução de 33h com o percentímetro regulado para uma velocidade de 30%. O percentímetro é um dispositivo denominado temporizador percentual que comanda o intervalo de tempo que o motor da última torre deverá funcionar no espaço de 1 minuto. Constatou-se que a Eficiência real foi menor do que a Eficiência teórica do sistema que seria de 87,5%, segundo especificações do fabricante.

Segundo Fiergética (2001), as condições de déficit de água diminuem a eficiência do adubo nitrogenado e, principalmente, do fósforo, o qual se move por difusão. Em condições excessivas de aplicação de água têm-se observado doenças nas plantas, causadas por fungos do solo.

A uniformidade de aplicação de água dependerá de problemas de entupimento, variações na temperatura da água, controle no processo de fabricação dos gotejadores e variação de pressão ao longo da linha lateral.

Geralmente a irrigação localizada tem seu uso restrito somente a culturas nobres, com elevado retorno de capital, limitando-se a frutíferas e alguns hortigranjeiros.

Foi verificado que a temperatura da água influencia na vazão do gotejador, acarretando variações na uniformidade de distribuição.

A irrigação localizada, seja por gotejamento, microaspersão ou equivalente, deve ser feita em intervalos máximos de três dias para regiões úmidas e solos com teores de argila acima de 300g/Kg, e pelo menos duas vezes por dia em solos arenosos (AVALIA,2003).

Segundo Keller e Bliesner (1990) apud Avalia (2003), a irrigação localizada apresenta valores de eficiência de uniformidade da ordem de 80 a 90%.

Para o manejo de modo geral, devem ser considerados os parâmetros: grau de automação, reúso da água que escoar no final da parcela, necessidade de sistematização, medição de vazão, custo e disponibilidade de água e mão- de - obra, características da cultura irrigada etc. Também se deve considerar os parâmetros, quando irrigar, quanto aplicar por irrigação, uniformidade de aplicação, eficiência de irrigação, benefício da irrigação etc. (BERNARDO, 1989).

3.4 Manejo da Irrigação

O manejo da irrigação permite identificar, com base em critérios técnicos, o momento de início das irrigações, bem como definir a quantidade de água adequada para atender às necessidades hídricas da cultura (DOORENBOS e KASSAN, 1979 apud RAMOS et al., 2003), minimizando o consumo de energia, maximizando a eficiência de uso da água e mantendo favoráveis as condições de umidade do solo.

No manejo da Irrigação deve-se decidir quando e quanto irrigar. A quantidade d'água aplicada normalmente é calculada com base na quantidade d'água consumida pela cultura, dividida pela eficiência de aplicação. A quantidade de água a ser aplicada por irrigação tem de ser compatível com a capacidade de retenção d'água na zona radicular da cultura.

A decisão de quando se deve irrigar pode ser feita mediante a medição de deficiência d'água na planta, pela disponibilidade d'água no solo, pela evapotranspiração real, pelo turno de rega e pelo balanço d'água no solo.

A escolha do momento de irrigar requer a consideração de algumas variáveis como o clima, tipo e estágio de desenvolvimento da cultura e capacidade de armazenamento de água no solo. Atualmente as variáveis meteorológicas têm sido utilizadas para o controle da irrigação. Este método consiste na determinação do balanço hídrico do solo, usando a relação entre a disponibilidade de água no solo às plantas e a intensidade das perdas pelo processo de evapotranspiração.

O que mais influencia no quando irrigar é o tipo de distribuição d'água no projeto de irrigação. Têm-se vários tipos de distribuição, entre elas a Distribuição por demanda, a Distribuição por Solicitação, a Distribuição Contínua e a Distribuição em Rotação.

A Distribuição por Demanda disponibiliza continuamente água para o usuário; na Distribuição por Solicitação o usuário comunica à gerência do projeto quando e quanto deseja irrigar; na Distribuição Contínua o usuário receberá uma vazão contínua durante todo o ciclo de cultivo; na Distribuição por Rotação cada usuário receberá água com determinado intervalo de tempo (BERNARDO, 1995).

A utilização eficiente da água pelo irrigante necessita da conscientização prévia do mesmo, de incentivos econômicos e um continuado processo de informação sobre o consumo de água na irrigação (MARTIN – BENITO, 1995).

3.5 Sistema Solo – Água - Planta

Segundo Klar (1991), um solo com ótimas condições para o crescimento vegetal contém cerca de 50% de espaço poroso (25% de água e 25% de ar) e 50% de sólidos (45% de componentes minerais e 5% de matéria orgânica).

As propriedades físicas do solo afetam a capacidade de retenção desta. Solos com textura mais fina (19% de areia) retêm água em maior quantidade que os solos de textura grosseira (53% de areia). Estudos feitos por Klar (1974,1991) mostraram que as plantas desenvolvidas nos solos arenosos gastaram 91% em média, da água consumida nos argilosos e tiveram eficiência de uso da água de 87% das obtidas nos argilosos.

As partículas do solo atraem as moléculas de água em torno delas, adsorvendo-as em camadas sucessivas, e à medida que essas se distanciam da partícula, vão ficando menos atraídas (potencial de adsorção). Também ocorre outro fenômeno chamado de capilaridade, que depende da porosidade, da estrutura e dos poros. Ambos os fenômenos constituem o chamado potencial matricial. O potencial matricial provém da matriz do solo, adentrando-se por uma célula da planta, dos corpúsculos internos que a compõem e da própria parede celular. O potencial total da água (Ψ) é a somatória do potencial matricial (Ψ_m), osmótico (Ψ_0), de pressão (Ψ_p) e do gravitacional (Ψ_g) (KLAR, 1991).

O teor de umidade do solo é importante quando se quer quantificar a água armazenada, aquela a ser colocada no solo, a evapotranspirada ou percolada. No entanto ele não define o estado de energia da água, o que pode ser determinado pelo potencial de água, principalmente o potencial matricial. Existem vários métodos para determiná-los; entre eles, estão os tensiômetros.

A capacidade de água disponível no solo costuma ser definida como o teor de umidade do solo compreendido entre a capacidade de campo (Cc) e a porcentagem de murchamento permanente (PMP). Os fatores que afetam a capacidade de campo são a textura, tipo de argila, teor de matéria orgânica, profundidade de molhamento, umidade anterior ao umedecimento, presença de camadas de impedimento e evapotranspiração (KLAR, 1991).

O objetivo principal da irrigação é assegurar um bom desenvolvimento da cultura e sua máxima produtividade.

Alguns fatores da planta, tais como estágio de desenvolvimento, tipo de produto a colher e a profundidade do seu sistema radicular, definem desde a época de maior necessidade de água até a forma ou o melhor tipo de irrigação (A PLANTA, 2005).

A profundidade do sistema radicular é considerada como aquela em que 80% das raízes se desenvolvem, sendo importante para o cálculo da lâmina de água que será aplicada. Na tabela 03 se tem a profundidade efetiva de algumas culturas:

TABELA 03 - Profundidade Efetiva de Algumas Culturas

<i>CULTURA</i>	<i>PROFUNDIDADE (cm)</i>	<i>BIBLIOGRAFIA</i>
Abóbora	75 – 100	A PLANTA (2005)
Abóbora	20	FARIA & COSTA (1987)
Alface	20 – 30	A PLANTA (2005)
Alface	20	FARIA & COSTA (1987)
Alho	20 – 40	A PLANTA (2005)
Feijão	60	CORDEIRO et al. (1998)
Feijão	30	REICHARDT (1974)
Feijão	40 - 60	A PLANTA (2005)
Milho	80	WREGE et al. (1999)
Milho	30	REICHARDT (1990)
Banana	50 – 80	A PLANTA (2005)
Banana	60	BASSOI et al. (2004)
Banana	40	MONTENEGRO (2005)
Batata	30 – 75	A PLANTA (2005)
Cana de açúcar	120 - 200	A PLANTA (2005)
Café	150 - 300	A PLANTA (2005)
Cebola	30 - 50	A PLANTA (2005)
Algodão	30	REICHARDT (1990)
Goiaba	60	BASSOI et al.(2002)
Laranja	120 - 160	A PLANTA (2005)
Graviola	50	LIMA (2004)

<i>CULTURA</i>	<i>PROFUNDIDADE (cm)</i>	<i>BIBLIOGRAFIA</i>
Pimentão	40	CARRIJO et al. (2004)
Uva	100 - 200	A PLANTA (2005)
Morango	30	PIRES et al. (2000)

Para a mesma cultura podem-se encontrar diferentes valores de profundidade efetiva, como por exemplo, para o algodão no estágio produtivo, segundo REICHARDT (1990), pode atingir até 30cm de profundidade efetiva. Já em outro estudo, SEARA (1983) encontrou 60cm para a cultura do algodão. Alguns fatores como o tipo de solo, o clima e o manejo contribuem para essas diferenças de profundidades para uma mesma cultura.

O pimentão, segundo Carrijo et al (2004) pode atingir no seu estágio produtivo profundidades de 40cm.

Blanco et al (2002) citam uma profundidade efetiva para a Abóbora de 20cm em estágio produtivo.

3.6 Efeitos Adversos da Irrigação

Todos os biomas brasileiros vêm sendo impactados pela atividade agrícola. Estima-se que a caatinga foi alterada em 45,32% pelo homem.

A agricultura, além de ser o maior consumidor de água, também é uma grande fonte de poluição pontual e difusa. Os efluentes são ricos em sais, nutrientes e resíduos de pesticidas.

Segundo Christofidis (1999) apud D'Almeida (2002), os perímetros irrigados são usuários de tecnologia avançada, além de contribuírem para outras atividades como a economia, gerando empregos. Os benefícios dos projetos de irrigação são diversos, mas sabe-se que esta atividade também pode gerar impactos ao meio ambiente. Dentre esses impactos pode-se citar o consumo exagerado da disponibilidade hídrica da região, a contaminação dos recursos hídricos, a salinização dos recursos hídricos e do solo, cuja degradação em níveis elevados pode levar à desertificação (MMA, 1997; LIMA, 1999 apud D'ALMEIDA, 2002).

Segundo documento gerado pelo Ministério do Meio Ambiente, denominado "Agricultura Sustentável", para reduzir os problemas ambientais provocados pelo

desenvolvimento agrícola seria necessário tomar algumas medidas como: a manutenção, a longo prazo, dos recursos naturais e da produtividade agrícola; o mínimo de impactos adversos ao meio ambiente; retornos adequados aos produtores; otimização da produção com o mínimo de insumos externos; satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda e atendimentos às demandas sociais das famílias e das comunidades rurais (BEZERRA e VEIGA, 2000 apud FIGUEIRÊDO et al, 2005).

Os principais impactos da irrigação são a introdução intensiva de espécies exóticas de frutas e hortaliças, necessitando de constante tratamento fitossanitário, com o uso de agrotóxicos, a erosão laminar dos solos; a intensificação da urbanização causada pela atividade das áreas de economia dinâmica; o lançamento de esgotos sanitários sem prévio tratamento nos rios e a poluição causada pelo lixo urbano.

Um dos impactos relevantes é a degradação do solo que está associada a fatores edáficos. A retirada da cobertura vegetal também contribui para a erosão do solo. O uso intensivo de máquinas agrícolas provoca a compactação dos solos. Estes solos compactados encharcam-se facilmente facilitando o carreamento de sólidos, nutrientes, matéria orgânica e resíduos agroquímicos, que podem poluir os corpos hídricos. O grau de susceptibilidade dos solos está relacionado ao clima, topografia do terreno e tipo de solo. O processo acentuado de erosão associado ao desmatamento e variações climáticas pode levar ao processo de desertificação, como é observado no nordeste brasileiro. Segundo Soares et al. (1992) apud Figueiredo et al (2005), no estado do Ceará estima-se que 14% de suas áreas estão em processo de desertificação.

A salinização também traz muitos problemas à agricultura. Com a falta de manejo na irrigação, o sal vai se acumulando no solo, podendo prejudicar o desenvolvimento das plantas e reduzindo a sua produtividade agrícola. Estimativas do Ministério do Meio Ambiente apontam que, em 1998, os projetos públicos de irrigação do nordeste, apresentavam 2093 ha de terras salinizadas e 750ha em risco de salinização. (SANTOS e CÂMARA, 2002 apud FIGUEIRÊDO et al, 2005).

A irrigação contribui para a redução dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, tornando-se necessária a adoção de técnicas que otimizem o uso da água.

A contaminação de aquíferos subterrâneos por nitrato é um outro impacto relevante proveniente da agricultura. Em várias áreas agrícolas nos Estados Unidos foram detectados esses impactos (EHLERS, 1999 apud FIGUEIRÊDO et al 2005). No Brasil, a quantidade de fertilizante empregado na agricultura teve um aumento de aproximadamente 54% de 1992 a 2000.

O comportamento dos agrotóxicos no meio ambiente é em função da ação e degradação de cada ingrediente ativo nos compartimentos ambientais. A lixiviação e escoamento superficial favorecem a contaminação das águas subterrâneas. A intensidade do impacto dependerá da toxicidade ao ser humano e a outros organismos, assim como pode estar presente no solo, água, planta e atmosfera (SPADOTTO, 2002 apud FIGUEIRÊDO et al, 2005). Depois da aplicação de um agrotóxico, ocorrem vários processos físicos, químicos, físico – químicos e biológicos, determinando seu comportamento; são eles: retenção, transformação e de transporte e por interações entre esses processos (SPADOTTO e GOMES, 2004).

Os agrotóxicos são mais utilizados nas regiões Sudeste, Sul e Centro – Oeste. No Norte o consumo é de 1,3% e no Nordeste é de 5,8%.

Os fertilizantes agrícolas e a queima de resíduos agrícolas, assim com as plantações de arroz inundado, liberam gases como CH₄, CO₂, CO, N₂O e No_x, que contribuem para a poluição atmosférica, provocando o efeito estufa. Também se inclui a queimada para a limpeza de novas áreas e queima de restos de culturas que liberam CO₂ para a atmosfera. Estima-se que a agricultura contribui com 20% dos gases CH₄, N₂O e CO₂, que influenciam no efeito estufa (FIGUEIRÊDO et al, 2005).

Segundo BNB (2000) apud Cruz (2001), no pólo do baixo Jaguaribe, a ação antrópica pelo uso intensivo dos solos com a irrigação está causando impactos sobre o meio ambiente, como o desmatamento de áreas para serem irrigadas.

Segundo Cruz (2001), estudos feitos na Chapada do Apodi, efetuando monitoramento em sete pontos nesta região, mostraram que a qualidade da água da Chapada estava adequada para irrigação em relação aos sais totais e podem ser usadas sempre e quando houver uma lixiviação moderada de sais.

A água superficial derivada às áreas irrigadas do DIJA pode ser usada para irrigação com médio risco de salinidade (GHEYI ET AL., 1997 apud CRUZ, 2001).

O processo de salinidade inclui sais inorgânicos de sódio, magnésio, potássio e cálcio em forma de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos e nitratos, que estão dissolvidos na água ou presentes no solo. Um desequilíbrio destes pode causar impactos ao permitir o desenvolvimento de diferentes espécies de plantas e de animais que não faziam parte do ecossistema (SKOGERBOE et al., 1997 apud CRUZ, 2001).

As fontes de salinidade, provenientes da agricultura irrigada resultam de escoamento superficial, perdas nos canais e nas laterais, bem como perdas por percolação profunda proveniente de irrigações excessivas dos cultivos.

Concentrações elevadas desses sais aumentam o efeito osmótico da solução aquosa do solo, dificultando a absorção da água pelas raízes, com conseqüente deficiência hídrica nas plantas.

No caso do sódio, o mesmo apresenta um efeito iônico específico, podendo provocar dispersão de argila e impermeabilidade completa do solo, tornando-o improdutivo.

O problema de salinidade no sistema solo-água-planta existe em potencial em qualquer região, havendo maior ou menor evidência em função da concentração de cátions solúveis na solução do solo, da drenagem natural do mesmo, das flutuações do lençol freático no perfil, da lixiviação promovida pelas chuvas locais e, sobretudo dos acréscimos introduzidos no manejo do sistema solo- água- planta.

Este tipo de poluição não pontual é a responsável pela contaminação tanto de águas subterrâneas como superficiais. Pesquisadores observaram que a poluição causava aumento de turbidez e resíduos agrotóxicos decorrentes da erosão. Também em estudos na Chapada do Apodi, constatou-se a presença de patógenos em 92,2% das amostras analisadas (CRUZ, 2001).

Segundo Spadotto & Gomes (2004), existe uma estreita relação entre a agricultura moderna intensiva e o uso de agrotóxicos. Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação), as perdas na produção agrícola devido a problemas fitossanitários chegam a 35%. O papel dos agrotóxicos é de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas invasoras; por outro lado, podem ser prejudiciais a saúde humana e ao meio ambiente.

Segundo D'Almeida (2002), o produtor rural irriga muitas vezes em excesso por desconhecer os métodos de controle da irrigação e temem que a cultura sofra um estresse hídrico, comprometendo assim a produção. O excesso de água pode causar danos ao solo e às plantas, além de desperdiçar energia, pelo bombeamento desnecessário (CEMIG, 1993 apud D'ALMEIDA, 2002).

Há também outros impactos sócio-econômicos oriundos dos perímetros irrigados. Segundo trabalho desenvolvido no Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi (SEGUNDO & DE PAULA, 1997), os principais problemas apontados pelos irrigantes em relação a este perímetro foram a administração da cooperativa, a falta de crédito agrícola, a falta de conclusão do projeto, a manutenção do projeto e o abandono das autoridades estaduais e federais. A maioria dos irrigantes prefere que os seus filhos exerçam outras profissões, por acreditarem que a agricultura irrigada seja uma atividade problemática e pouco lucrativa.

3.7 Qualidade de Água

Na medida em que se torna mais intenso e diversificado o uso dos mananciais e de suas bacias hidrográficas, maior é a necessidade de se definir formas de manejo sustentado e de gestão ambiental desses ecossistemas. Para isso, torna-se necessário um monitoramento sistemático, o qual resulta em séries temporais de dados que permitam avaliar a evolução da qualidade do corpo aquático e conhecer tendências de sua variação.

Para a avaliação dos corpos d'águas superficiais, utiliza-se atualmente no Brasil a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Esta legislação dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, assim como também estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

As águas superficiais são divididas em classe doces, salobras e salinas e estas são subdivididas em treze classes de qualidade requerida para os seus usos preponderantes. As águas doces são divididas em cinco classes: especial, 1, 2, 3 e 4; As águas salinas são divididas em classe especial, 1, 2 e 3 e as águas salobras em classes especial, 1, 2 e 3. Os parâmetros utilizados para analisar a qualidade da água são parâmetros biológicos, bacteriológicos, orgânicos e inorgânicos. Para cada classe existe o limite aceitável para cada parâmetro, assim como os seus usos preponderantes: águas destinadas ao consumo humano após tratamento simplificado ou convencional, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e assim por diante.

Segundo Von Sperling & Möller (1995), as formas de poluição das águas são variadas, e podem ser de origem natural ou antrópica. Os principais processos poluidores da água são: contaminação, assoreamento, eutrofização e acidificação. A contaminação se dá pela introdução de substâncias nocivas à saúde e às espécies da vida aquática; o assoreamento é o acúmulo de substâncias minerais, como areia ou orgânicas (lodo) em um corpo de água; a eutrofização é o acúmulo excessivo de nutrientes causando o crescimento de algas e plantas aquáticas; e acidificação, que é o abaixamento do pH, como decorrência da chuva ácida.

Toledo & Nicollela (2002) comentam que o monitoramento da qualidade da água é necessário a partir de informações objetivas e interpretáveis, partindo de critérios que considerem as características dos recursos hídricos. Sob esse ponto de vista os índices de qualidade podem facilitar o monitoramento, fornecendo informações resumidas dos dados de qualidade de água de uma forma geral.

No Brasil, pioneiramente a CETESB/SP, a partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o IQA - Índice de Qualidade das Águas, que incorpora nove variáveis e seus respectivos parâmetros, considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público (CETESB, 2003 apud ANA, 2005).

Existem vários índices de qualidade de água, dentre os mais utilizados tem-se o IQA. Este tipo de índice é uma forma de medida derivada da relação de um grupo de variáveis em uma escala comum, sendo combinadas em um único número (NORONHA et al, 2003).

A dispersão dos poluentes agrícolas no meio ambiente depende do tipo de solo e da atividade macrobiana nele desenvolvida, do tipo de cultura agrícola, das propriedades físico – químicas das substâncias, do escoamento da água na matriz do solo e das condições ambientais (Temperatura, umidade, pH, OD etc.), tendo grande influência na ocorrência dos diferentes fenômenos.

Na literatura, foram identificados alguns papéis básicos dos índices de qualidade das águas:

- Como instrumento acessório na interpretação de dados e na avaliação dos resultados;
- Como representação da qualidade da água numa escala numérica, fornecendo meios para julgar a efetividade do programa de controle ambiental;
- Como elemento de comparação da condição da água ao longo do tempo e em várias localizações geográficas;
- Como meio de comunicação explícita entre profissionais e o público, com a transmissão em termos simples e de fácil entendimento de informações sobre a qualidade de água e a localização da poluição.

O índice-IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

Com a mesma finalidade para estabelecer um IQA para um corpo d'água específico, pode-se utilizar outras ferramentas como as técnicas de análises estatísticas multivariadas: Análise de Componente Principal e Análise Fatorial que transformam linearmente um conjunto original de variáveis num conjunto substancialmente menor de

variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original (SILVEIRA, 2000).

A principal diferença entre as duas técnicas é que a Análise de Componente Principal parte da ausência de um modelo estatístico subjacente na divisão das variáveis observadas e focaliza a explicação da variação total das mesmas, baseando-se nas propriedades da variância máxima das componentes principais. A análise fatorial, por outro lado, parte de um modelo estatístico prévio que divide a variância total (DUNTEMAN, 1989 apud SILVEIRA, 2000).

A técnica de componentes principais é composta das seguintes etapas para construir o modelo estatístico: Normalização dos dados originais; Elaboração da matriz de correlação; Adequacidade do modelo; extração do número de componentes e comunalidades de cada variável; extração dos fatores de cada componente e transformação dos fatores (ANDRADE et al, 2003).

A técnica de análise fatorial demanda três etapas: Preparação da matriz de correlação; extração dos fatores comuns e a possível redução de espaço e a rotação dos eixos relativos aos fatores comuns, visando uma solução mais simples e facilmente interpretável (TOLEDO & NICOLLELA, 2002).

Segundo Jonhson e Wichern (1978) apud Monteiro & Pinheiro (2004), quando o objetivo é efetuar uma classificação usando um índice, o método mais indicado para a extração dos fatores é o dos componentes principais.

Considerando que a qualidade da água é um atributo geral das águas superficiais, independentemente do uso que se faz dela, foram desenvolvidos índices gerais, entre eles o índice de Horton, o índice da National Sanitation Foundation (NSF – WQI), o índice de Prati, o índice de Smith e o índice de Bascarán.

Horton desenvolveu o primeiro IQA de uso geral. Ele selecionou 8 parâmetros e atribuiu a cada um deles um escala de classificação e um peso de acordo com a significância relativa na qualidade geral do corpo d'água.

A National Science. Foundation. desenvolveu o NSF – WQI com base no método Delphi, técnica de pesquisa de opinião que pode ser empregada para extrair informações de um grupo de profissionais, buscando maior convergência nos dados dos parâmetros. O estudo para elaborar formulações diferenciadas mostrou que a multiplicativa é a melhor concordância, após o questionamento de vários profissionais e a comparação das fórmulas.

Prati e colaboradores desenvolveram seu sistema de classificação, o qual envolvia treze poluentes, com faixas de variação em cinco classes. Funções matemáticas explícitas

foram desenvolvidas para cada poluente, formando os sub-índices, consistentes com a faixa de classificação. (OTT, 1978 apud PINHEIRO, 2004).

O índice de Bascáran adota valor percentual correspondente ao valor do parâmetro considerado e ao peso correspondente de cada parâmetro (CONESA, 1985 apud PINHEIRO, 2004).

Desde 1974, a CETESB utiliza o IQA adaptado do índice desenvolvido pela NSF, o qual incorpora nove parâmetros, escolhidos pelos diferentes especialistas como os mais relevantes para a avaliação das águas destinadas ao abastecimento público.

A CETESB, a partir de 1998, iniciou o desenvolvimento de dois novos índices de qualidade de água: o índice de Qualidade de água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) e o índice de proteção da vida aquática (IVA).

Existem outras técnicas para se calcular o IQA. A CETESB adaptou este índice para a realidade brasileira. Existem técnicas como a técnica multivariada de análise fatorial para calcular o mesmo índice (TOLEDO & NICOLLELA, 2002). Esta última pode ser elaborada através do software SPSS, programa estatístico.

Segundo a CETESB (2004), a principal desvantagem, no caso do IQA, consiste na perda de informações das variáveis individuais e da interação entre as mesmas. Apesar deste fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

Em estudo feito na Itália para examinar a distribuição de água potável em uma bacia hidrográfica, os pesquisadores utilizaram a análise de fatores para reduzir o número de variáveis utilizadas, selecionando apenas aquelas que eram consideradas significantes. Na análise de fator, as variáveis são agrupadas em combinações lineares chamadas de componentes ou fatores. Com este procedimento, foi determinado para essa região um modelo estatístico linear onde os dois fatores predominantes correspondiam à atividade antrópica e à disponibilidade de água (MASCIOPINTO et al., 1999).

Segundo a Agência Nacional das Águas – ANA (2005), atualmente 11 estados brasileiros utilizam o índice de qualidade das águas (IQA) como indicador das condições dos corpos d'água: Amapá, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Sul, São Paulo e Distrito Federal, englobando sete regiões hidrográficas.

3.8 Avaliação de Impactos Ambientais

Segundo Rodrigues & Irias (2004), a avaliação dos impactos ambientais da agricultura irrigada é essencial para promover o entendimento dos processos de degradação dos recursos naturais a fim de orientar a escolha do tipo de tecnologia adequada para o processo produtivo, as medidas corretivas a tomar e o manejo adequado que permita atingir o máximo de benefícios sociais com o mínimo de prejuízos ambientais.

Bertolini & Lombardi Neto (1993) cita a necessidade de desenvolver ações que minimizem os impactos causados pela agricultura. Dentre essas ações pode-se citar o aumento da cobertura vegetal do solo, visando reduzir a erosão hídrica; Essa medida reduziria também o processo de assoreamento e inundação dos canais do perímetro.

O controle do escoamento superficial seria outra ação estratégica que reduziria a poluição dos mananciais por sedimentos ou insumos agrícolas.

Bertolini & Lombardi Neto (1993) comenta sobre tecnologias que podem ser utilizadas para o controle desses processos. Dentre elas, pode-se citar:

- Uso da terra segundo sua capacidade de uso;
- Preparo do solo adequado quanto ao tipo de implementos, intensidade e umidade, diminuindo a desestruturação, melhorando a aeração do solo e aumentando a infiltração das águas pluviais.
- manter ou restaurar as matas naturais ciliares ou de encostas íngremes a fim de evitar erosão;
- Para preservar certo equilíbrio biológico, pode ser montado um habitat adequado para as espécies nativas;
- Usar barreiras de vegetação (permanente ou não) ou barreiras mecânicas (terraço, cordões..) para reter o escoamento superficial ou conduzir as águas de forma segura para os canais de drenagem natural;

Um problema comum encontrado em áreas irrigadas é o destino inadequado para o descarte das embalagens de agrotóxicos. Estas são muitas vezes queimados ou descartados no próprio terreno, após o seu uso. Esta realidade foi constatada nos Perímetros Irrigados Públicos da Bacia do Curu,, por Lima (2005), onde sugeriu-se que fossem adotadas medidas como a criação de centrais para a coleta dos resíduos sólidos (embalagens).

Quanto à salinização dos solos, Batista et al. (2002), comentam que esta pode ser evitada através de uma irrigação eficiente ou por meio de instalação de sistema de drenagem subterrânea, para promover a lavagem dos sais do solo.

Impacto ambiental “pode ser qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota e a qualidade dos recursos ambientais” (SPADOTTO & GOMES, 2004).

Outras definições consideram que o impacto ambiental pode ser qualquer alteração seja ela significativa ou não (LIMA, 1990 apud SPADOTTO & GOMES, 2004).

As avaliações de impactos ambientais são importantes para identificar, prever e interpretar e prevenir as conseqüências ou efeitos ambientais. Essas também são utilizadas como instrumento de política ambiental capaz de subsidiar o processo de tomada de decisão, já que se atêm às ações propostas políticas, planos, programas e novas tecnologias (MOREIRA, 1985 apud SPADOTTO & GOMES, 2004).

A avaliação de impactos pode ocorrer em dois momentos: antes da ação potencialmente impactante (ex ante) e depois dela (ex post). Esta avaliação não deve ser considerada apenas uma técnica, mas sim como “dimensão política de gerenciamento, educação da sociedade e coordenação de ações impactantes”. (CLÁUDIO, 1987 apud SPADOTTO, 2004).

Os impactos ambientais podem ser classificados qualitativamente segundo seis critérios: valor, ordem, espaço, tempo, dinâmica e plástica (SILVA, 1994 apud SPADOTTO & GOMES, 2004).

O valor do impacto diz respeito se este é positivo (benéfico) ou negativo (adverso). A ordem refere-se ao impacto ser direto ou indireto. O critério espaço analisa se o impacto tem dimensão local, regional ou se tem grande influência geográfica ou global. O critério tempo identifica se o impacto é de curto, médio ou longo prazo. O critério dinâmico remete ao impacto temporário, cíclico ou permanente. O critério plástica refere-se se ao impacto ser reversível ou irreversível. Em áreas agrícolas podem-se considerar impactos de fonte difusas ou pontuais.

Sob a dimensão ecológica, os impactos podem ser classificados segundo o compartimento afetado: solo, água, planta e atmosfera.

Segundo documento gerado pelo ministério do Meio Ambiente, denominado “Agricultura Sustentável”, com a finalidade de reduzir os problemas ambientais provocados pelo desenvolvimento agrícola é necessário adotar algumas medidas para garantir a sustentabilidade dessa atividade, como: a manutenção, a longo prazo, dos recursos naturais e da produtividade agrícola; o mínimo de impactos adversos ao meio ambiente; retornos

adequados dos produtores; otimização da produção com o mínimo de insumos externos; satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda; e atendimentos às demandas sociais das famílias e das comunidades rurais (BEZERRA e VEIGA, 2000 apud FIGUEIRÊDO et al.,2005).

Os impactos ambientais na agricultura estão relacionados aos solos, água, ar e seres vivos.

Em relação ao uso de agrotóxicos, o impacto pode ser classificado em inexistente, desprezível, pequeno, médio, alto e muito alto.

Os impactos ainda podem ser vistos como: impactos intrínsecos ou extrínsecos. O impacto intrínseco refere-se ao efeito das atividades agrícolas sobre a própria agricultura; O impacto extrínseco refere-se aos efeitos que surgem nas atividades agrícolas e que se expandem além de seus limites, em escala local, regional e/ou global; Esses impactos externos dizem respeito aos efeitos sobre a agricultura causada por outras atividades (mineradoras, industriais, urbanas, legisladoras etc.) ou de alterações globais.

Segundo Schaeffer (1986) Apud Oliveira (2002), as metodologias para a avaliação de impactos podem ser agrupadas em quatro: sistemas de redes e gráficos e sistemas cartográficos; métodos baseados em indicadores; índices e integração de avaliação e métodos quantitativos.

Dentre os métodos de análise de impactos ambientais pode-se citar o método de Leopold, o qual relaciona as ações com os fatores ambientais. O seu princípio é promover o máximo de interações das ações e fatores, para estabelecer, em escala numérica, os seus atributos, como a magnitude, importância, valoração e duração. O método apresenta várias vantagens como a abrangência quanto à identificação dos impactos, baixo custo de montagem e ser multidisciplinar.

Existem várias críticas a respeito desse método de avaliação, entre eles, não explicita claramente as bases de cálculo das escalas de pontuação dos atributos; a não-identificação das inter-relações dos impactos e a pertinência ou não de se calcular um índice global de impacto resultante da soma ponderada dos impactos específicos.

Outro método é o de Battelli ou Sistema de Avaliação Ambiental. Este foi desenvolvido para projetos hídricos. A metodologia é constituída de quatro categorias ambientais, que se desdobram em 18 parâmetros. O grau de impacto líquido para cada parâmetro é dado por:

$$UIA = UIP. Q. A \quad (11)$$

Onde:

UIA = Unidade de impacto ambiental;

UIP = Unidade de importância;

Q.A = índice de qualidade ambiental.

Para calcular um índice global de impacto tem-se:

UIA com projeto – UIA sem projeto = UIA do projeto.

O índice de qualidade ambiental é determinado a partir de medição dos parâmetros em suas respectivas unidades e posterior conversão, mediante funções características de cada parâmetro, em uma escala intervalar que varia de 0 a 1.

O método de Loudheim (1978), “utiliza especialidades para a determinação da magnitude e representantes do público para pontuação da importância” (OLIVEIRA, 2002).

O método de McHarg consiste no uso de técnicas cartográficas para determinar a localização e a extensão dos impactos sobre o meio (OLIVEIRA, 2002).

O método de Avaliação do Comitê de Grandes Barragens foi inspirado na matriz de Leopold. O método consiste numa matriz cujo eixo horizontal representa os efeitos sobre o meio, enquanto o eixo vertical representa as características do projeto (OLIVEIRA, 2002).

O método de Avaliação Ponderal dos Impactos Ambientais (APIA), empregado por Bianchi et al. (1989) Apud Oliveira (2002), resultou da evolução matricial proposta por Leopold. Envolve a atribuição de pesos variando de 1 a 3 para os atributos. Os projetos são analisados sem e com as medidas mitigadoras.

Outro método é a utilização do “Forest Service of the Unites States Agricultural Department”, que consiste na verificação dos efeitos ambientais, “com” e “sem” a implantação da atividade analisada. Cada variável é ponderada de acordo com a sua significância para a região em estudo.

A Simulação de Monte Carlo é um método probabilístico de análise de impactos ambientais que consiste de quatro etapas:

- a) Identificar a distribuição de probabilidade de cada série das variáveis relevantes;
- b) Sortear ou selecionar ao acaso um valor de cada variável, a partir de sua distribuição de probabilidade;
- c) Calcular o valor do indicador de escolha, cada vez que for feito o sorteio indicado no item anterior;
- d) Repetir o processo até que se obtenha uma forma adequada da distribuição de frequência do indicador de escolha.

À falta de maiores informações, a análise pode ser feita com a utilização da distribuição de probabilidade triangular. Este método de análise de risco ambiental já foi

empregado por Vieira (1979) e mede quantitativamente a probabilidade de um impacto ser negativo ou positivo, por exemplo.

Segundo Rodrigues & Irias (2004), para caracterizar o impacto da agricultura irrigada sobre o meio ambiente, pode-se utilizar uma lista de controle descritiva (Tabela 04) a fim de enumerar os sistemas de monitoração e as medidas de mitigação necessárias, bem como a potencialização dos impactos positivos.

TABELA 04 - Lista de Controle Descritiva para Avaliação dos Impactos de Projetos de Irrigação e Critérios para Avaliação.

FATOR	CRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO
1. Modificação do regime hídrico a) Qualidade da água; b) Quantidade e disponibilidade de água;	Interferência da irrigação sobre usos múltiplos, presentes ou potenciais, do recurso hídrico (consideração do volume a ser consumido e conservação de qualidade, ou seja, método de irrigação e controle de escoamento).
2. Modificação do manejo do solo	Efeitos da aplicação de água na conservação de nutrientes (lixiviação, salinização) e do solo (controle de erosão, compactação, sistema de cultivo).
3. Modificação do sistema de produção	Tendências de introdução de culturas e cultivares, rotação, manejo da matéria orgânica e da palhada, pousio.
4. Modificação do comportamento de pragas e doenças	Avaliação da progressão de níveis de dano econômico, rotação, seleção de pesticidas e manejo integrado de pragas, métodos de aplicação de pesticidas (com implicações sobre contaminação).
5. Modificação da infraestrutura	Capacidade de armazenamento e escoamento da produção.
6. Modificação das relações trabalhistas	Disponibilidade de mão de obra, regime de contratação, segurança do trabalhador, bem estar social.
7. Modificação da base econômica	Valor da terra, capacidade de investimento, diversificação.
8. Sustentabilidade do sistema	Conservação da base de recursos, existência e abertura de mercados, agroindustrialização e diversificação da produção.

Fonte: RODRIGUES (1998) apud RODRIGUES & IRIAS (2004).

São utilizados três níveis de complexidade, referentes ao meio biótico, abiótico, socioeconômico e cultural, como base para as ações mitigadoras dos impactos na agricultura irrigada. No meio abiótico, que se refere ao ambiente físico-químico, recomenda-se a “adequação técnica de irrigação ao tipo de solo, redução da exposição do solo descoberto,

emprego de rotação das culturas e plantio direto para culturas anuais, manutenção de cordões de vegetação permanente e quebra-ventos, e cuidados técnicos gerais com os equipamentos e sistemas complementares de controle de aplicação, drenagem e tratamento de água” (RODRIGUES & IRIAS, 2004).

Em relação ao meio biótico, que se refere às interações entre os organismos e o ambiente, os mesmos autores comentam a prioridade que deve se ter “a conservação de remanescentes de vegetação nativa e áreas úmidas, preservando e recuperando áreas contínuas de vegetação nativa em torno de parcelas irrigadas como reservatório de inimigos naturais de pragas e corredores de vida silvestre” (RODRIGUES & IRIAS, 2004).

Quanto às considerações socioeconômicas e culturais, segundo os autores, devem-se implantar nas áreas irrigadas, programas de extensão rural, transferência de tecnologia e educação ambiental, programas de saúde e educação sanitária que levem em conta os hábitos estabelecidos das comunidades locais.

3.9 Geoprocessamento

O Sistema de Informações Geográficas - SIG é um importante instrumento para a análise de dados, seja ele meteorológico, de relevo e outros, auxiliando em tomadas de decisões, quando estas forem necessárias.

Segundo Mendes & Cirilo (2001), o geoprocessamento é mais uma forma de modelar o ambiente, ressaltando que essa simulação pode trazer consigo alguns riscos, podendo resultar em previsões inadequadas; ao mesmo tempo, essa ferramenta é capaz de manipular as funções que representam os processos ambientais de forma simples e eficiente economizando recursos e tempo.

O sistema de Informações Geográficas une a base espacial de referência e as informações em torno de uma entidade particular do mapa. A Informação Geográfica é armazenada como entidade de um objeto geograficamente representado (MENDES & CIRILO, 2001). Dentre os seus benefícios, pode-se citar:

- Criação de um banco de dados georreferenciado;
- Facilidade de atualização permanente de informações armazenadas;
- Flexibilidade para imediata reprodução de plantas cartográficas;

- O processamento rápido e eficiente de todos os dados de origem e características diversas, uma vez estabelecidas às inter-relações entre todos os planos de informações, fundamentais na codificação espacial.

Programas, como o ARCVIEW GIS 3.2, IDRISI, SURFER, geram mapas que ajudam na avaliação de um fenômeno que se pretende classificar ou identificar, mediante a rápida visualização do comportamento espacial da variável sob estudo. Podem-se gerar mapas temáticos, mapas cadastrais ou de redes, os quais são bastante úteis e facilitam a manipulação dos dados (TEIXEIRA, 2002).

O programa ARCVIEW é um dos programas mais utilizados para a confecção de mapas, pois facilita a integração dos dados de toda uma organização e os trabalha em uma perspectiva geográfica (ESRI PORTUGAL, 2002).

- Análise de Imagens de Satélite

O surgimento das imagens de satélite possibilitou a aquisição de informações mais detalhadas da superfície terrestre, além da criação de um nível de percepção mais global, complementar às fotografias aéreas e aos levantamentos de campo, com a obtenção de informações radiométricas digitais de grandes extensões (CROSTA, 1992).

As imagens de sensoriamento remoto servem como banco de dados para estudos de monitoramentos ambientais e podem ainda abranger várias áreas de estudo, como a geologia, hidrologia, geografia, a meteorologia etc. Com estas imagens procura-se identificar, extrair, condensar e realçar, para determinado fim, os dados que compõem essas imagens.

A imagem de Sensoriamento Remoto classificada é uma forma de mapa digital temático, mostrando a distribuição geográfica de um tema, como a vegetação ou solo.

A Resolução Espacial é a área representada pelo pixel no solo. Por exemplo, se o satélite possui resolução espacial de 25 metros, isto quer dizer que cada pixel representa 25 x 25 m no solo (625 m²).

A Resolução Temporal é a frequência com que a imagem pode ser obtida, por exemplo, o LANDSAT7 possui a frequência de 16 dias.

O satélite LANDSAT 7 possui 8 bandas sendo uma pancromática; A sua resolução espacial é de 25 m. Foi lançado em 15 de abril de 1999 (TEIXEIRA, 2006).

O satélite CBERS possui 5 bandas, sendo uma pancromática; sua resolução espacial é de 20m e sua altitude é de 778km, com período de recobrimento de 26 dias, foi lançado em 1999 em uma parceria entre o Brasil e a China (MANUAL DO ENVI, 2004).

A classificação de uma área de interesse tem como objetivo distinguir e identificar as composições de diferentes materiais superficiais sejam eles vegetação, solo, hidrologia e etc.

Os métodos de classificação se dividem basicamente em duas categorias: a classificação supervisionada e a não – supervisionada. A primeira é mais utilizada na análise quantitativa dos dados de sensoriamento remoto e se baseia no uso de algoritmos para se determinar os pixels que representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe (MANUAL DO ENVI, 2004).

O método escolhido para classificação é dito supervisionado porque existe um conhecimento prévio de algumas áreas em que se deseja trabalhar, o que permite a seleção de amostras de treinamento confiáveis (LEÃO et al, 2003).

3.10 Análise de Risco

Segundo Molak (1997) Apud Vieira (2002) a análise de risco pode ser definida como uma metodologia que avalia e determina a probabilidade de um efeito adverso de um agente natural ou não, ou de algum tipo de tecnologia.

Primeiro procura-se identificar os riscos, suas causas e suas formas de ocorrência.

Esses riscos, associados a diversas atividades, podem ter caráter nitidamente subjetivo, necessitando assim atribuir ao evento indesejável uma escala de valores ou através de expressões lingüísticas (VIEIRA, 2002).

Os riscos poderão ser ordenados ou priorizados, possibilitando ao tomador de decisão um posicionamento adequado às suas aspirações e perspectivas.

Os riscos em Recursos Hídricos estão associados aos fenômenos hidrológicos, ao funcionamento hidráulico dos equipamentos e à estabilidade das estruturas submetidas a esforços hidrostáticos e hidrodinâmicos.

Segundo Raftery (1994) apud Vieira (2005), “o risco tem atributos quantificáveis enquanto a incerteza não os tem”.

Segundo Vieira (1979), existem diferentes significados para as palavras Risco e Incertezas. Não é usual usá-los como sinônimos.

O risco é a probabilidade de exceder ou não as distribuições de probabilidade de variáveis randômicas relacionadas aos sistemas hídricos naturais ou artificiais.

Incertezas são todos os erros que envolvem as relações do homem com a natureza (YEVJEVICH, 1976 apud VIEIRA, 1979).

A análise de risco ainda pode ser definida como uma metodologia que “avalia e determina a probabilidade de um efeito adverso de um agente, processo industrial, tecnologia, ou processo natural” (MOLAK, 1997 apud VIEIRA, 2005).

A análise de risco pode ser dividida em duas etapas:

- a) qualificação ou identificação dos riscos;
- b) quantificação ou avaliação dos riscos;

A identificação refere-se ao levantamento das incertezas existentes. Devem-se utilizar listas sistemáticas de checagem para classificar os riscos em categorias como: Administração, Ambiental, Política e outras. Essa identificação precisa ter uma visão multidisciplinar e uma ampla discussão entre os interessados ou envolvidos.

Além da identificação subjetiva das incertezas e riscos, associado às diversas atividades, deve-se atribuir ao evento indesejável e ao respectivo impacto, escalas de valores, através de expressões como: Nulo (N), Muito Baixo (MB), Baixo (B), Regular (R), Alto (A) e Muito Alto (MA).

Existem várias abordagens e métodos para avaliar quantitativamente os riscos. As abordagens podem ser determinísticas, probabilísticas ou difusas. Na abordagem determinística o risco pode ser quantificado por padrões e coeficientes de segurança, que são uma forma prática de tomar decisões, sob condições de incerteza no futuro. Outra forma de analisar deterministicamente os riscos é fazendo uma convencional análise de sensibilidade, onde os principais parâmetros são arbitrariamente submetidos a variações, geralmente pessimistas, subjetivamente escolhidas, verificando-se a influência dessas variações nos resultados ou funcionamento dos projetos (VIEIRA, 2002).

Na abordagem probabilística o risco pode ser medido por um coeficiente de desempenho ($Z = C - S$) da obra ou sistema hídrico. Z também é chamado de margem de segurança. C seria a capacidade do sistema e S o conjunto de solicitações. C e S podem ser consideradas variáveis probabilísticas ou difusas dependendo da abordagem (VIEIRA, 2005). Dentre os métodos probabilísticos pode-se citar o método de Período de Retorno, Integração Direta, Simulação de Monte Carlo, AFOSM (advanced first - order second - moment), MFOSM (mean- value first-order second-moment), índice de confiabilidade e o PEM (Point estimate method).

A abordagem difusa é utilizada principalmente quando não se tem dados suficientes para a construção das funções densidade de probabilidade. Nesta abordagem, Z é considerada uma variável difusa, definida em certo intervalo real, cujos valores estão associados a níveis de pertinência, através da função de pertinência.

4 METODOLOGIA

4.1 Informações Básicas sobre a Área de Estudo

A área do projeto está situada nos municípios de Limoeiro do Norte, entre as coordenadas geográficas 05° 20' de Latitude Sul e 38° 5' de longitude Oeste (DNOCS, 2006). Esta área foi escolhida para ser irrigada, por apresentar um solo com grande potencial agrícola e com excelentes propriedades físicas e químicas.

Segundo o DNOCS (1988), a região da Chapada do Apodi possui dois períodos distintos: um deles corresponde ao período seco, que se prolonga por sete a oito meses, e outro ao período chuvoso, que dificilmente ultrapassa os cinco meses.

A área possui uma precipitação média anual em torno de 658mm, concentradas nos meses de fevereiro a abril.

Em virtude da baixa latitude e ausência de fatores geográficos influenciadores, a temperatura da área em estudo apresenta-se sem grande variação anual. A temperatura média anual fica em torno de 27,3°C.

A velocidade média anual do vento é em torno de 3,88 m/s e a amplitude mensal é da ordem de 2,78 m/s.

A umidade relativa média é de 68,3%. A evaporação é bastante elevada, devido às condições climáticas da região.

A área de estudo situa-se na borda oeste da Bacia Potiguar, que se estende desde a zona fronteira a oeste do Estado do Ceará, prolongando-se por toda a parte norte do estado do Rio Grande do Norte, abrangendo uma superfície de cerca de 23.000km².

Ainda segundo (DNOCS, 1988) a chapada do Apodi apresenta uma superfície bem conservada até um nível aproximado de 250m. É capeada por calcário pertencente à formação Jandaira que forma pequena cornija responsável pelo desnível com o arenito da Formação Açu. O topo é levemente rampeado para o Norte, conferindo ao relevo um aspecto custiforme.

Segundo BRASIL (1973) apud Alencar (2002), a região da Chapada do Apodi possui 50% da área de Cambissolos Típicos e intermediários e cerca de 30% são de Latossolos Típicos e intermediários; o restante é coberto por outros solos de menor expressão geográfica. Tais solos são provenientes, em sua maioria, de Calcário Arenítico, com alguns, provavelmente, sofrendo influência de material retrabalhado.

As características do Calcário da Chapada são as presenças de muscovita como impureza, calcita, dolomita, mica, vermiculita e esmetita. Vale ressaltar que solos derivados de calcários são geralmente avermelhados e argilosos (BUOL et al., 1997 apud ALENCAR 2002).

A vegetação primitiva é a caatinga hiperxerófila, a qual apresenta maior grau de xerofitismo. É predominantemente arbustiva, menos densa, com indivíduos de porte baixo, espinhentos e cujas folhas na época seca caem totalmente (BRASIL, 1973 apud ALENCAR, 2002).

O rio Quixeré, onde é feita a captação para o DIJA, não recebe contribuição significativa dos aquíferos em nenhuma época do ano. Este rio perde por evaporação cerca de 2,8% por dia da vazão e 7% por dia por infiltração (GOMES, 2005).

Segundo (CEARÁ, 2003b) apud Barbosa et al (2005), após a conclusão da Construção do Castanhão em 2003, a vazão regularizada do rio Jaguaribe, à sua jusante, passou de 22 para 57 m³/s, com 90% de garantia, possibilitando a expansão de áreas irrigadas.

4.2 Informações Técnicas do Projeto de Irrigação (DIJA)

Unidades Componentes do Sistema:

a) Barragem de Derivação (Pedrinhas):

Construída no braço direito do rio Jaguaribe, denominado “Quixeré”, a Barragem das Pedrinhas (Figura 03) tem a função de manter um nível mínimo de garantia ao funcionamento dos conjuntos motor – bombas da Estação Elevatória Principal. Consiste numa barragem de maciço do tipo homogêneo em concreto ciclópico com 200m de extensão de crista. Esta equipada com descarga de fundo operada por comportas garantindo uma vazão máxima a jusante de 7,0 m³/s e que promovem a limpeza na entrada do canal de captação.



FIGURA 03 - Barragem das Pedrinhas

b) Canal de Captação

Localizada imediatamente a montante da barragem (Predinhas), com comprimento aproximado de 150m em direção normal ao curso do rio, terminando na bacia de aproximação do poço de captação da Estação Elevatória Principal. O canal é totalmente escavado a céu aberto com seção transversal trapezoidal, tendo seus taludes revestidos com “rip – rap” (Figura 04).



FIGURA 04 - Canal de Captação

c) Estação Elevatória Principal

Consta de uma estrutura em concreto que pode abrigar 07 conjuntos moto – bombas submersos, do eixo vertical, com capacidade máxima de bombeamento de $6,97\text{m}^3/\text{s}$, altura manométrica máxima de 130,98m e 2850 CV de potência nominal unitária. Cada conjunto moto – bomba dispõe de um poço de sucção individualizado e ligado ao barrilete de recalque totalmente envolvido por bloco de gravidade em concreto armado (Figura 05).



FIGURA 05 - Estação Elevatória

d) Casa de Comando

Esta estrutura é anexa à estação elevatória principal e destina-se a abrigar os equipamentos elétricos necessários a operação e controle das unidades de bombeamento e as unidades de apoio complementar (Figura 06).



FIGURA 06 - Casa de Comando

e) Subestação Principal

Com capacidade instalação de 20 MVA, destina-se a promover o rebaixamento da tensão oriunda da COELCE, fornecida em 69 KV para 13,8 KV, para alimentação da casa de bombas e circuito reserva (Figura 07).



FIGURA 07 - Subestação Principal

f) Infra - Estrutura do DIJA

Após a estação elevatória, existe uma adutora de diâmetro de 1200 mm, com comprimento de 2.309m com desnível de 110m acima do canal de captação. Esta tubulação conduz água para um tanque de compensação que conduz a água para o canal principal do DIJA. Este canal possui 14.611m de comprimento, revestido de concreto simples e contém, ao longo de sua extensão, 14 tomadas de água, 8 extravasores, 8 estruturas de controle automático de nível a jusante, 8 travessias rodoviárias e 3 passarelas sobre o canal. Ainda contém 5 canais secundários com extensão de 3,2km (DNOCS, 2006).

A rede viária é constituída de estradas de serviço (32,5km), servindo o interior dos lotes; estrada de acesso à estação elevatória, com 5,3 km e extensão e 6,4m de largura; e a estrada de acesso ao aeroporto, com 4 km de extensão e 6,4m de largura (DNOCS, 2006).

4.3 Escolha dos Pontos de Coleta de Amostras de Água

Foram escolhidos seis pontos de coleta (Figura 08), três pontos de água bruta (Figuras 10,12 e 13) e três pontos de água tratada (Figuras 7, 8 e 10). O critério utilizado para a escolha dos pontos de água tratada foi a importância do ponto de vista para o abastecimento humano, principalmente as de maior reclamação da população do Perímetro. Em relação à água bruta, foram escolhidos pontos próximos da captação das Comunidades que seriam analisadas a água tratada e a facilidade de acesso (Tabela 05) .

TABELA 05 - Pontos de Coleta de Água

Pontos	Localização	Figuras
P1	Comunidade Cabeça Preta	09
P2	Comunidade Santa Maria e Santa Fé	10
P3	Captação de água para Comunidade Santa Maria e Santa Fé	11
P4	Captações de água para Comunidade São Tome e Santa Cruz	12
P5	Consumos da Comunidade São Tome e Santa Cruz	13
P6	Barragem das Pedrinhas	14

Foram realizadas doze campanhas compreendidas nos anos de 2004 e 2005. No ano de 2004, foram realizadas campanhas nos meses de junho, agosto, setembro, outubro e novembro. No ano de 2005, foram realizadas nos meses de janeiro a maio. Nos meses de março e abril, foram realizadas duas campanhas para cada mês, sendo uma nos primeiros quinze dias e a outra no final do mês, conforme a Tabela 06.

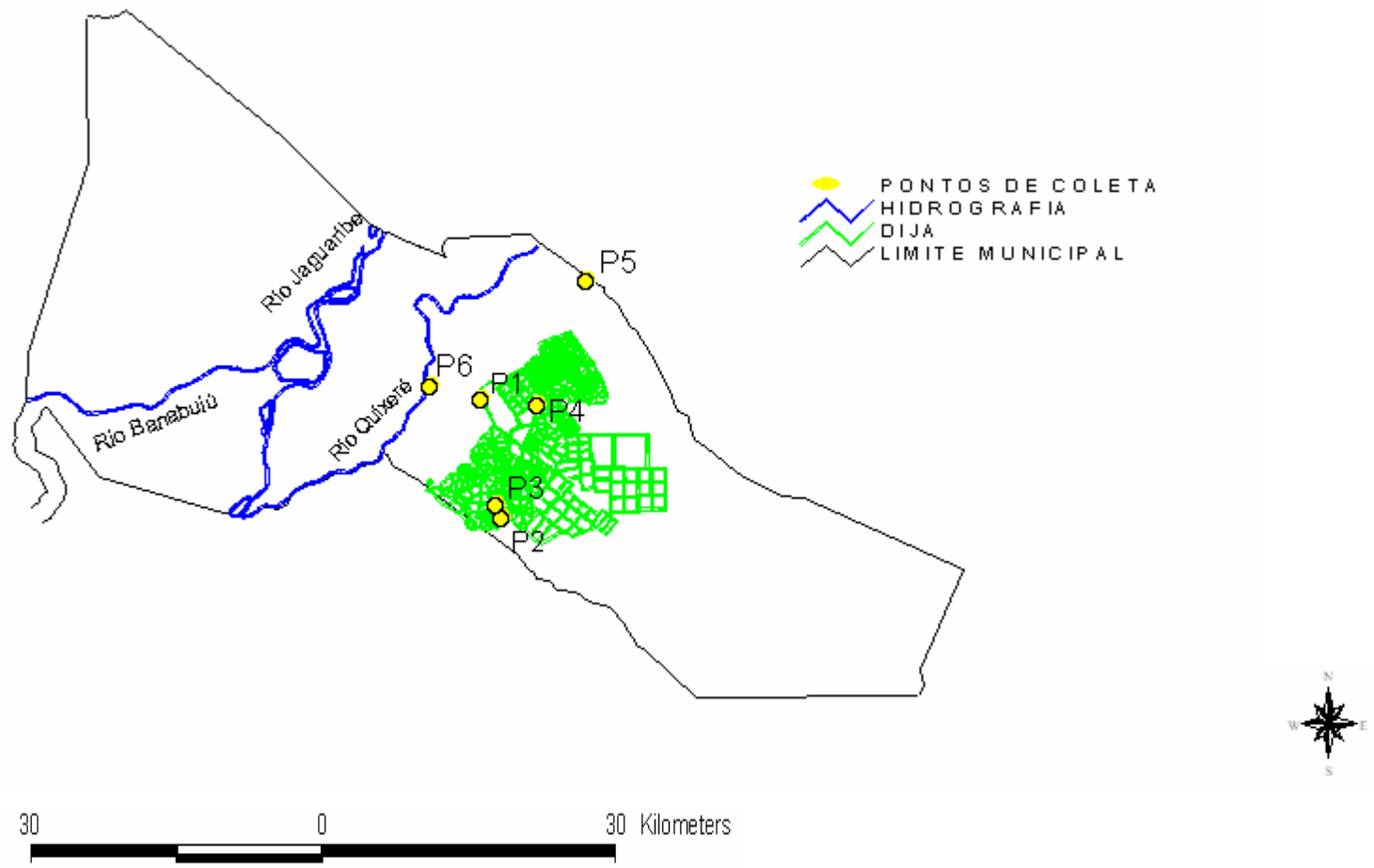


FIGURA 08 - Pontos de Coleta de amostras de água no DIJA, no período de junho de 2004 a maio de 2005.

TABELA 06 - Data das Campanhas

CAMPANHAS	MÊS	REPRESENTAÇÃO NO TEXTO	DATAS
1C	Junho/04	Junho de 2004	30/06/2004
2C	Agosto/04	Agosto de 2004	04/08/2004
3C	Setembro/04	Setembro de 2004	29/09/2004
4C	Outubro/04	Outubro de 2004	27/10/2004
5C	Novembro/04	Novembro de 2004	24/11/2004
6C	Janeiro/05	Janeiro de 2005	26/01/2005
7C	Fevereiro/05	Fevereiro de 2005	23/02/2005
8C	Março/05	Março_1	16/03/2005
9C	Março/05	Março_2	30/03/2005
10C	Abril/05	Abril_1	13/04/2005
11C	Abril/05	Abril_2	27/04/2005
12C	Maio/05	Maio de 2005	04/05/2005



FIGURA 09 - Ponto de Água Tratada para Consumo da Comunidade Cabeça Preta (P1).



FIGURA 10 - Ponto de Água tratada para as Comunidades Santa Maria e Santa Fé (P2).



FIGURA 11 - Ponto de Captação para as Comunidades Santa Maria e Santa Fé (P3).



FIGURA 12 - Ponto de Captação para as Comunidades São Tomé e Santa Cruz (P4).



FIGURA 13 - Ponto de Água de Consumo das Comunidades Tomé e Santa Cruz (P5)



FIGURA 14 - Ponto de captação Barragem das Pedrinhas (P6)

Coleta das amostras

Utilizou-se uma garrafa plástica limpa com capacidade de 2 litros para coletar as amostras destinadas às análises físico-químicas.

Para as amostras destinadas às análises bacteriológicas foram utilizados frascos de vidro, estéreis, com capacidade para 100mL. Os recipientes tinham o gargalo protegido com papel laminado, e eram previamente esterilizados por calor seco em estufa a 170°C, durante duas horas. Os frascos eram abertos no momento da coleta, sendo cheios até aproximadamente dois terços do seu volume, para facilitar a homogeneização posterior da amostra. Imediatamente após cada coleta, as amostras foram levadas ao laboratório de Saneamento do CENTEC/ Limoeiro do Norte, sendo processadas duas a oito horas posteriores. Os parâmetros analisados podem ser vistos na Tabela 07.

TABELA 07 - Parâmetros analisados

PARÂMETRO	TIPO DE PARÂMETRO	MÉTODO	REFERÊNCIA
Clorofila "a"	Biológico	Medida indireta da biomassa fitoplantônica	JONES (1979).
Coliformes Termotolerantes e Totais	Bacteriológico	Técnica dos Tubos Múltiplos	APHA (1998)
Cloretos	Físico - Químico	Método Argentométrico	APHA (1998)
Oxigênio Dissolvido (OD)	Físico - Químico	Método titulométrico de Winkler	APHA (1998)
pH	Físico - Químico	Método Potenciométrico marca WTW modelo portátil 330 calibrado com soluções tampão de pH 7 e 9.	APHA (1998)
Condutividade Elétrica (CE)	Físico - Químico	Condutivímetro	APHA (1998)
Nitrogênio amoniacal	Físico - Químico	Método da nesslerização direta	APHA (1998)
Nitrogênio nítrico	Físico - Químico	Técnica do Salicilato de Sódio	RODIER, 1975.
Sólidos Dissolvidos Totais	Físico - Químico	Método gravimétrico	APHA (1998)
Dureza Total	Físico - Químico	Método Titulométrico com EDTA	APHA (1998)
Cor	Físico - Químico	Colorímetro da marca POLICONTROL modelo Nesler Quanti 200	APHA (1998)
Turbidez	Físico - Químico	Turbidímetro da marca POLICONTROL modelo AP 2000.	APHA (1998)

4.4 Metodologia para Calcular o IQA

Foram utilizados dois métodos para o cálculo do IQA, os quais são descritos a seguir:

4.4.1 Método da Análise de Componentes Principais

O IQA foi calculado pela seguinte equação:

$$IQA = \sum_{i=1}^n q_i W_i \quad (12)$$

Onde:

IQA = Índice de qualidade de água, um número adimensional entre 0 e 100.

q_i = qualidade da i -ésima variável, um número entre 0 e 100;

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 a 1.

Para o cálculo da equação acima, pelo método citado, foi necessário seguir algumas etapas para determinar o peso (w_i) e a qualidade (q_i) de cada variável.

Para o cálculo do peso (w_i) utilizou-se como ferramenta o software SPSS (1990). Neste software foi escolhido o método da análise de componentes principais e as etapas que se sucederam foram as seguintes:

a) Obtenção de uma matriz de correlação:

Para a geração da matriz de correlação foi necessário montar uma planilha no Excel com todas as variáveis a serem analisadas (parâmetros de qualidade de água) e seus respectivos resultados. Com esta planilha, o software SPSS normaliza os resultados das variáveis para que todas elas tenham a mesma escala e magnitude.

b) Extração dos fatores de cada componente:

O método utilizado para a extração de fatores foi da análise dos componentes principais.

Para averiguar o modelo gerado pela análise de componentes principais foi utilizado o teste de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO). Este teste mede a adequabilidade da amostragem, comparando as magnitudes dos coeficientes de correlação observados e os coeficientes de correlações parciais.

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{i,j}^2} \quad (13)$$

Onde r_{ij} é o coeficiente de correlação simples entre as variáveis i e j , A_{ij} é o coeficiente de correlação parcial entre os pares de variáveis. Se a soma dos quadrados dos coeficientes de correlação entre os pares de variáveis for pequena, quando comparado ao somatório ao quadrado do coeficiente de correlação, o KMO é próximo de 1. Baixo valor de KMO indica que o modelo de análise de fator não é indicado.

A correlação parcial mostra a correlação entre duas variáveis quando uma terceira variável é retirada (KLINE, 1994).

Kaiser (1974) apud Norusis (1990) caracteriza as medidas de KMO variando de 0,9 como ótimo e abaixo de 0,5 como não aceitável.

c) Extração do número de componentes

Para extrair o número de componentes e avaliá-las, foi escolhido o modelo de análise de fator.

A finalidade da análise de fator foi de identificar os fatores não diretamente observáveis baseados em um conjunto de variáveis observáveis. O modelo matemático é similar a uma regressão múltipla. O que difere da regressão múltipla é que as variáveis não são independentes.

O modelo é expresso como:

$$X_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + \dots + A_{ik}F_k + U_i \quad (14)$$

Onde:

F_1, F_2, \dots são chamados de Fatores Comuns.

U_i é chamado de fator único, porque ele representa uma fração que não é explicada pelos fatores comuns.

A = são constantes usadas para combinar com os fatores de k .

Os fatores são deduzidos pelas variáveis observadas e que podem ser estimadas por combinações lineares entre elas.

Os fatores podem ser estimados como:

$$F_j = \sum_{i=1}^P W_{ji} X_i = W_{j1} X_1 + W_{j2} X_2 + \dots + W_{jP} X_P \quad (15)$$

Existem diversos procedimentos para escolher o número de fatores. Um dos critérios é escolher fatores com variância (eigenvalue) > 1.0. O eigenvalue explica a variância total de cada fator.

A primeira componente principal é a combinação da maior quantidade de variância da amostra. A segunda componente calcula a segunda maior variância e que não está correlacionada com a primeira e assim sucessivamente (PALÁCIO, 2004).

A análise de fator estimou a variância de cada variável através da comunalidade.

A comunalidade de uma variável calcula a proporção da variância de cada fator comum. Também expressa a intensidade da associação linear entre uma variável com as outras variáveis, e foi calculada por:

$$C_i = \sum_{l=1}^N A_{il}^2 \quad (16)$$

Onde:

C_i = representa a comunalidade de cada variável;

A_{il}^2 = variância da variável X_{ij} .

d) Rotação e ajuste na transformação de fatores que são melhor interpretáveis.

A fase de rotação da análise do fator é uma tentativa de transformar a matriz inicial em uma matriz de fácil interpretação. Quando os eixos (x, y) são mantidos em ângulos retos, a rotação é chamada ortogonal. Quando os eixos não são mantidos em ângulos retos são chamados de oblíquo. A rotação não interfere no bom ajuste da solução de fator. Apenas o valor da porcentagem muda, a rotação redistribue a explicação da variância por fatores individuais. Uma variedade de algoritmos é usada para rotação ortogonal para uma simples estrutura. O mais usado é o método varimax, que minimiza o número das variáveis que possuem altos pesos (NORUSIS, 1990).

Os fatores podem ser estimados como uma combinação linear das variáveis originais.

e) Cálculo do Peso de cada variável (W_i)

O peso de cada variável foi calculado a através da equação abaixo:

$$W_i = \frac{\sum_{l=1}^L F_l A_l^i}{\sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^{10} F_l A_l^i} \quad (17)$$

Onde:

F = fatores extraídos para o modelo;

A_l = Comunalidade de cada variável;

L = Número de Componentes

f) Determinação de q_i (qualidade das variáveis):

A qualidade das variáveis foi representada por um número adimensional que variou de 0 a 100, como a escala do IQA. Seguindo o mesmo raciocínio do IQA, quanto melhor a qualidade da variável, maior o valor e mais próximo de 100. A pior qualidade da variável ficou na faixa de 0 a 40, considerada ruim. Dessa forma, o limite do padrão de consumo da variável, segundo a Resolução do CONAMA (357/04), era representado pelo $q_i = 40$. Abaixo desse valor o q_i era considerado ruim e correspondia dizer que a variável estava fora dos padrões. Acima do valor de $q_i = 40$, foram divididas mais três classes conforme descrito na tabela 07.

TABELA 07 - Designação Qualitativa para o IQA.

IQA	DESIGNAÇÃO QUALITATIVA
100 – 80	Excelente
80 – 60	Boa
60 – 40	Média
40 - 0	Ruim

4.4.2 Método Adaptado da NSF / CETESB

A metodologia utilizada pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) foi desenvolvida a partir do índice de Qualidade de Água elaborado pela National Sanitation Foundation (NSF) em 1970. A metodologia desenvolvida foi baseada em uma pesquisa de opinião realizada com especialistas em qualidade de águas. Nessa pesquisa, cada especialista indicou os parâmetros a serem avaliados, seu peso relativo e a condição em que se apresenta cada parâmetro (ANA, 2005). Para este trabalho foram utilizados alguns parâmetros em comum com os da CETESB e seus pesos relativos a cada parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Fecais (CF) e pH. Os demais parâmetros Amônia, Nitrato, Clorofila “a”, Cloretos, CE, Cor e Dureza total, não fazem parte da lista da CETESB, mas farão parte deste trabalho, a fim de que seja possível comparar com a metodologia da análise de componentes principais, a qual selecionou os parâmetros já citados. Os respectivos pesos desses parâmetros foram estabelecidos considerando a importância de cada um deles na qualidade das águas brutas.

O cálculo do IQA é feito usando a equação abaixo:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (18)$$

Onde:

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, cujo valor varia de 0 a 100 e é obtido através da concentração ou medida do parâmetro;

w_i = peso da variável, valor que varia de 0 a 1.

O valor de IQA é um número adimensional que varia de 0 a 100.

Os pesos atribuídos aos parâmetros escolhidos nesta pesquisa e que não fazem parte da lista da CETESB, foram determinados de acordo com a importância de cada parâmetro para este estudo específico.

As faixas de IQA utilizadas nesse estudo foram aplicadas nos seguintes estados brasileiros: BA, GO, ES, MS, SP, segundo estudo levantado pela ANA (2005). A Tabela 08 abaixo apresenta faixas de valores de IQA que foram utilizados neste trabalho, por possibilitar comparação com outros estados e por terem faixas de IQA mais próximas do definido para o método de Análises de Componentes Principais.

TABELA 08 - Classificação dos Valores do Índice de Qualidade das Águas

IQA	QUALIDADE DA ÁGUA
80 – 100	ÓTIMA
52 – 79	BOA
37 – 51	ACEITÁVEL
20 – 36	RUIM
0 – 19	PÉSSIMA

Fonte: ANA, 2005.

4.4.3 Análise de Risco

A partir da distribuição dos dados do IQA de Água Bruta foram selecionadas as funções que melhor representavam essas distribuições. Este procedimento foi feito usando o software @RISK (2000). O programa selecionou várias funções usando como critério o valor do Qui ao quadrado (χ^2).

4.5 Levantamento de Informações para a Caracterização do DIJA

Este levantamento começou a ser feito desde 2003, por meio da FAPIJA (Federação dos Agricultores do Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi), a qual forneceu todos os dados necessários a esta pesquisa sobre os irrigantes (ANEXO A). Vale ressaltar que há uma grande rotatividade em relação às culturas plantadas e aos proprietários dos lotes irrigados. Os dados foram organizados em função do método de irrigação, os quais foram: Irrigação por Aspersão: Pivô Central (1581,5ha); Irrigações localizadas: Microaspersão (897,5ha) e Gotejamento (72,5ha). Foram identificados ainda a localização do lote, o proprietário, a área cultivada, a cultura e o contato. O ANEXO B mostra uma visão geral do projeto.

4.6 Amostragem para a Escolha das Áreas Irrigadas Específicas para o Estudo de Campo

Para determinar o tamanho da amostra foi utilizada a equação que estima a proporção de uma população finita a partir de uma amostra aleatória estratificada (MARTINS, 2001).

$$n = \frac{\sum_{i=1}^k \left(\frac{N_i^2 \hat{p}_i (1 - \hat{p}_i)}{w_i} \right)}{N^2 D + \sum_{i=1}^k N_i \hat{p}_i^2 (1 - \hat{p}_i)} \quad (19)$$

onde: \hat{p}_i = estimativa da verdadeira proporção do estrato i.

N_i = número de elementos do estrato i

n = número total de elementos

$$w_i = \frac{N_i}{n}$$

$D = \frac{d^2}{Z^2}$; relação entre o erro amostral (d) e a abscissa da distribuição normal padrão

(Z)

Foram utilizados três estratos, definidos pelos métodos de irrigação: Irrigação Localizada (Gotejamento e Microaspersão) e Irrigação por Aspersão (Pivô Central)

As áreas agrícolas utilizadas na amostragem foram um total de 329, sendo 132 áreas com micro – aspersão, 15 áreas com gotejamento e 182 com pivô central. Todas as áreas fazem parte do DIJA.

Foi utilizado um intervalo de confiança (α) de 95% e um erro amostral (d) de 10%. A proporção \hat{p}_i foi de 0,50.

Com esses dados, obtiveram-se as seguintes amostras para os estratos: 46 áreas com pivô central; 33 áreas com microaspersão e 4 áreas com gotejo. Vale ressaltar que nem todas as áreas estão em funcionamento; devido a isto, é possível que a seleção aleatória despreze alguma destas áreas. Como previsto, já que haviam muitas áreas paradas sem serem cultivadas, as áreas selecionadas foram: 10 áreas com pivô central; 22 áreas com microaspersão e 4 áreas com gotejamento. Dentre essas áreas, no entanto, só foi possível realizar o trabalho em 4 áreas de pivô central, 4 áreas de gotejamento e 19 de microaspersão.

Segundo Neter et al. (1996), o tamanho das amostras não deveria ser tão grande para elevar o custo da pesquisa, mas suficiente para detectar as diferenças importantes entre elas.

Quando o tamanho amostral é grande, a distribuição amostral é aproximadamente normal. Esta propriedade é chamada de Teorema do Limite central.

Na seleção estratificada, o universo amostral é dividido em k estratos não sobrepostos (divisão pode ser subjetiva) e em cada estrato é feita amostragem completamente aleatória ou sistemática.

Segundo Cochran (1965) apud Rosa et al. (2002), não importa qual método de amostragem utilizado, desde que o material do qual é retirada a amostra seja homogêneo, e na hipótese de desuniformidade, a amostragem requeira estudos claros e prévios sobre os

objetivos do levantamento, as populações que forneceram as amostras, o levantamento das hipóteses, o grau de precisão desejado, os métodos de medida, os recursos disponíveis e o delineamento apropriado.

Há duas fontes de erro nos experimentos: primeiro devido à variabilidade do material experimental para qual específico tratamento foi aplicado e a falta de uniformidade na condução do experimento, ou seja, falha na padronização da técnica experimental empregada. Para aumentar a acuracidade do experimento pode-se aumentar o tamanho do experimento, ou fazer replicações; refinar a técnica experimental adotada; ter em mãos o material experimental para analisar (COCHRAN, 1957).

4.7 Levantamento dos Dados para Calcular a Eficiência da Irrigação na Área de Estudo

4.7.1 Coleta e Análise do Solo

Neste trabalho foram feitas as determinações de umidade atual do solo (Θ_a), densidade global (dg) e Capacidade de Campo (Θ_{CC}). Alguns dados foram fornecidos pelo laboratório de Solos do CENTEC de Limoeiro do Norte, originários da área de estudo. Alguns dados de capacidade de campo, densidade do solo e umidade da área de estudo foram fornecidos pelo laboratório de Solos do CENTEC de Limoeiro do Norte. Outros valores dessas variáveis foram determinados em campo ou tiveram seus valores interpolados.

Conforme foi citado no item 4.6, após a amostragem foi feita uma alteração do total de áreas que seriam avaliadas. Desta forma, foram avaliadas 22 áreas de microaspersão e 04 áreas de gotejamento. Nas áreas de pivô central foram feitas coletas e análises de solo para apenas uma área.

A umidade atual (Θ_a) corresponde ao valor de Θ no momento anterior à irrigação, determinada pelo método gravimétrico. Esta variável foi analisada no laboratório de Saneamento do CENTEC/ Limoeiro do Norte para todos os lotes estudados, usando o método à base de peso “u” (REICHARDT, 1987). Esta procedeu da seguinte forma: Foram coletados amostras com um trado a profundidades 15, 30 e 45cm. Para evitar perdas por evaporação, a amostra foi colocada em lata de alumínio e selada com fita adesiva. No laboratório mediu-se o peso da amostra úmida (μ) e em seguida foi levada à estufa a 105° até peso constante (m_s), o

que, em média, durou 48 horas. A umidade foi calculada, em percentagem, pela equação abaixo:

$$u = \frac{mu - ms}{ms} * 100 \quad (20)$$

A capacidade de campo determinada experimentalmente neste trabalho foi analisada no Laboratório do DENA/ UFC, usando o método da Panela de Pressão, submetidas a uma tensão de 1/3 da atmosfera. A Capacidade de Campo corresponde à percentagem de água retida pelo solo em condições naturais, ou seja, é a quantidade máxima de água que pode ser retida, contra a força de gravidade, por um solo bem drenado.

Para a determinação da densidade global do solo foi utilizado o método à base de volume, com o uso dos cilindros volumétricos (REICHARDT, 1987). A amostra de solo é colocada em estufa e levada a 105°C até atingir o peso constante (ms) que é em torno de 24 horas. Determina-se o volume do cilindro (V) através de sua altura e diâmetro. Os resultados foram expressos em g/cm³. Desta forma tem-se:

$$d_g = \frac{ms}{V} \quad (21)$$

4.7.2 Interpolação dos Dados

Foi utilizado o software Surfer 8.0, o qual pode ser utilizado para a confecção de mapas de variáveis a partir de dados espacialmente distribuídos.

A interpolação dos dados é um processo que busca prever o valor da variável em estudo num ponto não amostrado. Os métodos mais comuns de interpolação são: vizinho mais próximo, vizinho natural, triangulação linear, triangulação de Delaunay, Krigagem, entre outros (LANDIM, 2002).

O método utilizado neste trabalho foi o de Kriging, que é uma aplicação do método estatístico chamado de Blue – Best Linear Unbiased Estimate, que tem como objetivo minimizar a variância dos resíduos (MENDES & CIRILO, 2001).

O valor não conhecido de uma variável no campo é estimado por uma combinação linear dos valores disponíveis, isto é:

$$\hat{v} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot v_i \quad (22)$$

onde: w_i = i – ésimo peso; v_i = valor da variável v disponível no i –ésimo local; e \hat{v} = valor estimado de v .

Para a escolha do método de interpolação é necessário gerar um variograma, o qual oferece um indicativo do comportamento espacial de um conjunto de amostras distribuído no espaço (MENDES & CIRILO, 2001).

Segundo os mesmos autores, os principais modelos utilizados em Geoestatística para o ajuste do variograma amostral são o esférico, o exponencial e o gaussiano. O modelo gaussiano é indicado para distribuições de amostras muito próximas entre si. O modelo exponencial é indicado para amostras de elevado alcance e com um comportamento mais suave e o modelo esférico exibe um comportamento espacial linear das amostras em pequenas distâncias de separação, tornando menos errático em distâncias maiores.

4.7.3 Determinação da Eficiência de Aplicação de Água na Irrigação.

A eficiência da irrigação é obtida pela relação entre a quantidade de água necessária para a planta e a quantidade de água aplicada.

Existem vários métodos para determinar a quantidade de água necessária para a irrigação, dentre eles, os métodos em função do clima, em função do solo, determinações experimentais e referências locais e indicação de autores (DAKER, 1984).

O método para determinar a quantidade de água necessária para a irrigação a ser realizado neste trabalho é em função do solo. Este funciona como um reservatório de água disponível à planta, que vai indicar a capacidade de campo, a umidade de murchamento, a umidade atual, densidade global do solo, profundidade efetiva do sistema radicular e o volume que pode ser armazenado em disponibilidade até nova irrigação.

A equação utilizada calcula a quantidade de água necessária para a irrigação e pode ser apresentada da seguinte forma:

$$V_{RN} = 10 * (\Theta_{CC} - \Theta_C) * L * A_S \quad (23)$$

Onde:

Θ_{CC} = Umidade do solo na Capacidade de Campo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

Θ_C = Umidade crítica ou atual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

L = profundidade efetiva do sistema radicular (mm);

A_s = Área irrigada (ha);

VRN = Volume real necessário (m^3);

10 = fator de transformação de mm para $\text{m}^3/\text{há}$

Para o método do Pivô Central, pode-se calcular o volume aplicado da seguinte forma:

$$V_{apl} = Q_{pivo} \times T \quad (24)$$

Onde:

Q_{pivo} = vazão do pivô (Lh^{-1})

T = tempo de irrigação (h)

As vazões dos pivôs foram medidas usando o medidor ultrassônico, modelo PT 868-2, marca PANAMETRICS, cedido pela COGERH (Figura 15).



FIGURA 15 - Medição de vazão nos pivôs

Nos métodos de Gotejamento e Microaspersão, utilizou-se a metodologia de MERRIAN, KELLER E ALFARO (1973) apud OLITTA (1987) que consiste na obtenção de

valores de vazão em quatro pontos determinados: 1^o emissor, emissor situado a 1/3 do comprimento, emissor a 2/3 do comprimento e último emissor. Esses dados foram coletados ao longo da linha de derivação na 1^o lateral, lateral situada a 1/3, lateral situada a 2/3 e a última lateral, resultando em 16 pontos de coleta em uma matriz 4 x 4. O tempo de coleta para microaspersão durou cerca de 30 segundos e para o gotejamento cerca de 2 minutos (Figura 16).



FIGURA 16 - Coleta do volume de água aplicado para a irrigação localizada.

Para ambos os métodos há certa particularidade no cálculo do volume real necessário de água à planta em relação à área irrigada. No método de gotejamento é incorporada à equação 23, um fator de cobertura (P) relacionando a porcentagem da área coberta pela vegetação. Este é calculado medindo-se os lados do quadrado representado pela projeção horizontal da copa da árvore e relacionado ao espaçamento ou área total (OLITTA, 1987).

Para o método de microaspersão existe também um fator de correlação entre a porcentagem da área molhada em relação à área total irrigada (P) que deve ser agregado à equação 2. A eficiência de aplicação na irrigação foi determinada da seguinte forma:

$$EA (\%) = V_{RN} / V_{apl} \quad (25)$$

Onde:

V_{RN} = volume real necessário à planta (m^3)

V_{apl} = volume aplicado (m^3)

Os valores das profundidades efetivas das culturas utilizadas neste estudo foram retirados da literatura e, de preferência, dados de experimentos em áreas com características similares aos encontradas no DIJA, conforme apresentados na tabela 03.

4.7.4 Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC

Os valores de CUC foram determinados com o uso da equação de Christiansen:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (26)$$

Onde: q_i = vazão de i-ésimo emissor (Lh^{-1});

q = vazão média dos emissores (Lh^{-1});

n = número de emissores

4.7.5 Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD

Os valores de CUD foram determinados segundo o que recomenda o Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos:

$$CUD = 100 * (q/Q) \quad (27)$$

Onde:

q = média de um quarto do total de emissores com as menores vazões (Lh^{-1});

Q = média das vazões coletadas de todos os emissores (Lh^{-1}).

4.7.6 Análise de Risco para CUC e CUD

A partir da distribuição dos dados de CUC e CUD, foram selecionadas as funções que melhor representam essas distribuições. Este procedimento foi feito usando o software @RISK (2000). O programa selecionou várias funções usando como critério o valor do Qui ao quadrado (χ^2), conforme já foi citado no item 4.4.4.

4.8 Análise da Área através de Imagens de Satélites, Visando Verificar Mudanças Temporais do Uso do Solo, com Ênfase no DIJA.

As imagens analisadas foram dos períodos, 1996, 2001, 2003 e 2004 na projeção Universal Transverse de Mercator – UTM, zona 24. As imagens de 1996 e 2001 foram obtidas do satélite LANDSAT 5 e 7, nas bandas 3,4 e 5, as quais estavam disponíveis para ambos os períodos. As imagens de 2003 e 2004 foram obtidas através do satélite CBERS no site do INPE. O software ENVI foi utilizado, a fim de verificar mudanças ambientais durante esse tempo na região escolhida, através da classificação supervisionada pela máxima verossimilhança.

Para a definição das áreas de interesse, foram localizadas na imagem as diferentes áreas, de acordo com a resposta espectral definida pela tonalidade que apresentavam. As áreas escolhidas foram: Rochas; Solo rico em calcário; vegetação de baixo vigor; Vegetação de alto vigor; áreas pouco definidas e Água. Nas duas primeiras imagens (1996 e 2001) foi classificada a cidade de Limoeiro do Norte, como área antropizada.

Os mapas de solo, vegetação, hidrografia e municípios do Ceará, foram utilizados na identificação das áreas de interesse.

Além do Software ENVI, foi utilizado o ARCVIEW, o qual também ajudou a identificar as áreas de interesse, sobrepondo os diversos mapas citados à imagem escolhida.

Os métodos escolhidos para classificar as imagens foram a do Paralelepípedo e da Máxima Verossimilhança. Dentre os métodos iterativos de classificação, estes são os mais comuns a serem utilizados (ASSAD & SANO, 1998).

No primeiro método de classificação utilizado, o do Paralelepípedo, as classes são estabelecidas pelo exame de histogramas, que compõem os atributos espectrais individuais dos dados contidos nas amostras de treinamento. Já o segundo método, Máxima

Verossimilhança, se baseia no cálculo da distância estatística entre cada pixel e a média dos níveis de cinza da classe previamente definida a partir de amostras de treinamento (ASSAD & SANO, 1998).

4.9 Análise da Matriz de Impactos

Foram feitas duas avaliações para a matriz de impactos. A primeira avaliação foi realizada antes da implantação do empreendimento e a segunda avaliação após a sua implantação até os dias atuais.

Para a realização deste trabalho seguiram-se as etapas:

- Elaboração da Escala de valores
- Escolha das combinações das Componentes
- Determinação do risco Probabilístico
- Determinação do risco difuso

4.9.1 Elaboração da Escala de Valores

De acordo com a matriz original do projeto (AMPLA,1988), foram definidos os atributos para os impactos e seus respectivos pesos:

- a) Valoração: (+) Benéfico
(-) Adverso
- b) Magnitude: (3) Grande
(2) Média
(1) Pequena
- c) Importância: (3) Significante
(2) Moderada
(1) Não Significante
- d) Duração: (3) Longa
(2) Média
(1) Curta

O atributo resultante (Tabela 09) para cada impacto foi oriundo da composição dos quatro atributos citados acima. Por exemplo: um Impacto Benéfico, Pequena magnitude, Significativo e de Longa Duração, seria representado por: +PSL e assim por diante. Para a ordenação, foi necessário calcular os pesos de todos os atributos resultantes existentes na matriz. Por exemplo, para o impacto resultante “+PSL” teríamos um valor igual a Pequena (1)* Significante (3)* Longa (3) igual a +9. Desta maneira obtiveram-se valores que variaram de +27 a -27. Após isto se ordenou em ordem crescente de valores os impactos de mesmo peso.

TABELA 09 - Quantificação dos Atributos Resultantes para a Matriz de Impactos

Atributos	Magnitude	Importância	Duração	Quantificação	Ordenação
PNC	Pequena	Não Significante	Curta	1	1
PNE	Pequena	Não Significante	Média	2	2
PDC	Pequena	Moderada	Curta	2	2
PSC	Pequena	Significante	Curta	3	3
PNL	Pequena	Não Significante	Longa	3	3
PDE	Pequena	Moderada	Média	4	4
MDC	Média	Moderada	Curta	4	4
PSE	Pequena	Significante	Média	6	5
PDL	Pequena	Moderada	Longa	6	5
MSC	Média	Significante	Curta	6	5
GDC	Grande	Moderada	Curta	6	5
MDE	Média	Moderada	Média	8	6
PSL	Pequena	Significante	Longa	9	7
GSC	Grande	Significante	Curta	9	7
MSE	Média	Significante	Média	12	8
GDE	Grande	Moderada	Média	12	8
MSL	Média	Significante	Longa	18	9
GSE	Grande	Significante	Média	18	9
GDL	Grande	Moderada	Longa	18	9
GSL	Grande	Significante	Longa	27	10

4.9.2 Escolha das Combinações das Componentes

A matriz do empreendimento estava dividida em duas etapas: (1) Meio Bio - Físico; (2) Meio Social, como pode ser visto na matriz original feita pela AMPLA (ANEXO C). Cada meio foi subdividido em componentes e as componentes em sub-componentes. Desta maneira, utilizaram-se as seguintes combinações:

- Avaliar por meio, Bio - Físico e Social, sem e com monitoramento ambiental;
- Avaliar as componentes dos meios citados acima, sem e com monitoramento ambiental;
- Avaliar o Risco Global contendo os dois meios estudados.

Na nova matriz, os impactos negativos estão representados pela cor vermelha e os impactos positivos pela cor azul.

4.9.3 Determinação do Risco Probabilístico

Esta simulação consiste na geração de conjuntos de valores X_i , a partir de suas distribuições de probabilidade, de modo a se calcular um conjunto de valores de Z , suficientemente grande para representar uma boa amostra da população Z . A geração de X_i consiste em se produzir números aleatórios, de uma variável padrão U , com funções de densidade de probabilidade e probabilidade acumulada e, a partir daí, transformar os valores aleatórios correspondentes na distribuição de probabilidade específica desejada.

Atribui-se para uma das componentes ambientais que formam os meios Bio – Físicos e Social, uma distribuição triangular de probabilidades. Esta distribuição é feita com os valores mínimo, máximo e médio de cada meio. Os valores mínimos são os valores pessimistas, os valores mais prováveis são os valores médios e os valores otimistas são os maiores valores. Para a análise de risco probabilístico foi utilizado a simulação Monte Carlo para a geração da variável a partir de um valor aleatório utilizando a função de probabilidade acumulada para a distribuição triangular (VOSE, 1996 apud MENESCAL et al., 1999), expressa por:

$$x = \sqrt{F(x).(c - a)} + a \quad \text{para } x \leq b \quad (28)$$

$$x = c - \sqrt{(1 - Fx).(c - a).(c - b)} \quad \text{para } x \geq b \quad (29)$$

Onde:

a = valor mínimo

b = valor médio

c = valor máximo

$$F(x) = \frac{(x - a)^2}{(b - a)(c - a)} \quad (30)$$

$F(x)$ = é a variável randômica gerada na simulação;

Para cada combinação foram feitas 1000 simulações. O risco será a probabilidade de um impacto ser negativo.

4.9.4 Determinação do Risco Difuso

Na abordagem difusa, as variáveis capacidade (C) e solicitação (S) são expressas por números difusos e, conseqüentemente, a função-desempenho (Z), será também um número difuso (GANOULIS, 1991 apud VIEIRA, 2002):

A American Society of Civil Engineering (ASCE, 1992 apud VIEIRA, 2002) constatou ser a teoria dos conjuntos difusos aplicável a tomadas de decisão na área de recursos hídricos. Podem ser consideradas variáveis difusas: vazões, níveis, volumes acumulados, entre outros.

A Figura 17 representa graficamente um exemplo da aplicação de números difusos, correspondente ao cálculo da carga poluidora total em um determinado rio, proveniente de várias sub-bacias.

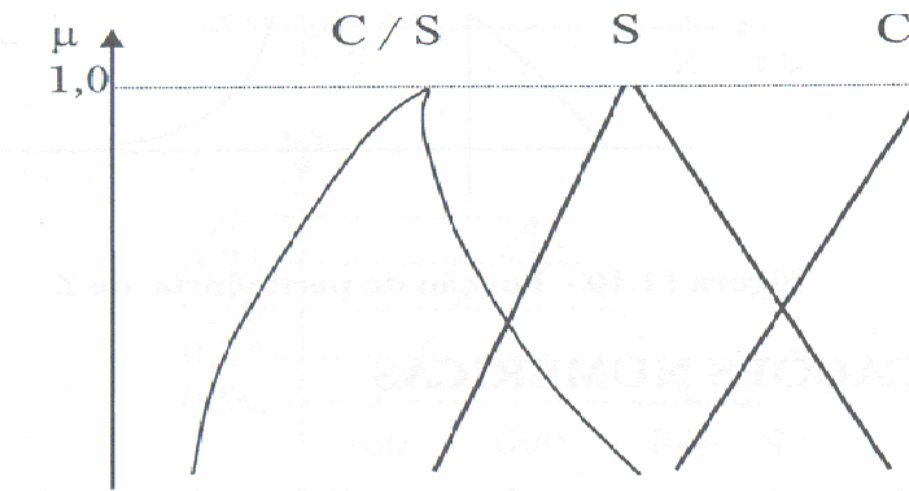


FIGURA 17 - Função - Desempenho como variável Difusa

Por meio da distribuição triangular, é possível calcular o nível máximo de pertinência de impacto negativo. E o risco difuso será:

$$R_d = \text{área negativa} / \text{área total}. \quad (31)$$

4.9.5 Determinação da Nova Matriz de Impactos

A nova matriz de impactos do DIJA foi feita baseada nas informações levantadas em campo e por dados da literatura a respeito da área estudada. Será utilizado o mesmo procedimento para o cálculo dos riscos probabilísticos e difusos citados nos itens 4.9.3 e 4.9.4.

Como o projeto de irrigação já está em operação, só será possível avaliar as componentes da fase de operação do projeto. Por exemplo: Carreamento dos Sólidos versus Qualidade de água: O novo impacto foi classificado como (–MDE), porque se verificou pelas análises de águas superficiais, que menos de 40% das amostras apresentaram valores acima dos padrões para sólidos dissolvidos totais, e que os valores de turbidez foram baixos na maior parte do estudo, além de chover pouco na região e do escoamento superficial ser inferior à infiltração na maior parte das áreas estudadas. Dessa forma, o risco seria negativo, de significância moderada, de média intensidade e de média duração.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação da Qualidade de Água do DIJA

Os resultados de todos os parâmetros para os pontos de coleta estudados podem ser vistos nos Apêndices A ao F.

Foram analisados dois grupos para a qualidade de água: o primeiro grupo é formado pelos pontos de água bruta e o segundo é formado pelos pontos de água tratada do DIJA.

Para a avaliação dos resultados dos parâmetros para os pontos de água bruta utilizou-se como referência a Resolução nº. 357 do CONAMA de 17 de março de 2005. Avaliou-se que estas águas, por terem também como finalidade o consumo humano, deveriam se enquadrar na Classe 2. As águas Superficiais do DIJA, além de atender a irrigação, abastecem sete comunidades na Chapada do Apodi: Jenipapeiro, Saquinho, Cabeça – Preta, Santa Maria e Santa Fé, Km 69, Tomé e Cabeça de Santa Cruz.

No primeiro grupo, tem-se os pontos referentes a captação de água bruta, P3 (Captação para a comunidade de Santa Maria e Santa Fé), P4 (Captação para a comunidade de Tomé e Cabeça de Santa Cruz) e P6 (Captação na Barragem das pedrinhas).

Durante o estudo, através dos dados fornecidos pela UEPE (2005), observou-se que o período chuvoso foi predominante no primeiro semestre do ano de 2005 e a estiagem foi predominante no período de agosto a novembro de 2004 (Figura 18). Vale ressaltar que o estudo iniciou-se no período chuvoso e terminou praticamente na mesma época do ano seguinte. A qualidade das águas brutas e tratadas é bastante afetada pela variação sazonal. Por exemplo, ao mesmo tempo em que a chuva pode contribuir para a diluição de “algum poluente”, melhorando assim a sua qualidade, também pode contribuir para aumentar a turbidez ou a cor da água, dificultando assim o seu tratamento devido ao carreamento de sólidos.

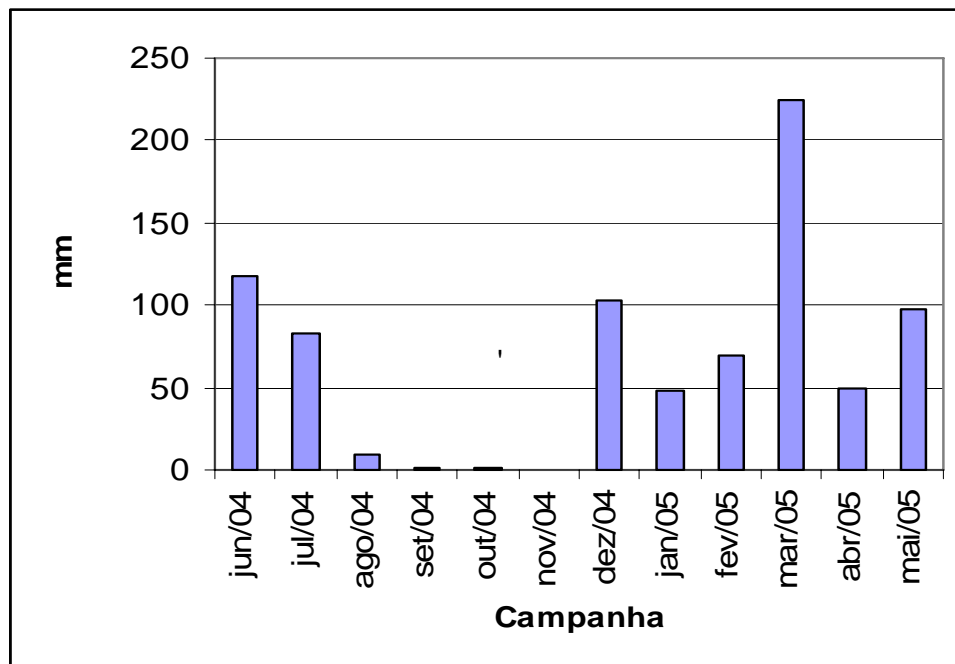


FIGURA 18 - Valores de Pluviometria total mensal para o período em estudo.

Para o grupo água bruta foram discutidos os seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Termotolerantes (Substituindo os Coliformes Fecais) (CTE), Coliformes Totais (CT), Sólidos Totais Dissolvidos (SDT), Amônia (NH₃), Nitrato (NO₃), Cor Aparente, Turbidez, Condutividade Elétrica (CE), Clorofila “a” e pH.

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um importante indicador de poluição. As águas poluídas apresentam baixos valores de OD, devido ao seu consumo na decomposição da matéria orgânica. Valores elevados de OD (> 10mg/L) podem indicar uma água eutrofizada (CETESB, 2006).

Na figura 19, observa-se que as curvas para os três pontos de água bruta tiveram comportamentos semelhantes na maior parte do estudo. O P3 foi o ponto que obteve mais amostras com valores acima do desejável (>5mg/L). Ao contrário dos demais parâmetros, quanto maior o valor de OD melhor a qualidade da água. Por outro lado vale salientar que o OD muito elevado também pode ser um indicio de poluição. O maior valor obtido foi em agosto de 2004 (8,2mg/L) para P3 e o menor em março de 2005 (2º quinzena) igual a 3,7mg/L para P6.

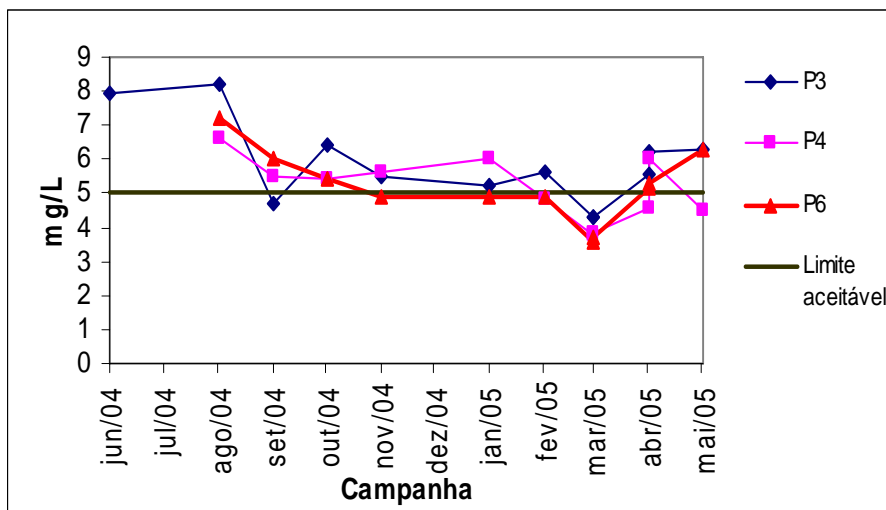


FIGURA 19 - Valores de OD para os pontos de água Bruta

Como o mês de março de 2005 foi o mês com maior precipitação pluviométrica durante o período, há a possibilidade, que os baixos valores de OD encontrados tenham sido resultado do carreamento de matéria orgânica do solo ou de vegetais que podem ter entrado em decomposição. Para o Ponto P4, que se encontra no canal da irrigação, esta hipótese é a mais viável. Para o P6 há a possibilidade de contaminação fecal devido o local ser utilizado para recreação de contato primário.

Para os Coliformes Termotolerantes (CTE) (Figura 20) observa-se que a qualidade da água tende a piorar ao longo do seu percurso, já que a seqüência do percurso da água é P6, P3 e P4. Os menores valores de CTE foram obtidos em P6 (Barragem das Pedrinhas) e os maiores valores em P4. Neste ponto (P4) há valores de duas campanhas fora dos padrões (fevereiro e abril de 2005). Em estudo feito por CRUZ (2001) as águas superficiais do DIJA não foram recomendadas para consumo humano em razão da presença de Coliformes fecais (Coliformes Termotolerantes) acima dos limites aceitáveis, atingindo valores de até 2400NMP/100mL. Atualmente o ponto P4 apresenta algumas restrições por ter apresentado valores acima dos padrões, ressaltando a necessidade de monitoramento, já que nos meses seguintes aqueles que tiveram um alto valor, março e maio de 2005 para o ponto P4, os valores caíram para mais de 50%. O período chuvoso pode ter contribuído para a contaminação da água (fevereiro e abril de 2005).

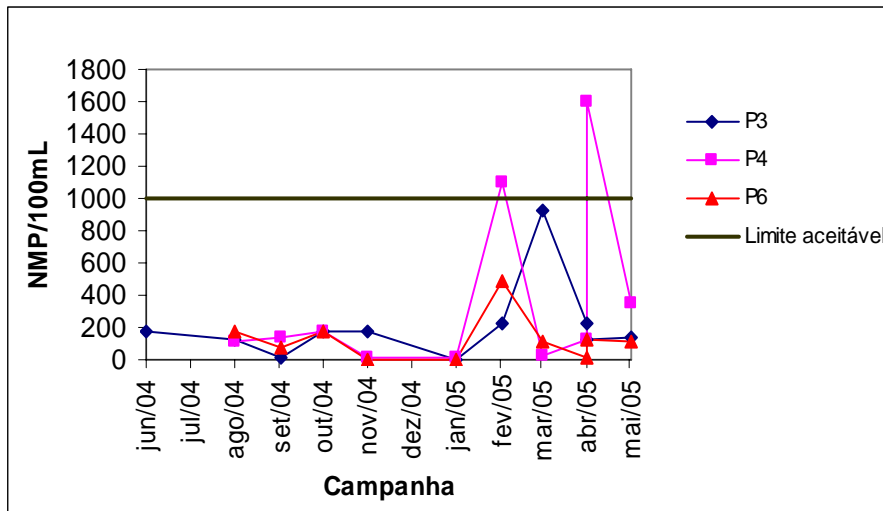


FIGURA 20 - Valores de CTE para os pontos de Água Bruta.

Os valores de Coliformes Totais (CT) apresentaram seu valor máximo de 1600NMP/100mL e o mínimo de 8NMP/100mL (Figura 21). O P3 foi o ponto que apresentou melhor qualidade, apresentando apenas um ponto de coleta (outubro de 2004) fora dos padrões. Como neste mesmo período o CTE obteve valores dentro dos padrões a possibilidade de contaminação fecal é muito pequena. Deve-se levar em consideração que os CT podem estar presentes no solo e que não são bactérias exclusivamente fecais. De um modo geral, os pontos tiveram comportamento bem diferente ao longo do estudo. O ponto P4 , assim como o P6, teve valores fora dos padrões para duas campanhas cada um, em períodos diferentes.

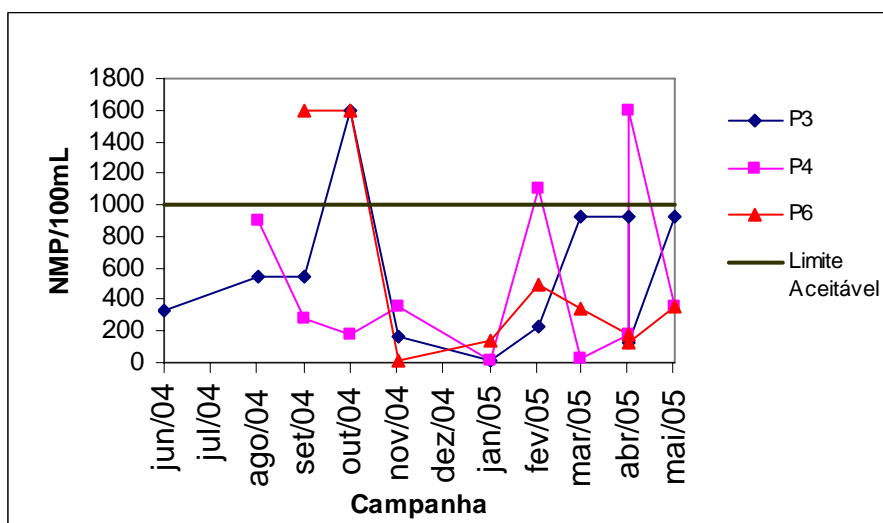


FIGURA 21 - Valores de CT para os pontos de Água Bruta

Para SDT (Figura 22) observou-se que a maioria dos valores encontrados para P4 foram superiores aos valores de P3 e principalmente P6. O ponto P6 foi o que apresentou um maior número de campanhas dentro dos padrões. Gomes (2005), estudando a qualidade das águas na barragem das Pedrinhas (P6), encontrou valores que variaram de 145 a 318mg/L. As curvas para cada ponto foram bem individualizadas, não apresentando muita correlação entre elas. Os valores máximos foram encontrados em P4 em março de 2005 (3032mg/L) e o mínimo em agosto de 2004 (64mg/L) para P6. Em estudo feito por Cruz (2001) para as águas superficiais no DIJA, os valores obtidos para SDT foram inferiores a 450mg/L. Como P4 é o último ponto do percurso, provavelmente o que foi carregado ao longo dos canais até chegar à piscina de contenção (P4) pode ter influenciado nos altos valores encontrados para este ponto, principalmente em março de 2005 (mês de maior precipitação pluviométrica). Nos meses de baixa precipitação pluviométrica os valores encontrados podem ter sido provocados pelo revolvimento do sedimento dos canais ou da piscina de contenção ocasionado pelo bombeamento da água.

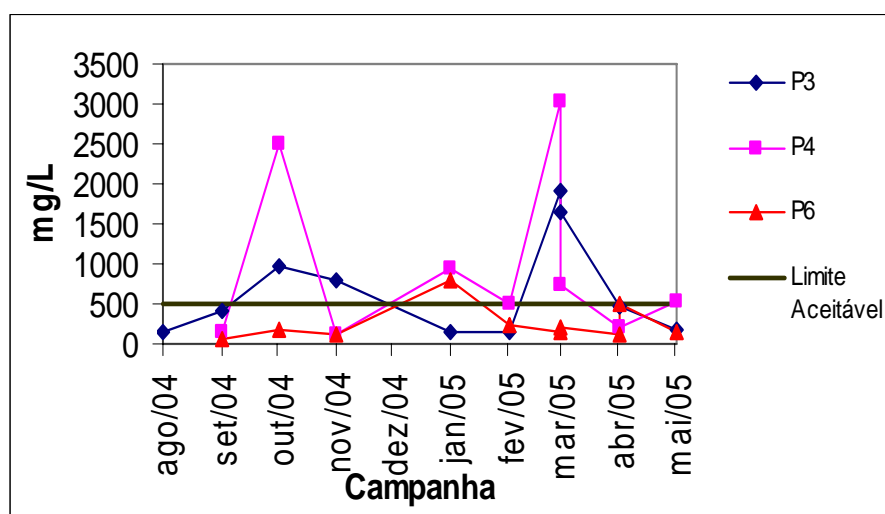


FIGURA 22 - Valores de SDT para os pontos de Água Bruta

Para amônia observou-se que os valores de todos os pontos ficaram bem abaixo do padrão, com comportamento semelhante entre as campanhas ao longo do estudo (Figura 23). O maior valor encontrado foi cerca de 10% do padrão, igual a 0,16mg/L em maio de 2005 em P4. CETESB (2006) comenta que nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais concorre para a presença de partículas contendo nitrogênio orgânico bem como a dissolução da amônia. Para as águas superficiais do DIJA o início de contaminação por fertilizantes é improvável devido aos baixos valores encontrados para amônia e ainda por ter um terreno que

facilita a infiltração das águas pluviais ou águas provenientes da irrigação. Devido ao fato do terreno facilitar sua infiltração, deve-se verificar uma possível contaminação das águas subterrâneas.

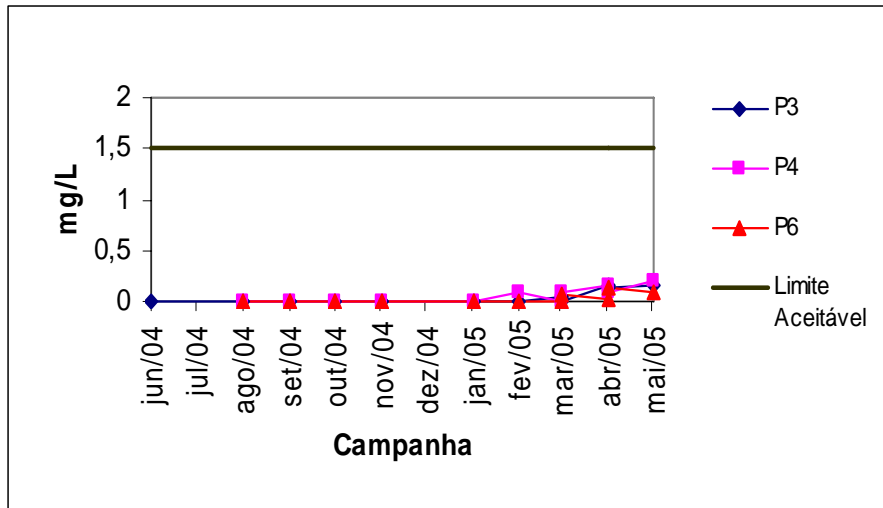


FIGURA 23 - Valores de Amônia para os pontos de Água Bruta

Para Dureza total os valores para todos os pontos permaneceram dentro dos padrões, apresentando comportamento semelhante nos três pontos estudados (Figura 24). O valor máximo foi obtido em junho de 2004 (200mg/L CaCO_3) para P3 e o mínimo para P6 em outubro de 2004 (64mg/L de CaCO_3). GOMES (2005) encontrou valores para P6 que variaram de 59 a 90mg/L de CaCO_3 , no período de 2000 a 2002. As águas do DIJA, de modo geral, podem ser consideradas moderadamente duras por possuírem valores em sua maioria entre 75 a 150mg/L de CaCO_3 , segundo a classificação apresentada por SAWYER et al. (1994).

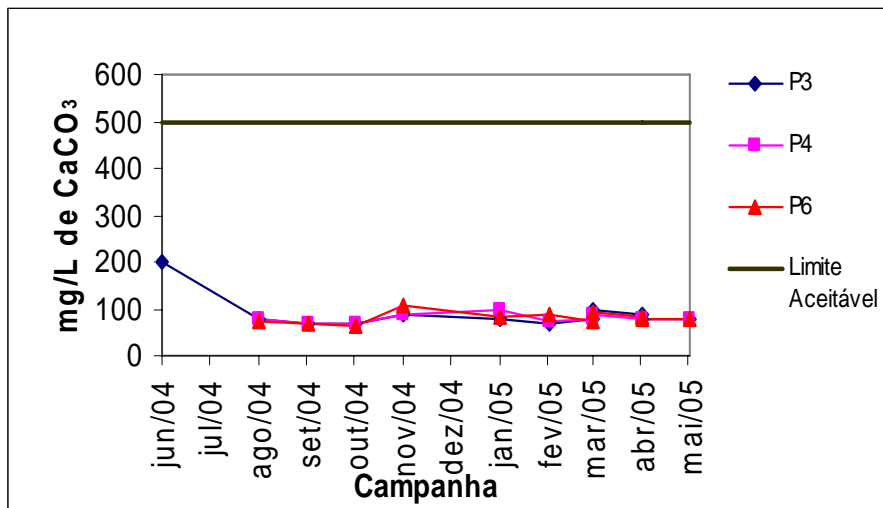


FIGURA 24 - Valores de Dureza Total para os pontos de Água Bruta

Os valores para cor aparente (Figura 25) apresentaram-se dentro dos padrões, atingindo seu valor máximo em junho de 2004 (60UH) para P3. A cor na água pode ser aparente ou verdadeira. A cor aparente pode ser ocasionada tanto por sólidos em suspensão quanto por sólidos dissolvidos. A cor verdadeira é resultado da dissolução de sólidos na água. SAWYER et al. (1994) comentam que águas superficiais que possuem cor entre o amarelo e o marrom podem ser ocasionadas por materiais naturais, como a urina, por exemplo. A população tende a rejeitar uma água com esse tipo de coloração.

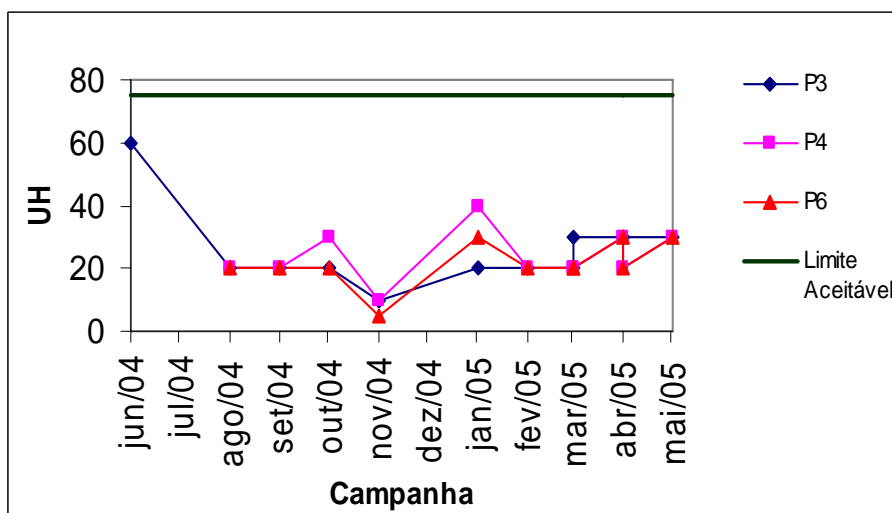


FIGURA 25 - Valores de Cor para os pontos de Água Bruta

Os valores para CE se mantiveram dentro dos padrões ao longo do estudo (Figura 26). O valor máximo foi obtido em maio de 2005 para o ponto P4 (307 μ S/cm). Os valores encontrados por CRUZ (2001) em águas superficiais tiveram valor médio de 0,205dS/m (205

$\mu\text{S}/\text{cm}$) a $0,390\text{dS}/\text{m}$ ($390 \mu\text{S}/\text{cm}$), sendo esta água adequada para irrigação. Gomes (2005) encontrou um valor médio durante o período de 2000 a 2002, na Barragem das pedrinhas, de $314 \mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade está relacionada à presença de cátions e ânions na água.

Como não existe padrão de condutividade elétrica para águas de classe 2, tomou-se como referência o padrão para o uso da água para irrigação, o qual determina que uma água com $\text{CE} < 750 \mu\text{S}/\text{cm}$ é considerada de baixo risco de salinidade (REICHARDT,1987).

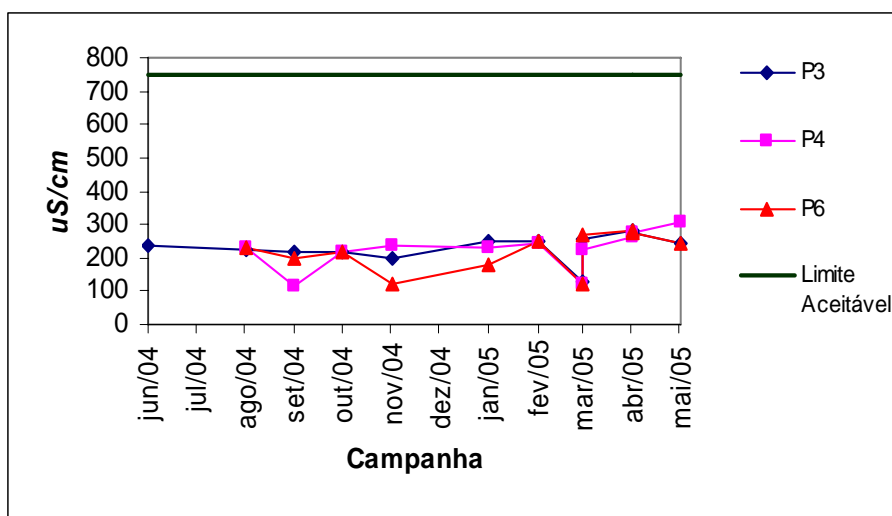


FIGURA 26 - Valores de CE para os pontos de Água Bruta

Os valores de Cloretos permaneceram dentro dos padrões (Figura 27). O valor máximo foi obtido em janeiro de 2005 ($40,4\text{mg}/\text{L}$) para P3. As campanhas tiveram comportamentos semelhantes para todos os pontos.

Os cloretos podem ser provenientes da dissolução de minerais, intrusão de águas salinas, despejos domésticos, despejos industriais e de águas utilizadas para a irrigação (Von SPERLING, 1996). A presença de cloretos em altas concentrações pode gerar um efeito desagradável em relação ao sabor, assim como também pode causar efeitos laxativos (CETESB, 2006).

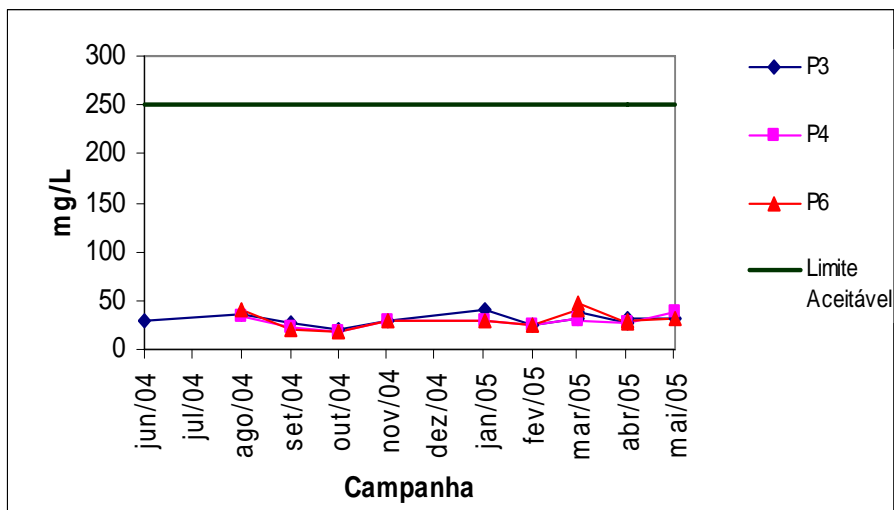


FIGURA 27 - Valores de Cloretos para os pontos de Água Bruta

Os valores de pH ficaram dentro dos limites para a Classe 2 (Figura 28). O comportamento das curvas para os três pontos foi bem semelhante. Não se observou relação do pH com possível eutrofização, já que o máximo valor obtido foi de 8,34 em maio de 2005 para P4. Cruz (2001) mostrou que a água do DIJA tinha tendência a ser alcalina com $\text{pH} > 8$, o que foi confirmado neste trabalho, visto que essa tendência alcalina permaneceu. O pH elevado pode afetar tanto a vida aquática como pode provocar incrustações em tubulações de água (VON SPERLING, 1996). As águas alcalinas podem gerar sérios problemas para a irrigação, pois podem acelerar o processo de sodificação do solo. O pH normal para a irrigação situa-se entre 6,5 e 8,4. Águas com pH acima de 8,4 podem ocasionar entupimentos dos sistemas de irrigação (CRUZ, 2001).

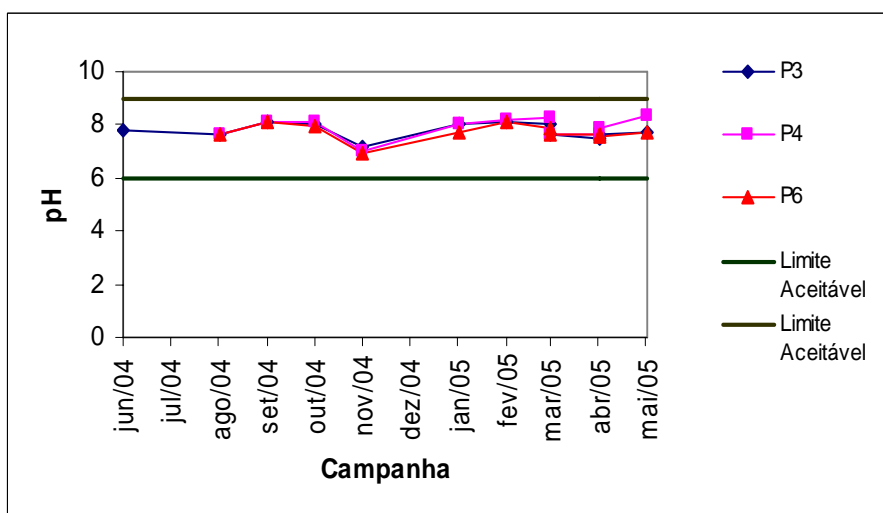


FIGURA 28 - Valores de pH para os pontos de Água Bruta

Os valores de nitrato mantiveram-se dentro dos padrões e bem abaixo do limite permitido (Figura 29). O maior valor obtido foi em P4 em agosto de 2004 (1,77mg/L). Gomes (2005), estudando as águas dos rios Jaguaribe e Quixeré, não observou concentração de nitrato acima do limite aceitável. Os baixos valores de nitratos encontrados indicam que a atividade agrícola não tem afetado as águas superficiais no que diz respeito à quantidade de fertilizantes, visto que o escoamento superficial é baixo, evitando o escoamento dos seus subprodutos para as águas. Como o escoamento é baixo, há uma preocupação em relação à água subterrânea, que poderia estar sendo contaminada por nitrato.

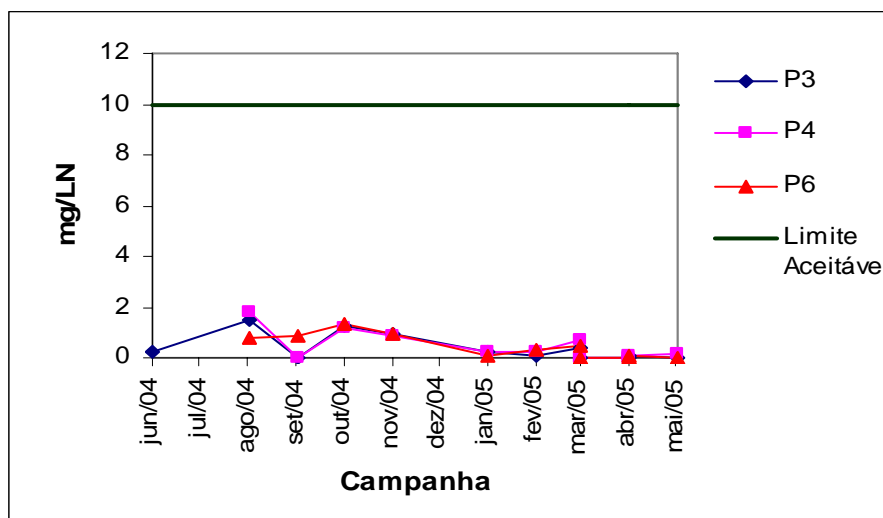


FIGURA 29 - Valores de Nitrato para os pontos de Água Bruta

Os valores de Turbidez para água bruta foram bem baixos, atendendo, na maior parte do estudo, os padrões de uma água tratada (5UNT) (Figura 30). Os valores baixos de turbidez contribuem para facilitar o tratamento simplificado que ocorre no DIJA. Com base nesses resultados pode-se dizer que as águas superficiais do DIJA são mais influenciadas pela cor do que pela turbidez.

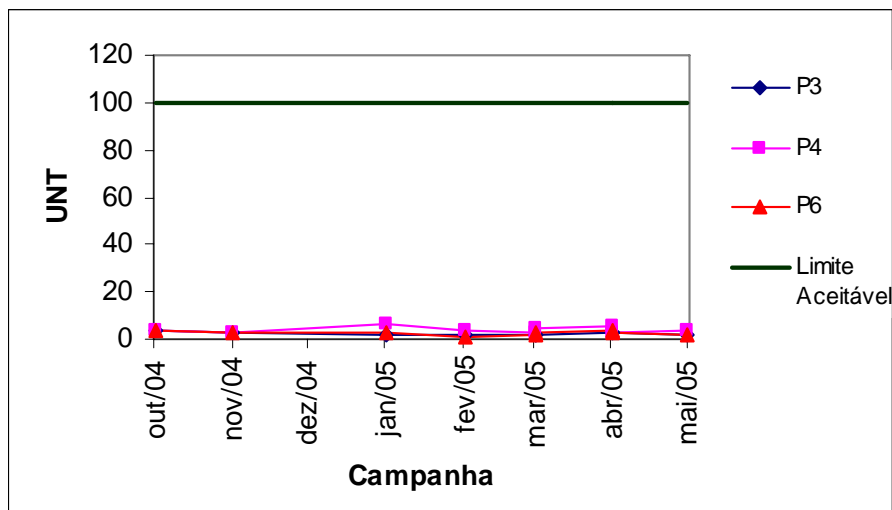


FIGURA 30 - Valores de Turbidez para os pontos de Água Bruta

Os valores para clorofila “a” foram bem inferiores ao padrão estabelecido para a Classe 2 (Figura 31). Dessa forma, observa-se que não há nenhum indício de eutrofização, tanto pelos valores de clorofila “a” como pelos valores de pH. A Clorofila “a” é um bom indicador de biomassa algal, pois representa 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas (CETESB, 2006).

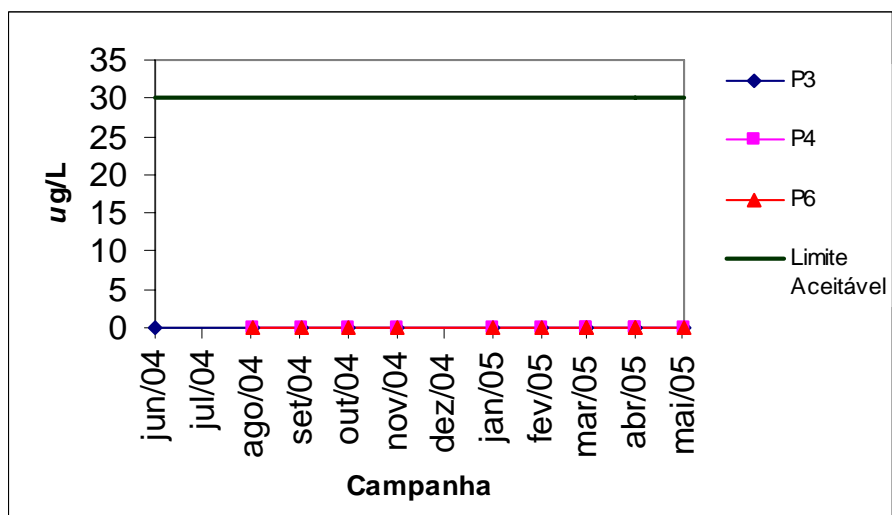


FIGURA 31 - Valores de Clorofila “a” para os pontos de Água Bruta

A água Bruta do DIJA não atende aos requisitos da Classe 2 para a maioria das campanhas em todos os pontos estudados, devido apresentar restrições em relação aos parâmetros bacteriológicos, SDT e OD. Dessa forma, devem ser identificadas e solucionadas

as principais causas da alteração desses parâmetros, a fim de que em breve as águas do DIJA possam ser enquadradas como Classe 2.

O segundo grupo corresponde ao grupo de água tratada e é constituído pelos pontos P1 (Consumo da comunidade Cabeça Preta), P2 (Consumo da Comunidade Santa Maria e Santa Fé) e P5 (Consumo da Comunidade Tomé e Cabeça de Santa Cruz). Todos esses pontos devem atender a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, que “estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância de qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências”. Para a discussão deste grupo foram utilizados resultados de análises do mês de janeiro de 2006 do SAAE de Limoeiro do Norte, responsável pelas estações de tratamento do DIJA (SAAE, 2006).

Foram discutidos os parâmetros Cloro Residual Livre (CRL), CTE, CT, Amônia, Nitrato, Cor, Dureza Total, CE e Turbidez.

Todas as comunidades do DIJA possuem o mesmo tratamento de água simplificado, constituído de um filtro de areia e simples desinfecção (clorador de pastilhas – Hypocal Tablete). Em cada estação há um operador, que geralmente mora na própria comunidade, treinado para operar estas estações.

Ao longo do estudo observou-se uma grande variação em relação ao cloro residual. Para ajudar na avaliação da água tratada usou-se um Kit de cloro residual para saber o nível de cloração destas águas, o mesmo utilizado pelos operadores. A Portaria nº 518 do Ministério da saúde determina, no artigo 13º, que após a desinfecção a água deve ter um teor mínimo de cloro residual de 0,5mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição.

Foram medidas as concentrações de CRL a partir de outubro de 2005. Observou-se que no ponto P2 atingiram-se valores acima de 2mg/L e no ponto P1 foram obtidos os mais baixos níveis de cloro residual. Constatou-se que não havia uniformidade ao longo do estudo para nenhum dos pontos (Figura 32).

Essa oscilação pode prejudicar a desinfecção, tornando-a ineficiente. O cloro residual encontrado em alguns pontos na saída da estação foi muito baixo, não garantindo que o residual chegue até a última residência atendida. Seria necessário um acompanhamento da operação de cada ETA para poder fazer os ajustes necessários a fim de garantir a qualidade da água à população.

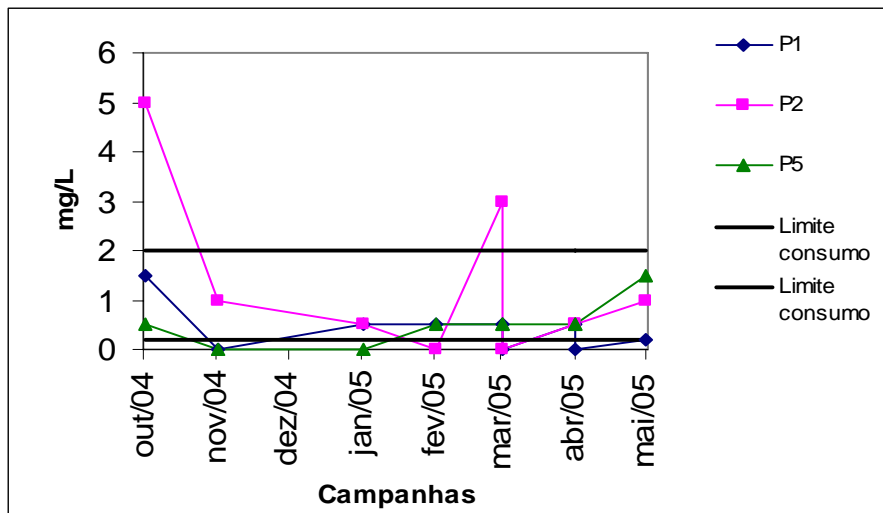


FIGURA 32 - Valores de Cloro Residual (CRL) para os pontos de água tratada.

De acordo com a Portaria N°. 518 do Ministério da Saúde, o grupo de Coliformes Totais continua sendo um padrão microbiológico e os Coliformes Fecais foram substituídos pelos Coliformes Termotolerantes. Neste trabalho será utilizado o termo Termotolerante ao invés de Coliformes Fecais. Os valores de Coliformes Termotolerantes (CTE) variaram de zero, para a maioria das campanhas nos três pontos estudados, a 27NMP/ 100mL no ponto P1 na campanha da 2ª quinzena de abril de 2005 (Figura 33). A legislação determina ausência de CF para águas tratadas. Observaram-se valores de CTE em 3 campanhas para P2, 4 campanhas para P1 e 5 campanhas para P5. A qualidade da água, em relação aos CTE teve seu pior desempenho em abril e em maio de 2005, para todos os pontos.

As campanhas que apresentaram restrições quanto à qualidade bacteriológica da água provavelmente deveram-se ao período chuvoso, que dificulta o tratamento da água e também provavelmente estão relacionados aos baixos níveis de cloro residual encontrados, principalmente para P1 no período de março a maio de 2005.

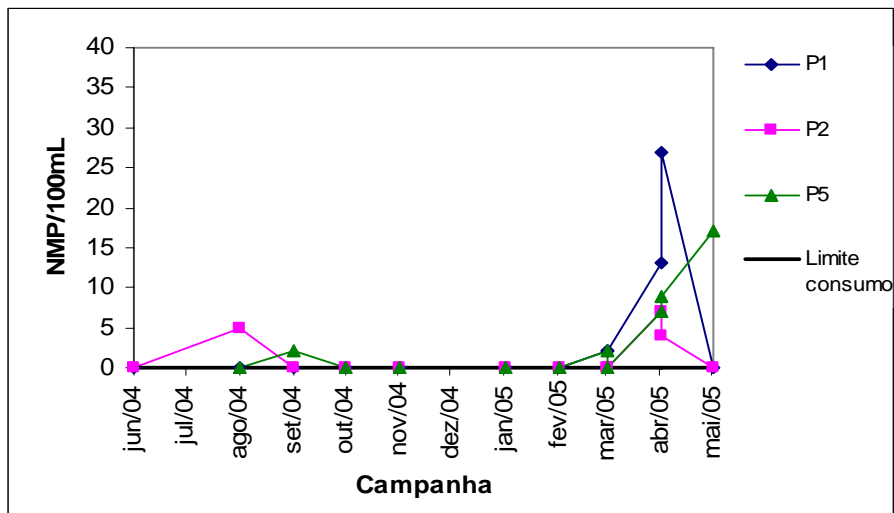


FIGURA 33 - Valores de Coliformes Termotolerantes para os pontos de água tratada

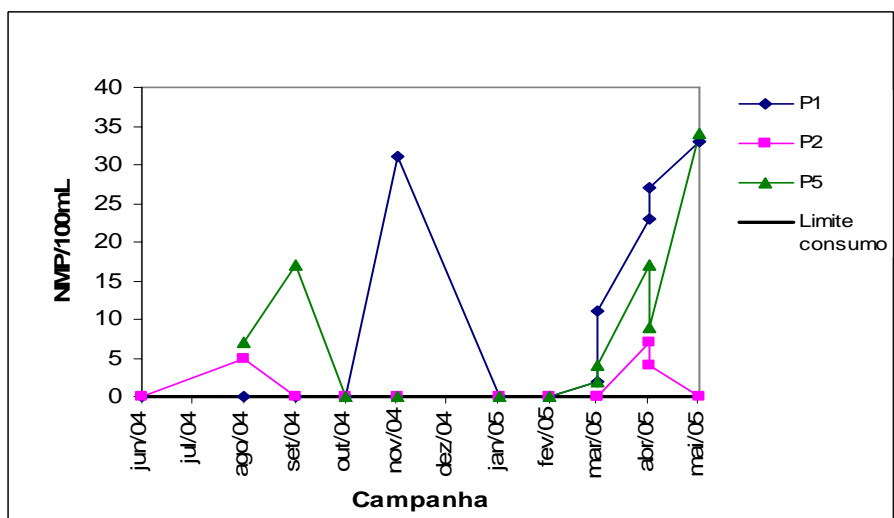


FIGURA 34 - Valores de Coliformes Totais para os pontos de água tratada.

O comportamento dos CT para os pontos avaliados (Figura 34) foi semelhante ao encontrado para CTE. O ponto P5 foi o que apresentou pior qualidade por ter tido mais de 50% de suas amostras com presença de CT, apesar de todos os pontos terem apresentado valores fora dos padrões. Os motivos para os valores encontrados para CT foram os mesmos para CTE, salientando que a sua contaminação não é atribuída exclusivamente à origem fecal.

A amônia obteve apenas uma campanha fora dos padrões (janeiro de 2005), observada na Figura 35. Os valores de amônia variaram de zero, para a maioria das campanhas, a 3,91mg/L (janeiro de 2005) para o P1. Como não houve indício de contaminação devido à ausência de Coliformes nessa campanha, a hipótese seria de

decomposição de vegetais que podem ter permanecido na água mesmo após o seu tratamento, provocando a presença de amônia.

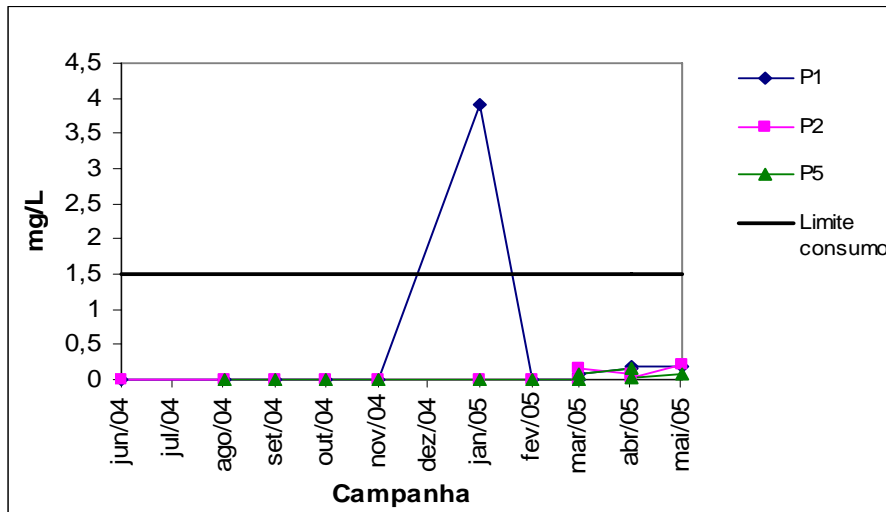


FIGURA 35 - Valores de Amônia para os pontos de água tratada.

A cor aparente apresentou valores que variaram de 5 a 100UH, obtendo valor máximo para a campanha de junho de 2004 para P2 (Figura 36). A cor deve-se a sólidos dissolvidos na água, que podem ter tido origem de diversas fontes. Essas fontes podem ser provenientes desde a poluição por esgotos domésticos e/ou industriais até a decomposição de animais e/ou vegetais. Os valores encontrados pelo SAAE (2006) variaram de 30UH em P2 a 80UH em P1, valores esses fora dos padrões. Provavelmente, um aumento das chuvas teria provocado este aumento de cor nas águas, carreando material sólido e vegetal para dentro dos canais. Vale ressaltar que apenas a filtração seguida da simples cloração pode não ser suficiente para a remoção de cor na água, devendo ser observada a eficiência do tratamento para indicar, se necessário, novas adaptações para as ETAs do DIJA. É importante enfatizar que o maior problema em relação a cor é a rejeição por parte da população sob o aspecto estético.

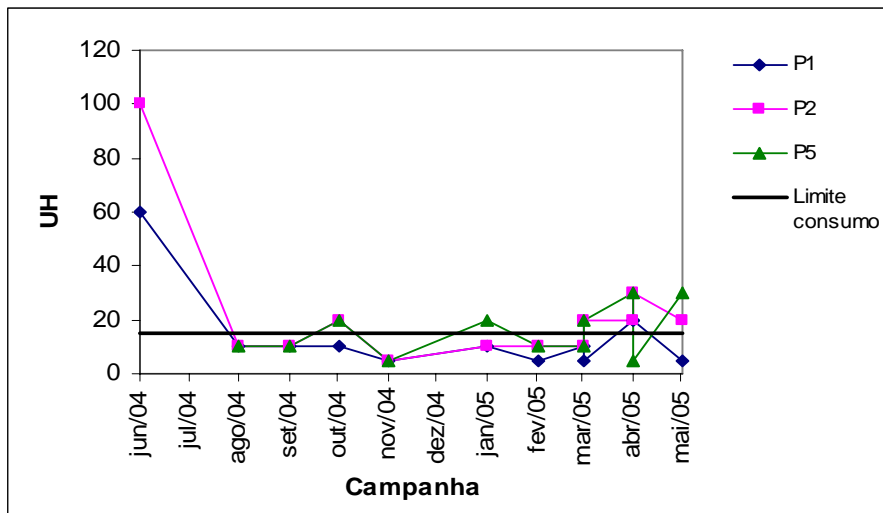


FIGURA 36 - Valores de Cor para os pontos de água tratada

Os valores de nitrato variaram de 0mg/LN, em janeiro de 2005, a 1,46mg/LN em agosto de 2004 (Figura 37). O nitrato permaneceu, em todas as campanhas, para todos os pontos de água tratada, dentro dos padrões. Sawyer et al. (1994) comentam que águas que tenham presença de nitrato indicam que a poluição é antiga, ou seja, já vem ocorrendo há algum tempo e que o nitrato pode ser produzido pela oxidação da amônia ou por fertilizantes comerciais. Outro fator importante em relação ao nitrato é que quando presente nas águas de consumo em altas concentrações pode provocar uma doença chamada metahemoglobinemia infantil. Como as águas tratadas do DIJA estiveram dentro dos limites para consumo humano, as possibilidades de um risco de saúde pública diminuem, assim como a possível presença de contaminação das águas superficiais por fertilizantes.

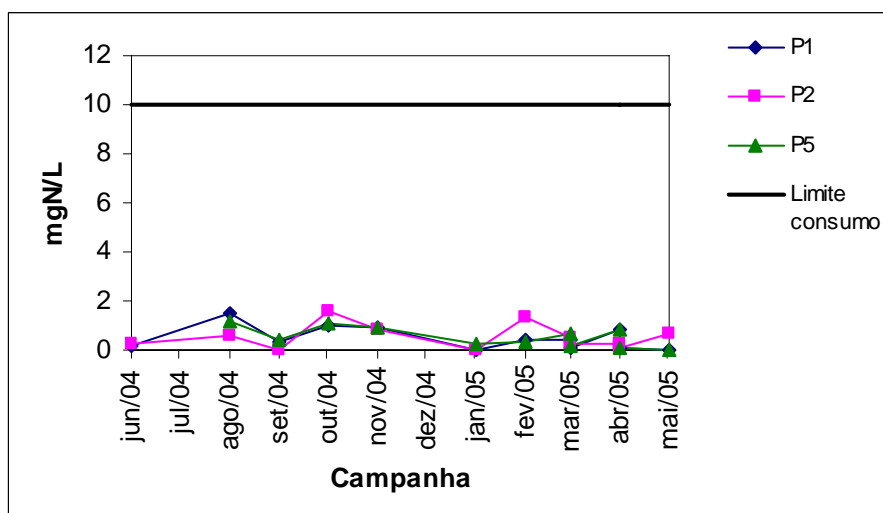


FIGURA 37 - Valores de Nitrato para os pontos de água tratada

Os valores de pH (Figura 38) tiveram o seu valor mínimo igual a 7, em novembro de 2004 para P2, e o seu valor máximo de 8,6 em P1, em março de 2005. Os valores obtidos pelo SAAE (2006), nos mesmos pontos aqui estudados, variaram de 8,7 (para os pontos P1 e P2) a 8,8 (para o ponto P5). Dessa forma, observou-se que todos os pontos durante todo este estudo e até janeiro de 2006 tiveram valores dentro dos padrões.

O pH é um importante parâmetro a ser monitorado em uma estação de tratamento de água. A Portaria N. 518 recomenda que a desinfecção seja realizada com pH inferior a 8 com um tempo de contato mínimo de 30 minutos.

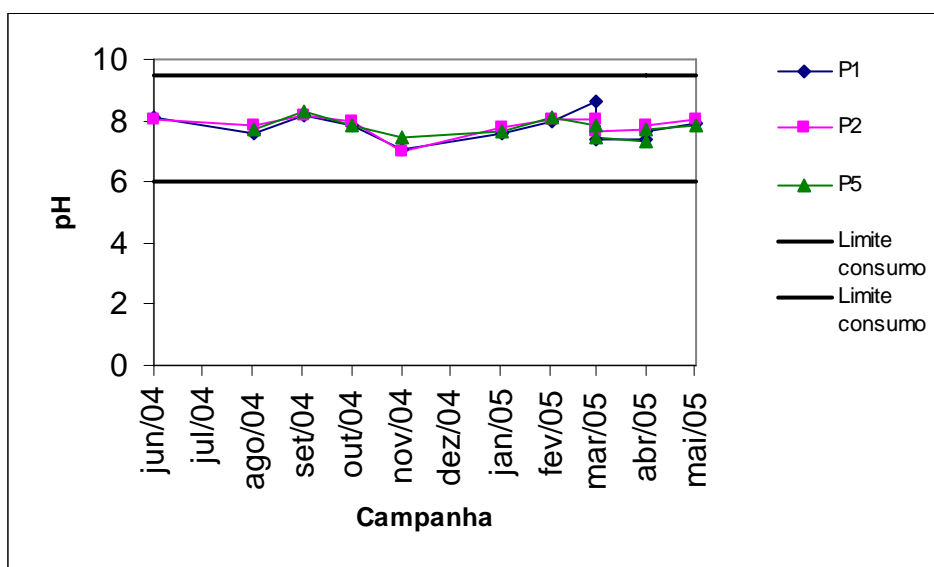


FIGURA 38 - Valores de pH para os pontos de água tratada

Os valores de Dureza Total variaram de 64mg/L de CaCO₃, em fevereiro de 2005, a 96mg/L de CaCO₃, em novembro de 2004 (Figura 39). Os valores obtidos pelo SAAE (2006) em janeiro de 2006 variaram de 69 mg CaCO₃ /L no ponto P5 a 130 mg CaCO₃ /L em P2. Ambos os resultados, desta pesquisa como o do SAAE, estão dentro dos padrões.

A principal fonte de dureza na água é a sua passagem pelo solo através da dissolução do calcário pelo gás carbônico da água (PIVELI, 1997). Desta forma é normal encontrar uma dureza maior em águas subterrâneas. No caso específico das águas superficiais do DIJA esta influência é pequena, o que pode ser observado pelos valores encontrados na água tratada. Águas que passaram por tratamento convencional costumam apresentar dureza superior às águas brutas, por adicionarem ao tratamento cal hidratada, geralmente para corrigir o pH, o que pode formar o sulfato de cálcio que produz dureza.

Quanto aos problemas de saúde pública, há indícios de aumento de incidência de cálculo renal em cidades abastecidas por águas duras (PIVELI, 1997).

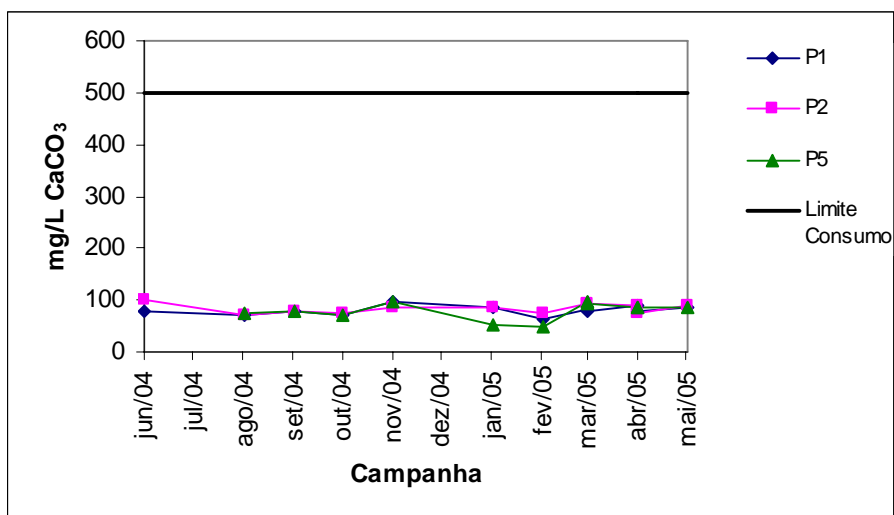


FIGURA 39 - Valores de Dureza Total para os pontos de água tratada

Os valores de cloretos variaram de 20mg/L, em outubro de 2004, para P5 41,4mg/L, em março de 2005 (Figura 40). Os valores obtidos pelo SAAE (2006) para os mesmos pontos variaram de 43 a 47,5mg/L. Todos os valores encontrados para todos os pontos, tanto neste trabalho quanto pelo SAAE, encontram-se dentro dos padrões. O maior problema da presença de cloretos em altas concentrações é a rejeição por parte da população, devido ao gosto desagradável que é conferido à água.

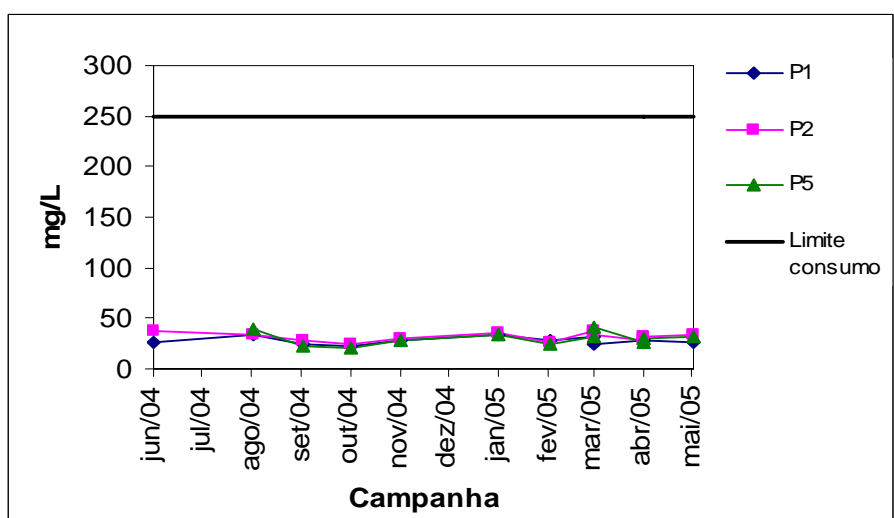


FIGURA 40 - Valores de Cloretos para os pontos de água tratada

Para a Condutividade Elétrica (CE) os valores encontrados variaram de 113 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em março de 2005, para P1 a 348 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em abril de 2005, para o P2 (Figura 41). De junho a novembro de 2004, observou-se que o comportamento da CE foi semelhante para os três pontos e a partir de janeiro o comportamento começou a se diferenciar, provavelmente devido ao período chuvoso que provoca uma maior variação das concentrações dos compostos na água. Os valores encontrados pelo SAAE (2006) variaram de 199 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para P2 a 246 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para P5. Constatou-se que os valores encontrados para CE demonstram presença de outros sais, devido a baixa concentração dos cloretos.

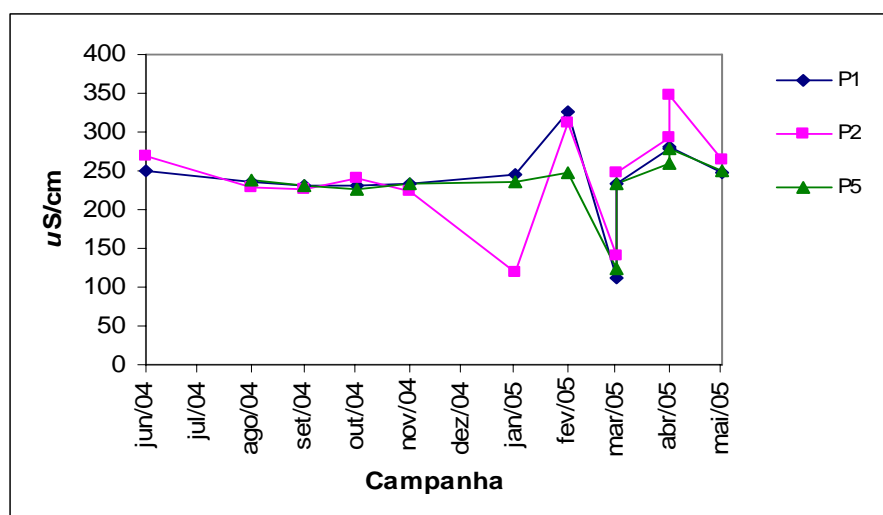


FIGURA 41 - Valores de CE para os pontos de água tratada

Os valores de Turbidez variaram de 0,4 UNT, em março de 2005 (2º quinzena) para P1, a 6,8UNT, em abril de 2005 para P3 (Figura 42). Os valores encontrados pelo SAAE variaram de 0,98UNT em P2 a 1,33UNT em P1. Apenas a campanha de abril de 2005 encontra-se fora dos padrões, possivelmente devido ao período chuvoso carreando sólidos para as águas e permanecendo essas concentrações após o seu tratamento. Dessa forma, pode-se dizer que o tratamento simplificado não é suficiente para remover grandes quantidades de sólidos na água. Vale ressaltar que a Turbidez deve-se a presença de sólidos suspensos na água, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas, bactérias, plâncton em geral e outros (CETESB, 2006).

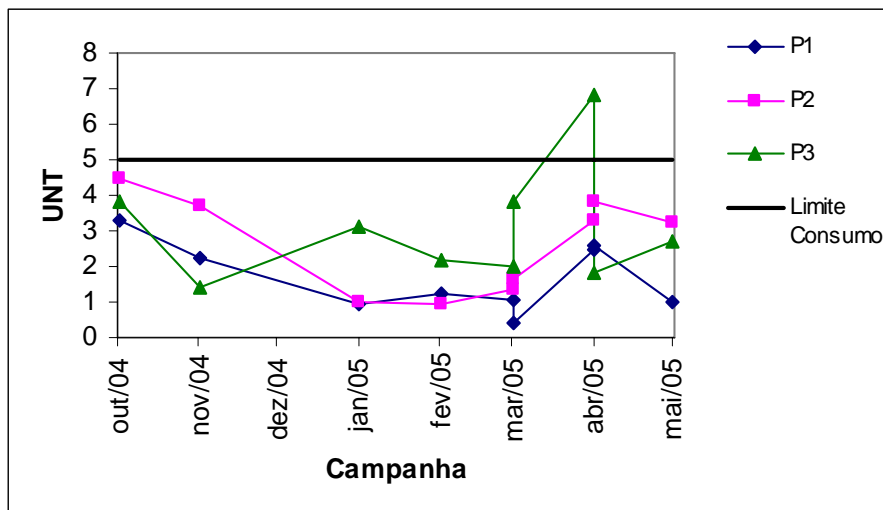


FIGURA 42 - Valores de Turbidez para os pontos de água tratada

A água tratada do DIJA, de maneira geral, apresenta-se de boa qualidade em relação à maioria dos parâmetros analisados, principalmente aos físico-químicos. Já em relação aos parâmetros bacteriológicos, observa-se que de março a maio de 2005, a qualidade desta água foi inferior em relação aos outros meses do estudo, verificando assim que isso se deve provavelmente ao período chuvoso em que a qualidade da água fica um pouco reduzida e também a prováveis problemas operacionais da Estação de Tratamento (ETA).

5.2 Valores de IQA para as Águas Brutas do DIJA

Utilizou a análise dos componentes principais (ACP) para determinar o IQA das águas brutas do DIJA. Para o grupo água bruta foram utilizados os parâmetros: CF, Amônia, Nitrato, Clorofila “a”, Cloretos, CE, Dureza Total, Cor, pH e OD. Os parâmetros citados foram utilizados para a construção da matriz de correlação. Para avaliar o modelo escolhido, foi analisado o valor do KMO (Teste de Kaiser, Meyer e Olkin, 1974), que mede a adequabilidade da amostra. Quando se obtém valor de KMO abaixo de 0,5 não se recomenda utilizar o modelo proposto (NERUSIS, 1990). O KMO para o modelo da água bruta foi de 0,517. Foi feita a rotação dos eixos utilizando o método VARIMAX, a fim de facilitar a interpretação dos fatores (PALÁCIO, 2004). Foi extraído um modelo composto por 4 fatores que representavam 73,5% da variância dos dados (Tabela 10). Para a determinação de q_i (qualidade das variáveis) para cada ponto e campanha, foram utilizados os valores limites da

classe 2, “águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional..”, da Resolução do CONAMA 357/05 para as variáveis selecionadas (Tabela 11). Foi utilizada a classe 2, admitindo ser a situação limite a qual a qualidade da água deveria estar enquadrada, visando todos os seus usos previstos para atender as necessidades da comunidade (9º parágrafo da Resolução do CONAMA, 357/05). Os valores de q_i para cada ponto e parâmetro podem ser vistos no Apêndice G.

TABELA 10 - Componente da Matriz do Modelo de Água Bruta

VARIÁVEIS	COMUNALIDADES	FATORES			
		1	2	3	4
CF	0,303	0,377	-0,209	0,341	-0,03554
OD	0,796	0,09404	0,368	0,05008	0,805
NITRATO	0,837	-0,175	-0,315	-0,179	0,822
pH	0,820	0,892	-0,01609	-0,146	-0,04505
DUREZA TOTAL	0,829	-0,272	0,867	0,0265	0,04948
CLOROFILA “A”	0,785	-0,850	-0,128	-0,197	0,08379
CLORETOS	0,616	-0,297	0,06632	0,722	0,04626
COR	0,926	0,417	0,861	0,09432	-0,04067
CE	0,776	0,341	0,122	0,783	-0,178
AMÔNIA	0,661	0,196	0,02124	0,577	-0,538

Na tabela 10 se observa que o CF (Coliformes Fecais) foi a variável que teve a menor comunalidade, sendo apenas 30,3% da sua variância explicada pelos quatro fatores. Ao contrário desta variável, a Cor, teve a maior comunalidade, sendo 92,6% explicada pelos fatores. A primeira componente foi mais significativa para as variáveis pH, e Clorofila “a”, apresentando pesos dos fatores de 0,892 e 0,850, respectivamente. A segunda componente foi mais significativa para as variáveis Dureza Total e Cor. A terceira componente foi mais significativa para as variáveis, Cloretos, CE e Amônia e a quarta componente foi mais significativa para as variáveis, Nitrato e OD. Desta forma, observou-se que a primeira componente explica melhor o parâmetro biológico (pH e clorofila “a”). A segunda explica melhor as variáveis relacionadas aos parâmetros físicos – químicos como a Dureza Total e Cor. A terceira explica indicadores de poluição recente (Amônia, CE e Cloretos). A quarta

explica também indicadores de poluição antiga ou que vem sofrendo degradação ao longo do tempo (Nitrato e OD).

Também se determinou o peso de cada variável a partir do modelo selecionado. Os valores dos pesos estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 11 - Limites das Variáveis Utilizadas para o Cálculo do q_i

q_i	Nitrato (mg/L N)	Dureza Total (mg/L de CaCO ₃)	Amônia (mg/L)	CF (NMP/100mL)	Cor (UH)	pH	CE (μ s/cm)	OD (mg/L)	Cloretos (mg/L)	CLA (μ g/L)
100 – 80	0 – 2,5	0 – 125	0 – 0,5	0 – 200	0 – 30	7 – 7,5	0 – 250	> 7	0 – 50	0 – 10
80 – 60	2,5 – 5	125 – 250	0,5 – 1,0	200 – 500	30 – 50	7,5 – 8	250 – 500	7 – 6,5	50 – 150	10 – 20
60 – 40	5 – 10	250 – 500	1,0 – 1,5	500 – 1000	50 -75	6 -7 ou 8- 9	500 – 750	6,5 – 6	150 – 250	20 – 30
40 – 20	10 – 15	500 – 750	1,5 – 2	1000- 1500	75 – 100	5 – 6 ou 9 – 10	750 – 1000	6 – 5	250 – 300	30 – 40
20 – 0	> 15	> 750	> 2	> 1500	> 100	< 5 ou > 10	> 1000	< 5	> 300	> 40

TABELA 12 - Pesos das Variáveis para Água Bruta

VARIÁVEIS	PESOS
CF	0,077
OD	0,097
NITRATO	0,111
pH	0,097
DUREZA TOTAL	0,097
CLOROFILA "A"	0,108
CLORETOS	0,087
COR	0,114
CE	0,109
AMÔNIA	0,098

O gráfico abaixo (Figura 43) mostra a variação do IQA para os pontos de coleta de água bruta para cada campanha pelo método da ACP.

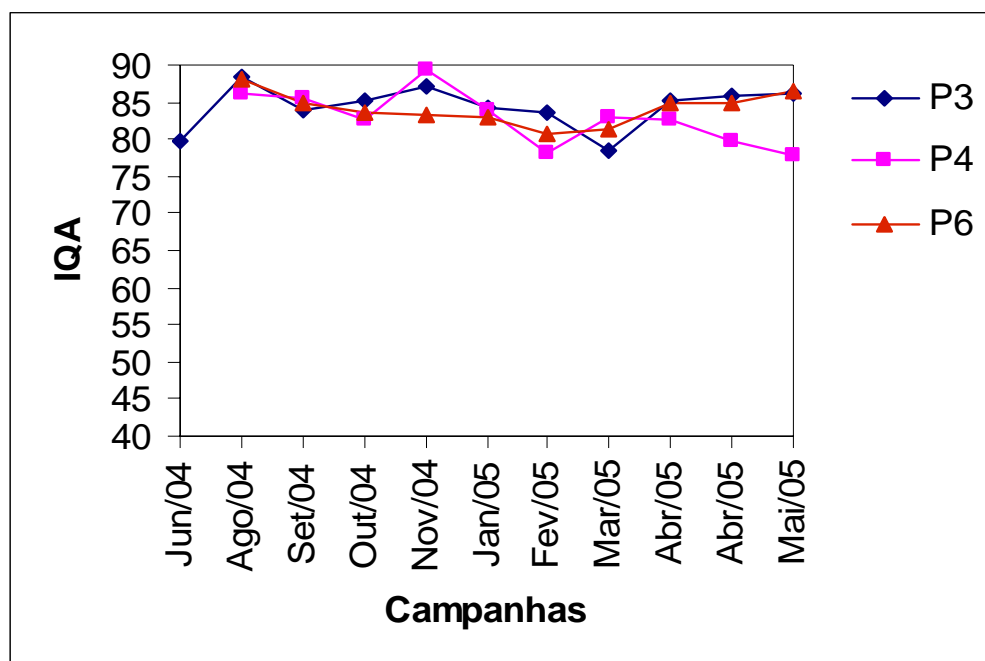


FIGURA 43 - Valores de IQA todos os pontos de água bruta pelo método da ACP.

Na Figura 43, pode-se observar que no P3 o valor de IQA foi Bom, variando de 78,5 (março de 2005) a 88,5 (agosto de 2004). As campanhas que tiveram algum tipo

de restrição, por apresentarem valores acima dos limites segundo a Resolução do CONAMA (357/05), foram as campanhas de junho e setembro de 2004 e março de 2005. Os parâmetros que obtiveram os mais baixos valores de q_i (valor da qualidade da variável) para este ponto foram a Cor e o OD. No entanto observou-se que mesmo as coletas que apresentaram algum valor fora dos padrões para a classe 2, que foi utilizada como referência, tiveram um IQA Bom. Desta forma, pode-se dizer que nestes casos (campanhas dos meses de junho, setembro de 2004 e março de 2005) a qualidade desta água foi boa, mas apresentou algum tipo de restrição, devido a alguns parâmetros. Como se prevê que esta água seja utilizada para o consumo humano, torna-se indispensável que haja algum tipo de tratamento, de preferência convencional, a fim de corrigir os valores fora dos padrões encontrados.

Para o ponto P4, se observa que não há uma regularidade no valor de IQA ao longo das campanhas. Os valores de IQA variaram de 77,8 (maio de 2005) a 89,2 (novembro de 2004). Os parâmetros que obtiveram baixos valores de q_i ($q_i < 40$) para este ponto foram o CF (fevereiro e abril_2 de 2005) o OD (fevereiro, março_2, abril_1 e maio de 2005). Da mesma forma que no ponto P3, os parâmetros que obtiveram valores fora dos padrões para a classe 2, foram CF e OD.

Para o ponto P6, o valor de IQA variou de 80,54 (Fevereiro de 2005) a 88,2 (agosto de 2005). O maior valor foi obtido no mês de agosto de 2004 e o menor em fevereiro de 2005. Para este ponto apenas o parâmetro OD apresentou valores abaixo dos limites aceitáveis pela legislação vigente. As campanhas que apresentaram valores de OD abaixo do limite permitido foram as de novembro de 2004 e janeiro, fevereiro e março_2 de 2005. Os valores de IQA para P6, de modo geral, foram maiores que nos pontos P3 e P4, refletindo a melhor qualidade da água deste ponto em relação aos demais.

Dos três pontos analisados acima, o ponto P4 apresentou o maior valor e o menor valor de IQA. De um modo geral, o ponto P4 foi o que apresentou o maior número de amostras com baixos valores para q_i (seis amostras com $q_i < 40$) e o P3 apresentou o menor número de amostras com baixos valores de q_i (três amostras com $q_i < 40$), ou seja, foi o ponto com melhor qualidade entre os três citados.

O grupo Água Bruta apresentou valor médio para o IQA de 83,79, considerado bom. Vale ressaltar que mesmo apresentando alguns valores de q_i para alguns parâmetros abaixo do limite estabelecido ($q_i = 40$), de um modo geral, a qualidade da água bruta do DIJA é boa e na maioria das campanhas a água pode ser enquadrada

como classe 2. PALÁCIO (2004), em estudo realizado no rio Trussu, encontrou a menor média para o IQA de 78,20, cujo valor está enquadrado na classe de boa qualidade (71 – 90).

Foi utilizado, para efeito de comparação, outro método para calcular o IQA, o método adotado pela CETESB. Foram feitas algumas adaptações em relação aos pesos e as variáveis de qualidade. As variáveis utilizadas neste trabalho foram: Amônia, Nitrato, CE, CF, pH, DT, Cloretos, Cor e OD. Os pesos das variáveis, CF, pH e OD foram os mesmos utilizados pela CETESB, por coincidir com as variáveis utilizadas neste modelo. Para as demais variáveis, foram adotados pesos equivalentes à importância de cada parâmetro para a avaliação da qualidade de água (Tabela 13).

TABELA 13 - Pesos das Variáveis para o Cálculo do IQA Aplicando a Metodologia da CETESB.

VARIÁVEIS	PESOS
Coliformes Fecais (CF)	0,15
Nitrato	0,1
pH	0,12
Dureza Total	0,08
Cloretos	0,1
Cor	0,08
CE	0,1
Amônia	0,1
OD	0,17

Os valores de IQA para água bruta calculados pelo método adaptado da CETESB podem ser vistos na Figura 46.

Para o ponto P3 o valor de IQA variou de Regular (63,17) a Bom (87,02). Apenas as campanhas de setembro de 2004 e a março_2 de 2005 tiveram restrição por apresentarem valores de OD fora dos padrões. De modo geral a qualidade da água para este ponto foi boa, tendo um valor médio de IQA de 78,3.

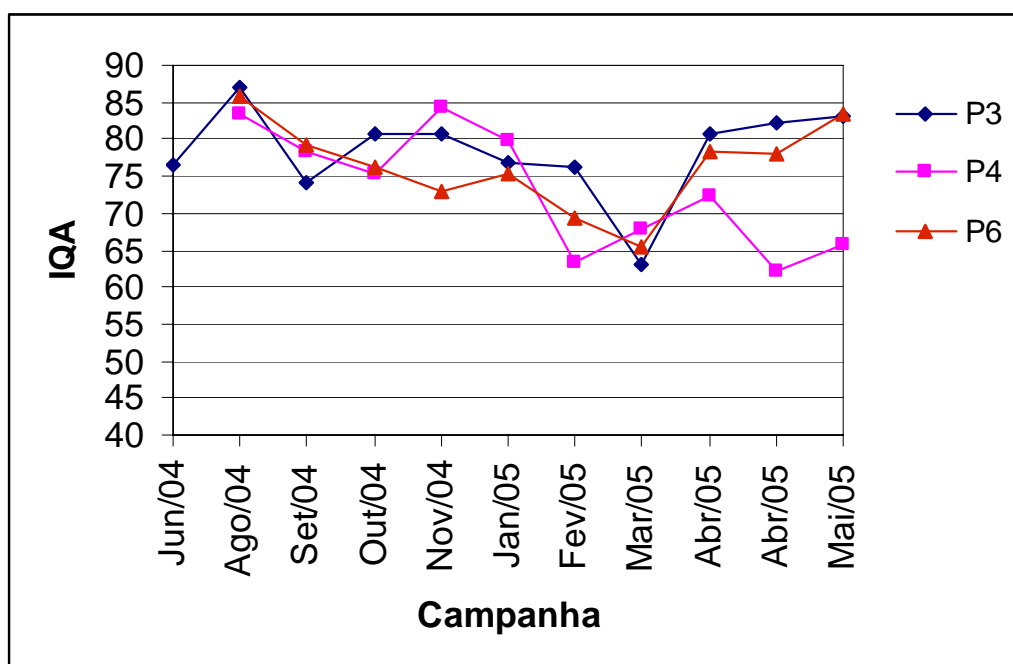


FIGURA 44 - Valores de IQA para os pontos P3, P4 e P6 pelo método da CETESB.

Para o Ponto P4, os valores de IQA variaram de 62,16, em abril2 de 2005 a 84,4 em novembro de 2004. As campanhas que apresentaram algum tipo de restrição em relação a qualidade das variáveis foram, fevereiro,março_2, abril_1 e maio de 2005 para as variáveis CF e OD. O valor médio de IQA foi de 73, 3, considerado Bom.

Para o ponto P6, os valores de IQA variaram de 65,3 a 85,8. As campanhas que tiveram alguma restrição foram as de novembro de 2004, janeiro, fevereiro e março de 2005. A variável que apresentou valores fora dos padrões para a classe 2 foi o OD. O IQA médio para este ponto foi de 76,4.

Usando o software @risk foram analisados os resultados de IQA para os índices de qualidade citados anteriormente, para avaliar o risco de o IQA apresentar valores abaixo dos 80%, em geral considerado um nível bom para a qualidade das águas.

Os gráficos gerados para a distribuição do IQAcp e IQAcetesb podem ser vistos nas figuras 45 e 46, respectivamente:

Observa-se que, para a figura 45, que a função que mais se assemelhou à distribuição dos dados de IQA_{CP} foi função Logistic, utilizando o critério do qui ao quadrado. O risco dos valores estarem abaixo de 80% foi de 7%.

Na figura 46, observa-se que a distribuição que mais se assemelhou aos dados de IQA_{CETESB} foi a função triangular. O risco dos valores de IQA ficarem abaixo de 80% foi de 64,2%.

Desta forma nota-se uma discrepância em relação aos dois métodos no que diz respeito ao risco dos valores estarem abaixo da faixa dos 80%. Vale ressaltar que mesmo estando abaixo dos 80% a qualidade da água não é considerada imprópria já que os valores não ficaram abaixo dos 60%.

Para o IQA_{CP}, 88% dos valores encontraram-se na faixa de IQA, que variou de 80 a 88. Já para IQA_{CETESB}, 64,2% dos valores encontraram-se na faixa de IQA de 60 a 80.

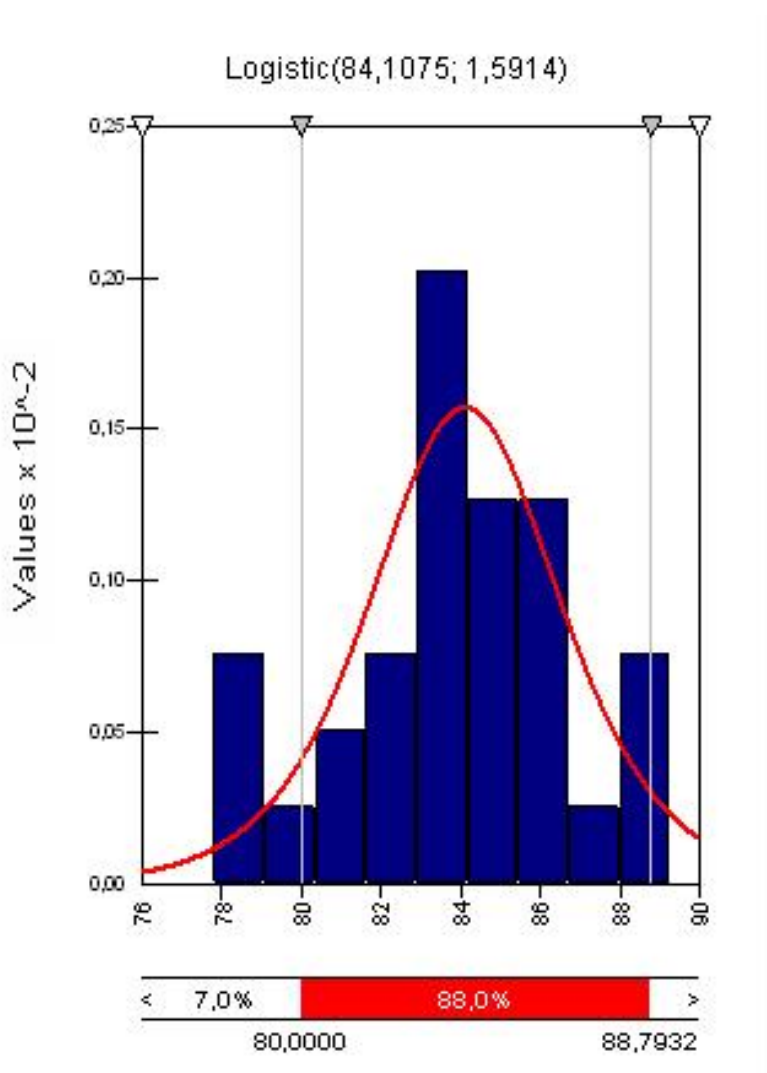


FIGURA 45 - Distribuição gerada a partir dos dados de IQA_{CP}

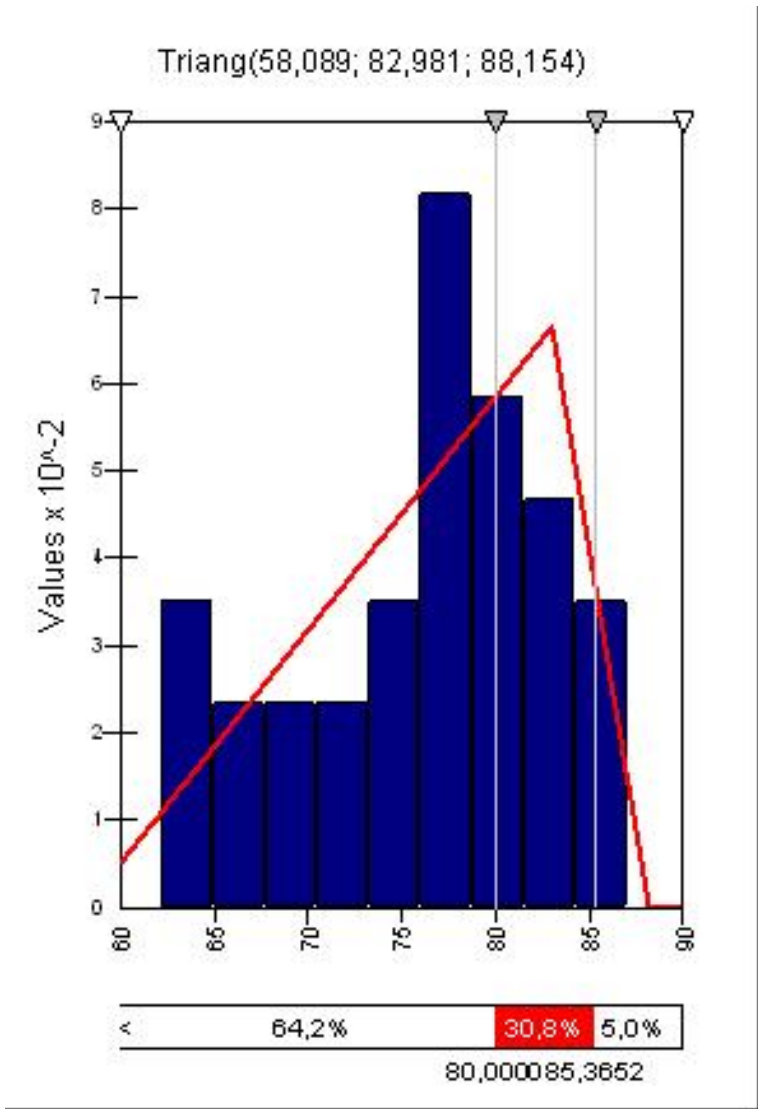


FIGURA 46 - Distribuição gerada a partir dos dados de IQA_{CETESB}

5.3 Análise das Imagens de Satélite do DIJA para Determinação do Uso e Ocupação do Solo – Mudanças Temporais.

A primeira imagem analisada corresponde ao ano de 1996 LANDSAT, nas bandas 3, 4 e 5 disponibilizadas pela FUNCEME. A primeira classificação feita foi usando o método do Paralelepípedo (Figura 47), onde se observa um espalhamento das cores que correspondem a uma determinada área de interesse. Observam-se as áreas de solo, predominando o solo avermelhado da chapada, a sudoeste da imagem, onde está localizado o perímetro irrigado (DIJA). Um solo mais rochoso, em vinho, na fronteira do município com o estado do Rio Grande do Norte e o solo amarelado, solo nu, bem espalhado em toda imagem. Quanto à vegetação, é possível visualizar os pivôs de irrigação, que estão em verde claro, correspondendo a uma área que está sendo cultivada, mesclando com o solo descoberto.

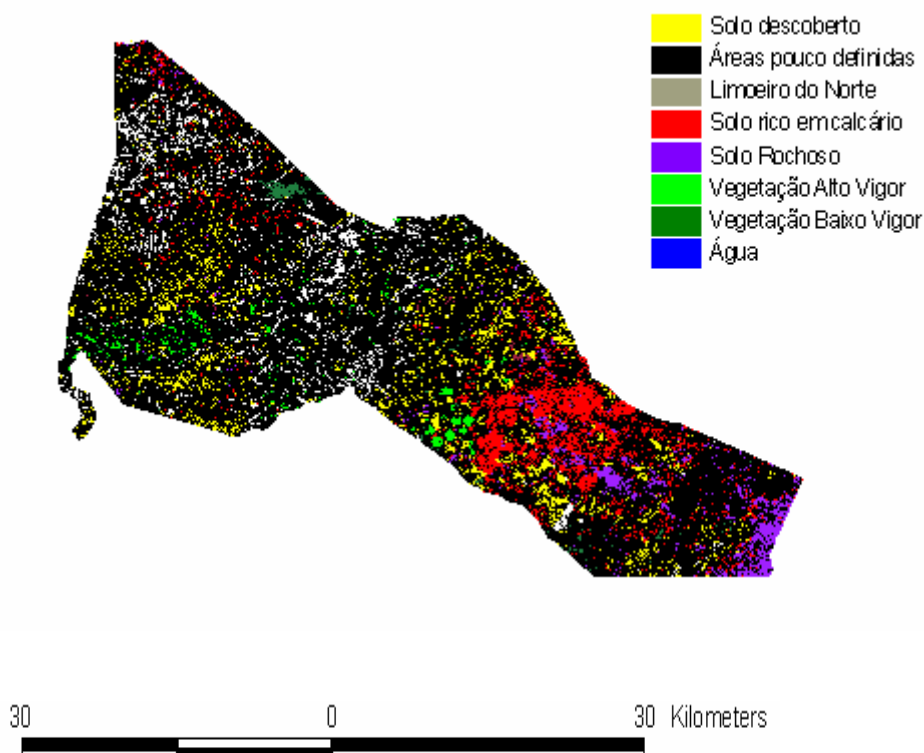


FIGURA 47 - Classificação da imagem LANDSAT 5 de 1996 pelo método do Paralelepípedo.

Vale ressaltar que o município possui cinco tipos de solos que podem ser vistos sobrepondo o mapa de solos ao município de Limoeiro do Norte (Figura 48);

esses são Cambissolos, Vertissolos, Neossolos Flúvicos, Argissolos e Planossolos (EMBRAPA, 1999). Quanto aos recursos hídricos superficiais do município, é possível visualizar a rede de drenagem quando sobrepostos o mapa de hidrografia do Estado do Ceará à imagem (Figura 49). O curso d'água mais a oeste da imagem é o rio Jaguaribe e no centro é o rio Quixeré, braço do Jaguaribe.

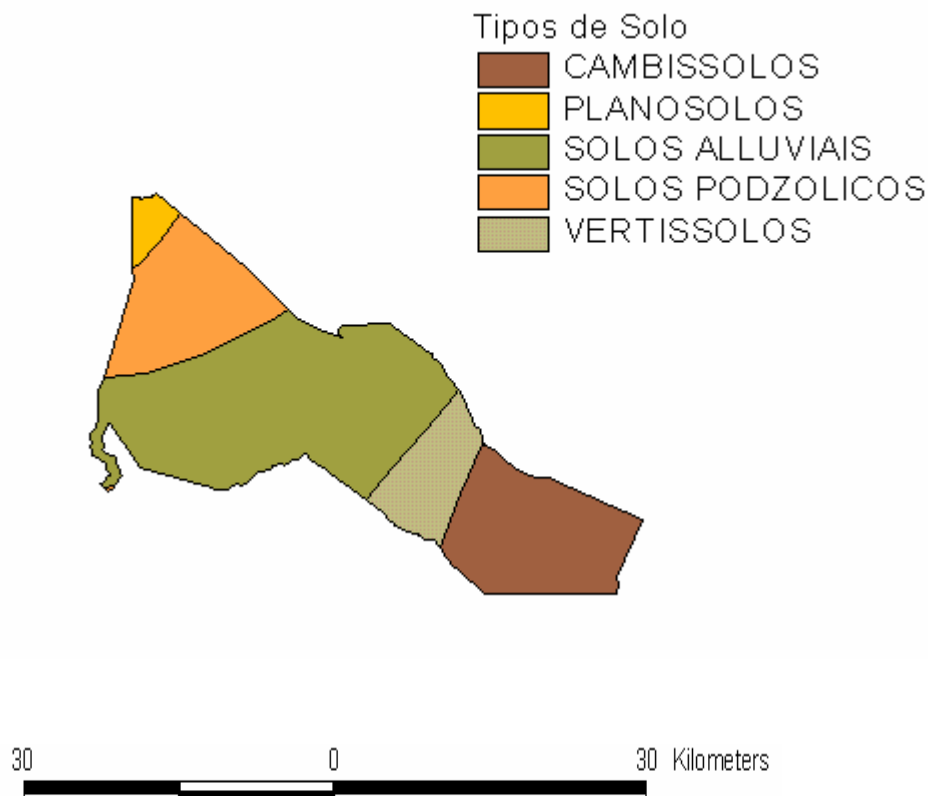


FIGURA 48 - Mapa de Solos sobreposto ao Município de Limoeiro do Norte.

Na Figura 49, observam-se que as classes identificadas pelo método da verossimilhança são bem mais definidas que o resultado da classificação usando o Paralelepípedo, onde não se observou áreas em preto, que determinam pixels sem classificação. Pode-se perceber também uma predominância da vegetação menos densa que provavelmente deve-se a Caatinga, vegetação predominante do Município e da Chapada do Apodi (CPRM, 1998). Quanto ao solo vermelho predominante na chapada, deve-se à decomposição do calcário que se caracteriza por ser avermelhado e argiloso (ALENCAR, 2002). Em comparação ao método anterior, observa-se que o método da

máxima verossimilhança foi bem mais eficiente em identificar as regiões de interesse em toda a imagem classificada. A classificação de uma imagem no centro – sul do estado do Ceará pelo método da classificação supervisionada, mostrou que o método da Máxima Verossimilhança é mais eficiente que o método do Paralelepípedo, pelas mesmas razões citadas acima para o estudo de caso atual (LEAO, 2003).

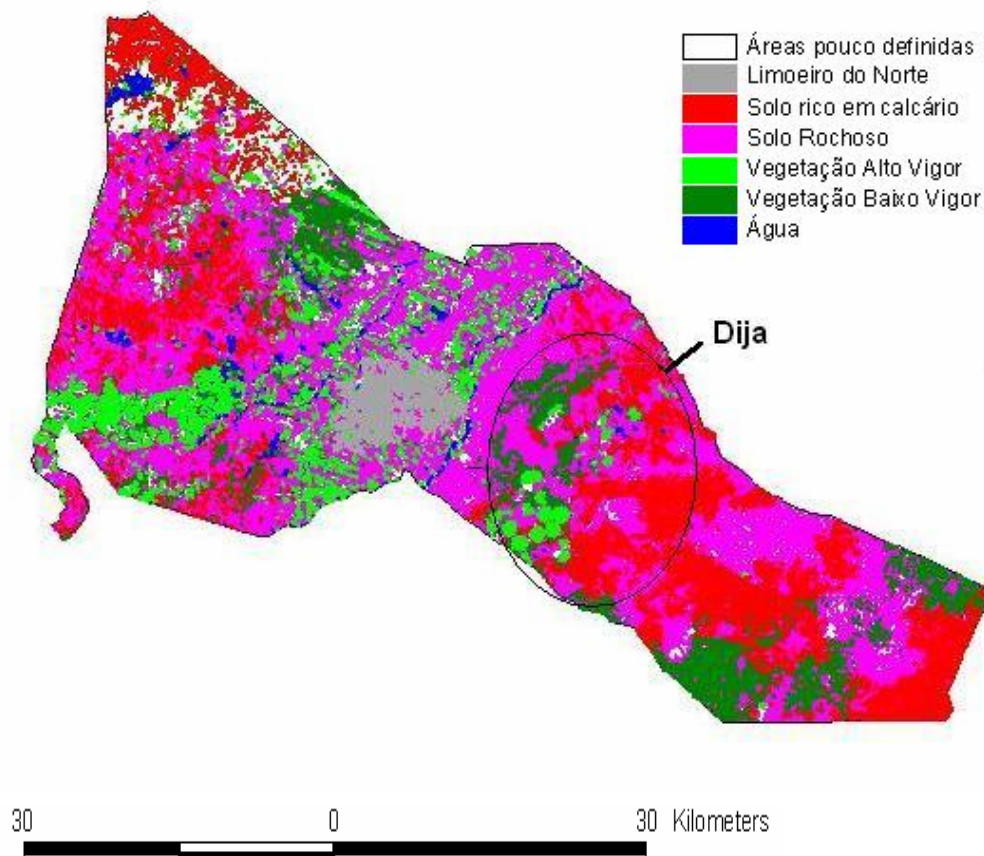


FIGURA 49 - Imagem LANDSAT 5 do município de Limoeiro do Norte de 1996 classificada através do Método da Máxima Verossimilhança.

A Figura 50, imagem de 2001 do município, classificada pelo método da Máxima Verossimilhança, mostra claramente o aumento de vegetação no perímetro irrigado, mas em outras áreas da imagem nota-se uma falta de vegetação onde antes havia, o que talvez se deva à urbanização das áreas rurais e ao próprio desenvolvimento urbano do município. Quanto às áreas dos solos, essas são mais definidas, mostrando que este método é bem mais eficiente que o anterior, não deixando de classificar área alguma.

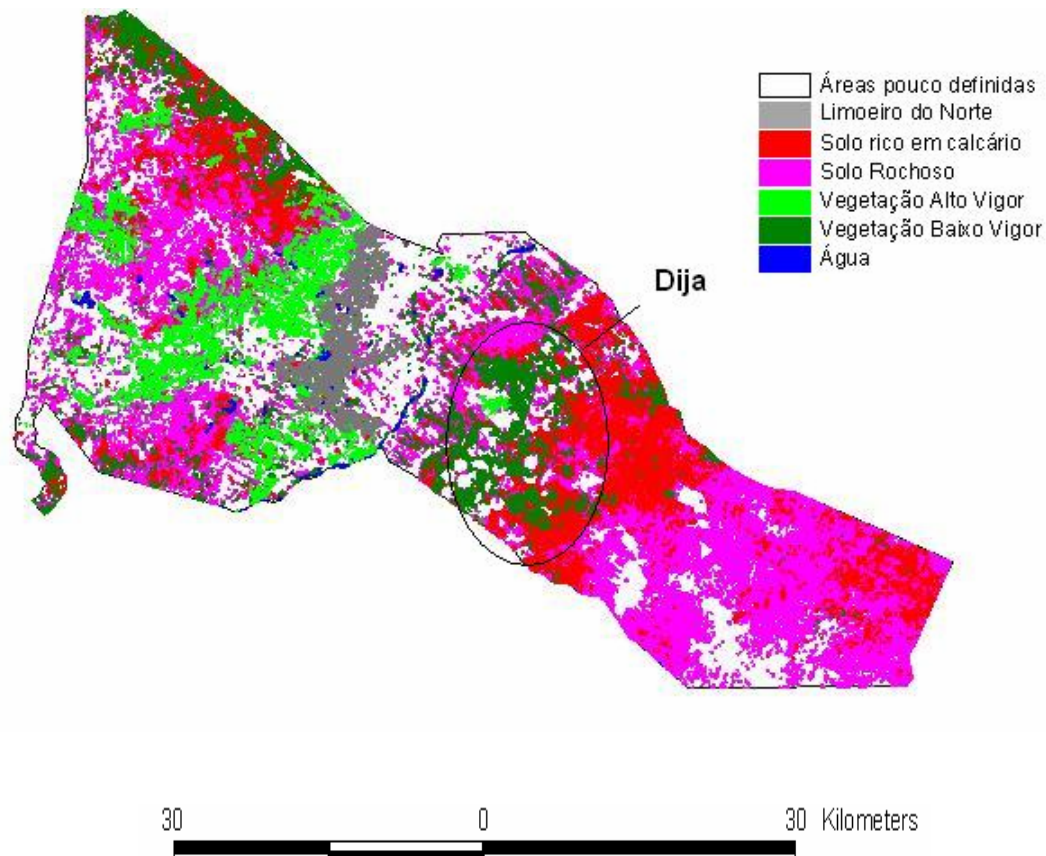


FIGURA 50 - Imagem LANDSAT 7 de 2001 do município de Limoeiro do Norte classificada pelo método da Máxima Verossimilhança

As modificações na cobertura do solo do município no período analisado revelam que houve um aumento na área irrigada do município, mas houve perda de vegetação em outras áreas, provavelmente devido ao desenvolvimento urbano, assim como em ambas as imagens não se notavam a vegetação intensa (mata ciliar) em todo o município, o que pode ser devido a degradação ambiental ocorrida durante esses anos.

As imagens correspondentes aos anos 2003 e 2004 do município de Limoeiro do Norte foram geradas pelo Satélite CBERS (INPE). Este satélite foi produzido por uma parceria entre o Brasil e a China e foi lançado em 1999. Sua resolução é de 20 metros. (MANUAL DO ENVI, 2002) As bandas utilizadas foram 2, 3 e 4. Essas bandas, quando combinadas, são vistas sob o espectro infravermelho.

As imagens a seguir (Figuras 51 e 52) foram classificadas pelo método da Máxima Verossimilhança. Este método foi escolhido com base na análise feita nas primeiras imagens (1996 e 2001), onde foi observado que este método era mais eficiente que o método do paralelepípedo.

As imagens correspondentes ao ano de 2003 do município foram geradas nos dias 22 e 25 de novembro de 2003 e estavam contidas nas órbitas 149 e 150, respectivamente, no ponto 106 da família de satélites CBRES. Foram necessárias as duas imagens combinadas para poder visualizar todo o município de Limoeiro do Norte e, conseqüentemente, o perímetro irrigado.

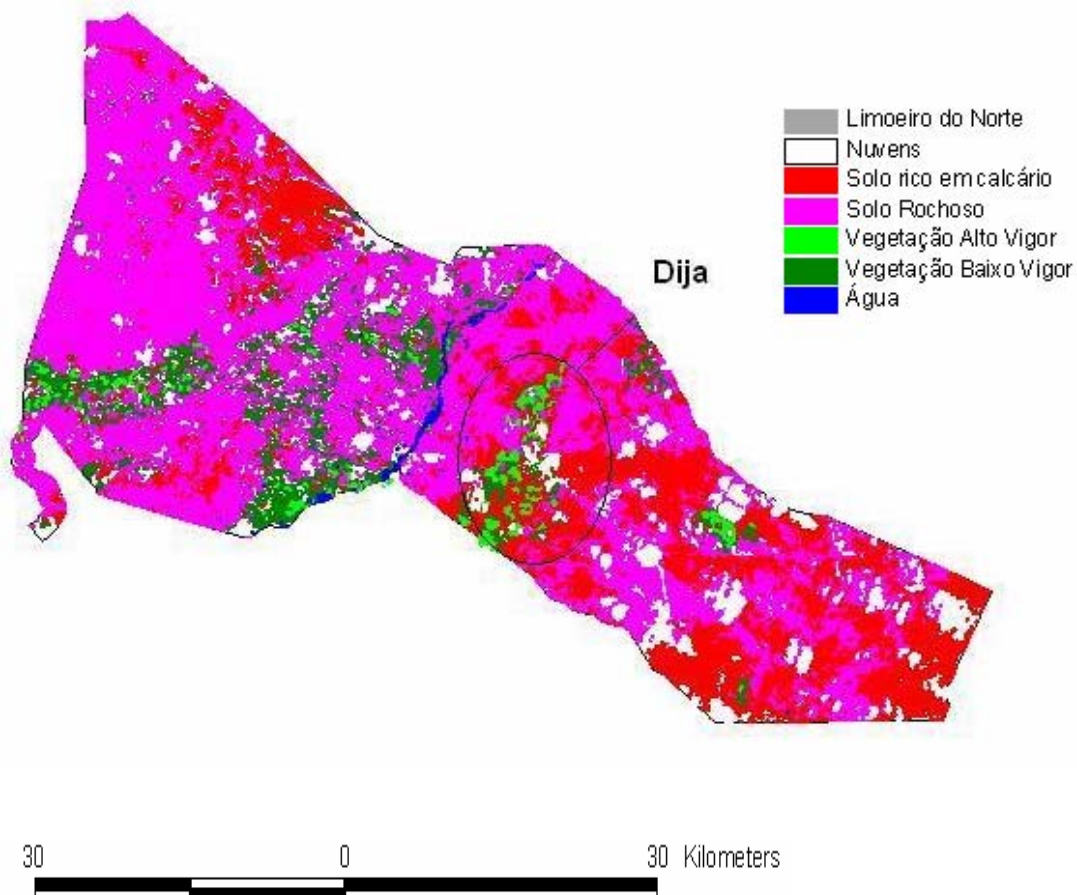


FIGURA 51 - Imagem CBERS de 2003 do município de Limoeiro do Norte classificada através do método da máxima verossimilhança.

Na imagem de 2003 (Figura 51) observa-se que havia muitas nuvens na região próxima ao centro da imagem. Os recursos hídricos quase não são perceptíveis na mesma. A vegetação de alto vigor ocupou praticamente quase todo o perímetro irrigado e alguns locais isolados. A vegetação de baixo vigor encontra-se mais concentrada na região oeste da imagem, onde se encontra a área urbana do município e parte da área rural. Os dois tipos de solos predominantes na imagem foram os solos mais rochosos (cor púrpura) e o solo avermelhado rico em calcário (cor vermelha).

A Figura 52 corresponde à classificação da imagem de 2004 do município de Limoeiro do Norte nos dias 03 e 06 de setembro de 2004. Os recursos hídricos ficaram mais perceptíveis. Em relação à vegetação de alto vigor, não houve mudanças em relação a 2003, o que pode ser atribuído ao segundo semestre do ano, onde se irriga mais por ser um período de estiagem. Em relação à vegetação de baixo vigor, com exceção de algumas áreas isoladas na parte oeste das imagens, a ocupação da vegetação foi praticamente a mesma que em 2003. Os dois tipos de solo (rochoso e avermelhado) ficaram mais bem definidos que em 2003.

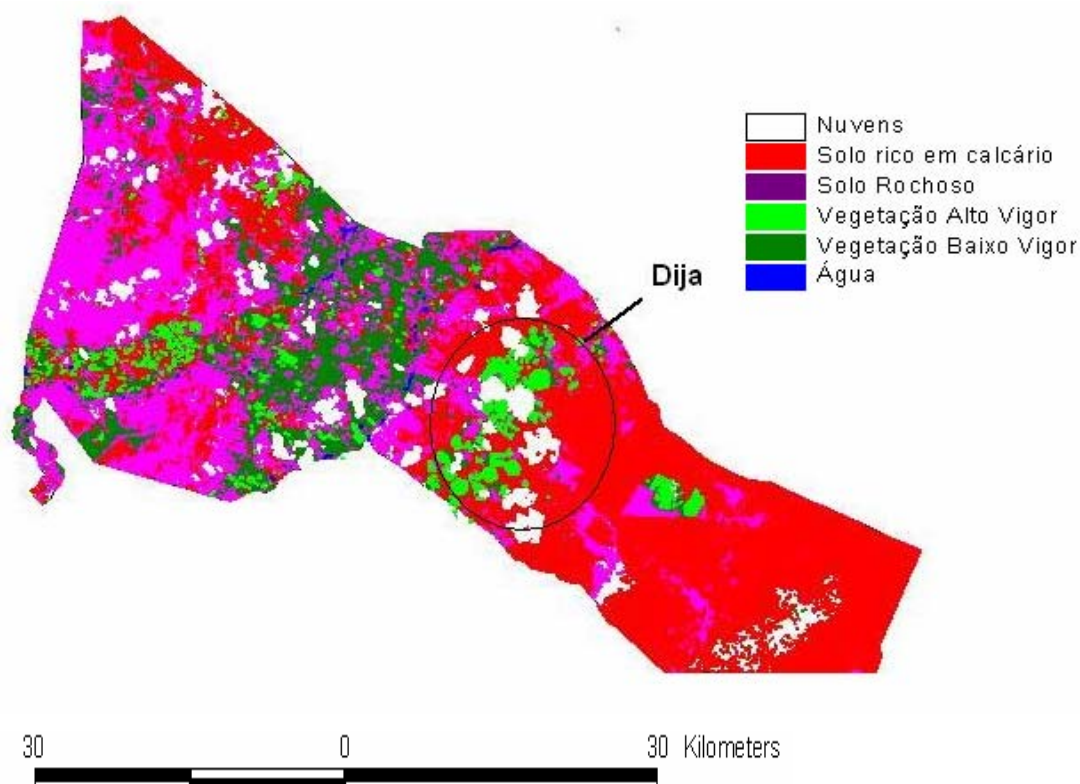


FIGURA 52 - Imagem CBERS de 2004 do município de Limoeiro do Norte classificada através do método da máxima verossimilhança.

Foi feita a quantificação da vegetação do DIJA, utilizando as imagens de satélite. A vegetação foi quantificada pelo programa Arcview utilizando a ferramenta X-Tools. Observou-se que de 1996 a 2001 houve uma redução de 68,8% na vegetação total, incluindo vegetação de baixo vigor e alto vigor. De 2001 a 2003 houve um acréscimo de 83,5% e de 2003 a 2004 houve um novo acréscimo de 31,1%. No total de 1996 a 2004 houve um aumento de 63,7% de vegetação no perímetro irrigado.

Comparando-se a imagem mais antiga de 1996 com a mais recentemente analisada, a imagem de 2004, observou-se, tanto de forma visual quanto quantitativamente, o aumento da irrigação no perímetro irrigado durante esses anos, mostrando assim a expansão da fruticultura irrigada no perímetro.

5.4 Avaliação da Eficiência de Irrigação

Foram avaliados 19 lotes que utilizam o método de microaspersão e 04 lotes de gotejo que pertencem às quadras 02, 03, 04 e área empresarial. Também se avaliou 4 lotes de irrigação por pivô central. O período de avaliação dessas áreas foi entre maio de 2005 a março de 2006. Foram medidas as vazões e feitas coletas de amostras de solo em cada uma das áreas. Durante o trabalho em campo, o acesso em algumas áreas no período chuvoso também ficava perigoso devido às estradas carroçáveis (Figura 53). O contato com o irrigante nem sempre foi possível; ter acesso em suas áreas também foi um pouco difícil. Devido a isso e a outras limitações é que se fizeram algumas mudanças em relação à amostragem dos lotes a fim de que evitasse o atraso nas avaliações.



FIGURA 53 - Estrada Carroçal no período de Chuva

Também se realizou a aplicação de questionários com os irrigantes, um total de 21(vinte e um) questionários. Neste questionário era informado o tipo de irrigação, a

data de início da irrigação, culturas plantadas, custo com a energia, uso de agrotóxicos, principais problemas para os irrigantes, interesse por receber algum tipo de treinamento e assim por diante. O modelo deste questionário pode ser visto no Apêndice I. Tal modelo teve como base o questionário aplicado pela EMBRAPA, em trabalho um pouco similar a este, no Baixo Jaguaribe.

Nas figuras 54 e 56 se pode observar áreas onde foram feitas algumas avaliações: Figura 54 (área de plantio de Banana com Microaspersão), Figura 55 (área de plantio de pimentão com gotejamento), Figura 56 (Amostragem do solo).



FIGURA 54 - Área de Plantio de banana com Micro - Aspersão



FIGURA 55 - Plantação de pimentão por gotejamento



FIGURA 56 - Amostragem de Solo

Os valores de capacidade de campo, densidade global e umidade, interpolados, podem ser vistos nas figuras 57, 58 e 59. Para o cálculo do volume aplicado por lote irrigado, foram utilizados os dados de vazão média aplicada pelos emissores, cujas medidas foram feitas em campo, assim como o número de emissores e o tempo de irrigação. Desta forma, pôde-se calcular a eficiência de aplicação de água na irrigação localizada no DIJA. Para o pivô central foram medidas as vazões dos pivôs e identificados os tempos de irrigação do lote estudado.

Os resultados da eficiência de aplicação de água na irrigação por microaspersão mostraram que 73,2% das áreas analisadas são irrigadas em déficit; para o gotejamento a eficiência variou de 7 a 64%, irrigadas em excesso; e para pivô central, dos quatro lotes estudados, dois eram irrigados em déficit e dois em excesso. O questionário aplicado aos irrigantes avaliados, mostrou que, cerca de 70% destes não possuía nenhum controle do volume de água aplicado. Desta forma confirma-se a falta de manejo adequado na maioria das áreas estudadas. Informações levantadas no DIJA (FIERGÉTICA, 2001) demonstraram a falta de critérios técnicos para a definição do momento e quantidade de água a ser aplicada nas irrigações. O manejo da irrigação permite identificar, com base em critérios técnicos, o momento de início das irrigações, bem como definir a quantidade de água adequada para atender às necessidades hídricas da cultura (DOORENBOS e KASSAN, 1979 apud RAMOS et al., 2003), minimizando o consumo de energia, maximizando a eficiência de uso da água e mantendo favoráveis as condições de umidade do solo.

Em estudo desenvolvido no Maranhão por Azevedo & Rizzi (2002), para a cultura da banana, encontraram uma eficiência de aplicação de água de 87,8%, acima do mínimo aceitável de 80%.

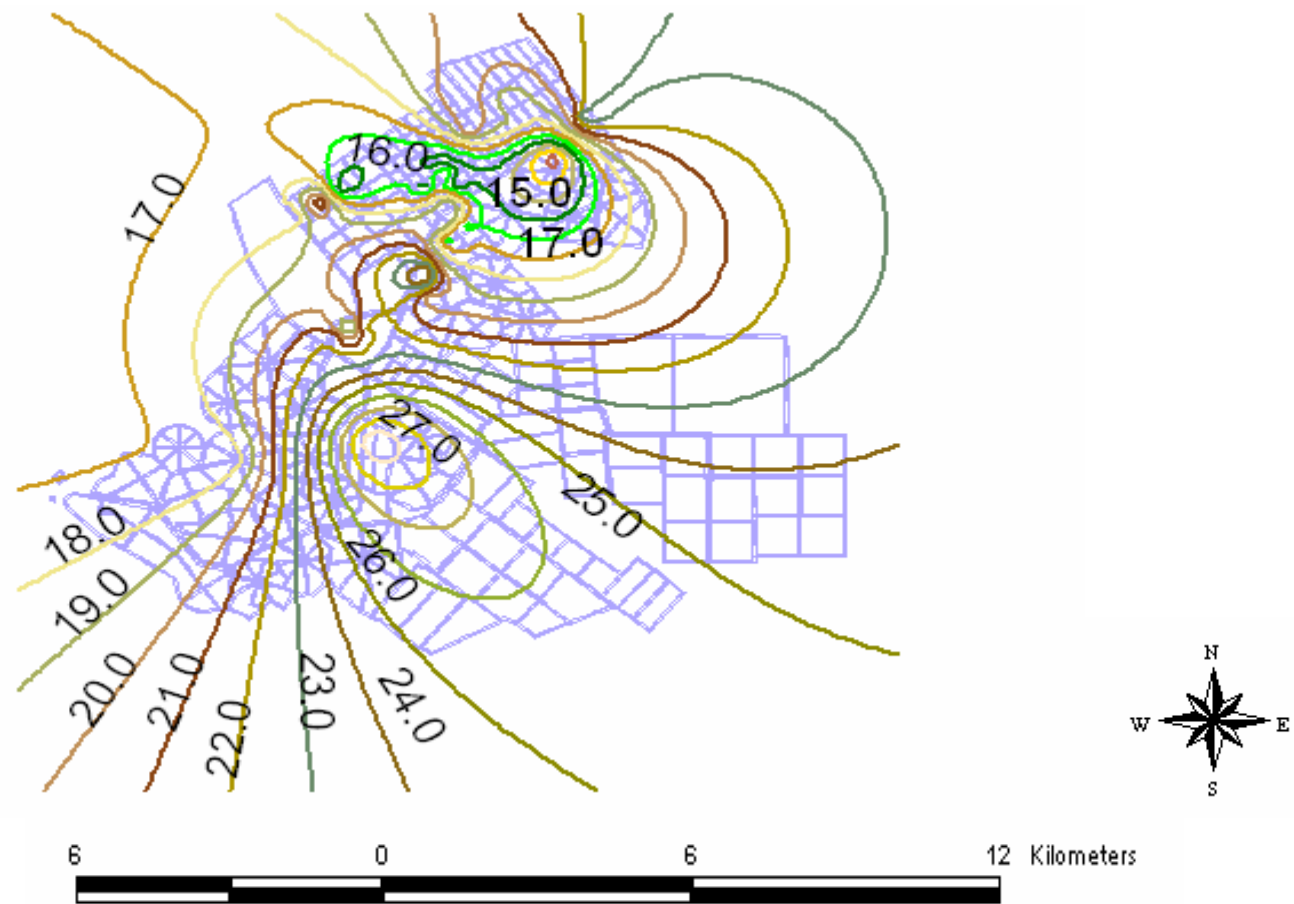


FIGURA 57 - Mapa de Capacidade de Campo (g.g⁻¹) obtido por Krigagem

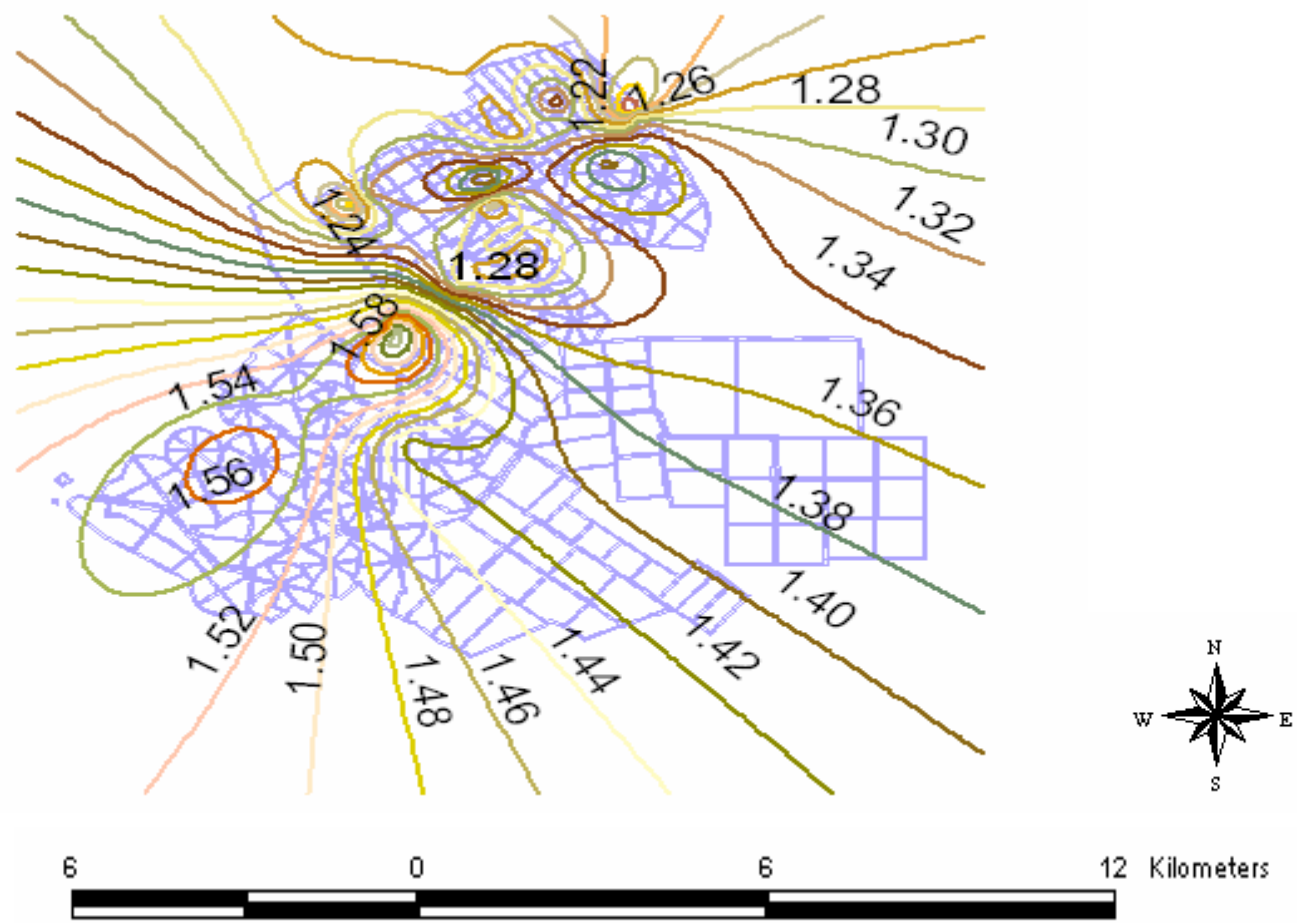


FIGURA 58 - Mapa de Densidade Global (g.cm^{-3}) obtido por Krigagem.

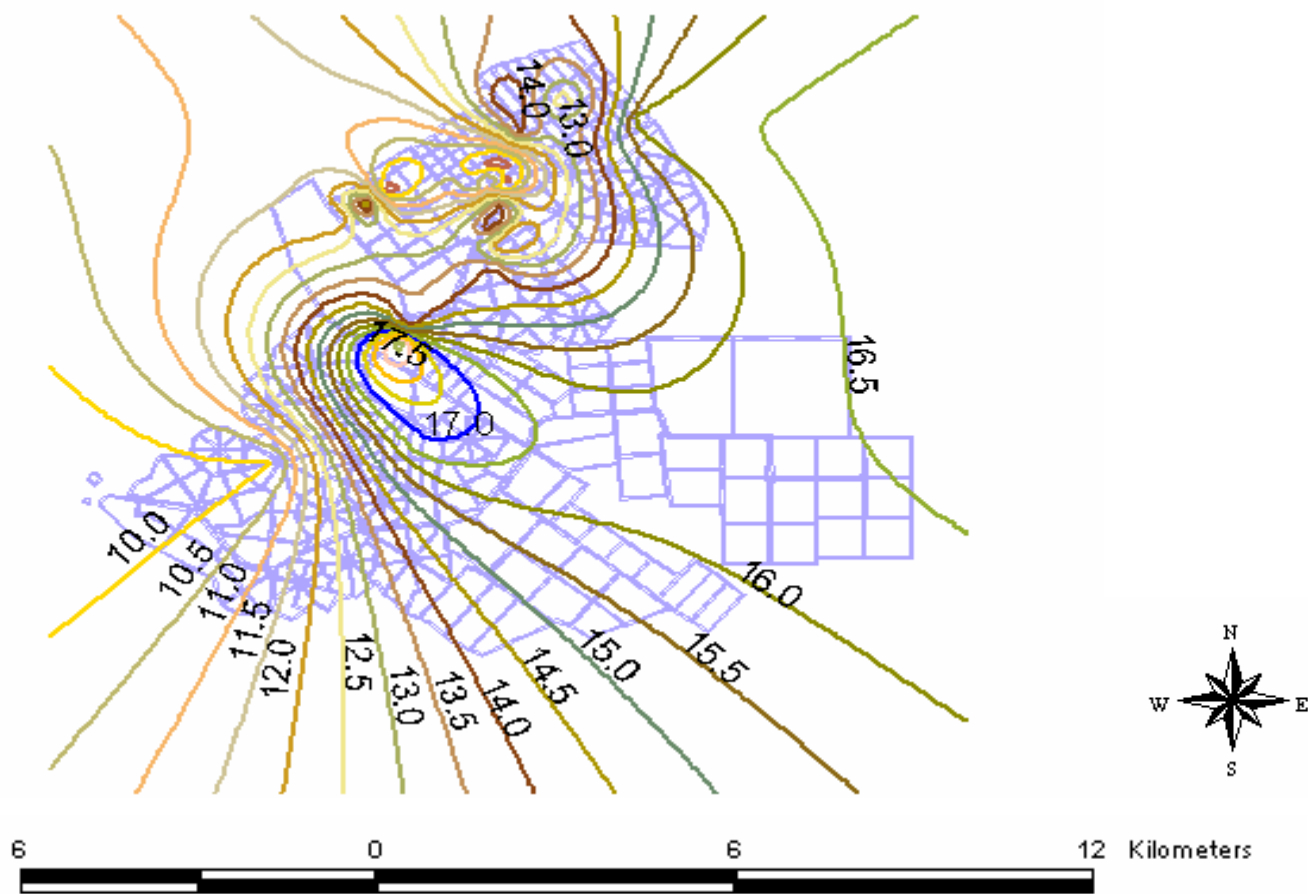


FIGURA 59 - Mapa de Umidade atual do solo (%)

5.5 Análise dos Dados de Uniformidade para a Irrigação Localizada

Os valores de CUC e CUD para a irrigação localizada podem ser vistos na Tabela 14.e 15. A aplicação de água no solo (CUC_q) variou de 72,6% a 97,9% (Tabela 14), sendo que a maioria das áreas estudadas (87,5%) obteve valores de CUC acima de 80%, considerado limite mínimo de aceitação para um sistema de irrigação localizada, segundo Bernardo (1989). O CUD de aplicação de água no solo (CUD_q) variou de 64,3% a 100%.

Para o gotejamento o CUC_q variou de 84,6 a 94,3% e o CUD_q variou de 71,8 a 89,4%.

Quanto ao CUD_q , o menor valor encontrado neste trabalho, de 71,8%, foi inferior ao encontrado por Lima et al (2004) no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú (88,78%). Os mesmos autores encontraram uma baixa distribuição de água, a qual refletia no tamanho dos frutos cultivados. As causas dessa baixa distribuição de água deveram-se à falta de um prévio levantamento topográfico da área e das linhas gotejadoras não terem sido instaladas conforme o projeto original.

Em estudo feito no Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí, realizado por Barros et al. (2004), onde foram avaliados 19 lotes com irrigação por gotejamento, os valores encontrados para CUD_q variaram de 80,31% a 96,4%, sendo superiores aos encontrados no DIJA. Mesmo com uma faixa superior de valores encontrados, foram observados pelos autores problemas de condições físicas do sistema que também foram observados no DIJA, como por exemplo, vazamento nas linhas de derivação.

Para a microaspersão, os valores de CUC_q variaram de 72,6 a 96,7%, considerados bons valores segundo BERNARDO (1989). Os valores de CUD_q para a microaspersão variaram de 64,3 a 100%.

Maia & Moraes (2002) encontraram um valor de CUD_q de 95,9% para um lote avaliado no DIJA o qual cultivava banana, como muitos lotes avaliados no presente trabalho.

Comparando os métodos para a determinação da uniformidade da aplicação da água no solo, observou-se uma maior amplitude em relação ao resultado do CUD.

TABELA 14 - Valores de Uniformidade de Aplicação de Água na Irrigação Localizada no DIJA.

LOTE	MÉTODO DE IRRIGAÇÃO	CULTURA	CUC (%)	CUD (%)
1	Gotejamento	Pimentão	88,1	81,7
2	Gotejamento	Banana	94,0	88,6
3	Gotejamento	Banana	94,3	89,4
4	Gotejamento	Abóbora	84,6	71,8
5	Microaspersão	Banana	81,8	91,6
6	Microaspersão	Banana	96,6	100
7	Microaspersão	Banana	95,0	93,4
8	Microaspersão	Banana	86,5	80,6
9	Microaspersão	Banana	88,8	90,3
10	Microaspersão	Banana	94,2	89,5
11	Microaspersão	Banana	72,6	64,3
12	Microaspersão	Banana	88,8	82,4
13	Microaspersão	Banana	88,6	80,0
14	Microaspersão	Ata	96,7	83,9
15	Microaspersão	Ata	91,5	86,3
16	Microaspersão	Ata	92,4	86,3
17	Microaspersão	Banana	93,8	90,1
18	Microaspersão	Banana	93,8	89,9
19	Microaspersão	Banana	88,6	85,8
20	Microaspersão	Ata	96,1	84,3
21	Microaspersão	Banana	90,8	87,6
22	Microaspersão	Ata	91,1	84,4
23	Microaspersão	Goiaba	87,9	91,7
VALORES MÉDIOS			90,3	85,8
VALORES MÁXIMOS			96,7	100
VALORES MÍNIMOS			72,6	64,3

Em um segundo momento, foi feita a determinação da uniformidade da umidade no solo através do CUC e CUD (Tabela 15), respectivamente CUC_{um} e CUD_{um} . Os valores de CUC_{um} variaram de 86,6% a 94,7%. Os valores de CUD_{um} variaram de 74,5% a 94,3%. Observa-se que os valores de CUC foram acima de 80%.

TABELA 15 - Valores de Uniformidade da Umidade no Solo para Irrigação Localizada no DIJA.

LOTE	MÉTODO DE IRRIGAÇÃO	CULTURA	CUC (%)	CUD (%)
1	Gotejamento	Pimentão	89,8	83,3
2	Gotejamento	Banana	90,7	86,1
3	Gotejamento	Banana	86,6	79,2
4	Gotejamento	Abóbora	91,9	87,6
5	Microaspersão	Banana	88,1	94,3
6	Microaspersão	Banana	94,7	90,6
7	Microaspersão	Banana	88,2	86,6
8	Microaspersão	Banana	92,2	88,1
9	Microaspersão	Banana	89,2	85,0
10	Microaspersão	Banana	92,7	87,4
11	Microaspersão	Banana	87,3	82,3
12	Microaspersão	Banana	90,8	85,5
13	Microaspersão	Banana	85,7	74,5
14	Microaspersão	Ata	89,8	84,0
15	Microaspersão	Ata	87,5	79,7
16	Microaspersão	Ata	93,7	91,3
17	Microaspersão	Banana	91,3	87,5
18	Microaspersão	Banana	91,5	87,6
19	Microaspersão	Banana	89,2	86,0
20	Microaspersão	Ata	89,4	83,3
21	Microaspersão	Banana	93,5	90,6
22	Microaspersão	Ata	90,6	83,0
23	Microaspersão	Goiaba	89,5	83,2
	VALORES MÉDIOS		90,2	85,5
	VALORES MÁXIMOS		94,7	94,3
	VALORES MÍNIMOS		85,7	74,3

Comparando o CUC_q com o CUC_{um} (Figura 60), observou-se que os valores de CUC_{um} foram mais elevados que CUC_q . Desta forma, nota-se que a água no solo consegue manter certa uniformidade, apesar do mesmo não acontecer com a vazão aplicada no solo. Para o CUD_q e o CUD_{um} (Figura 61), observou-se que ambos foram menores que o CUC_q e o CUC_{um} . Mesmo assim, a umidade ainda foi mais uniforme do que a vazão aplicada.

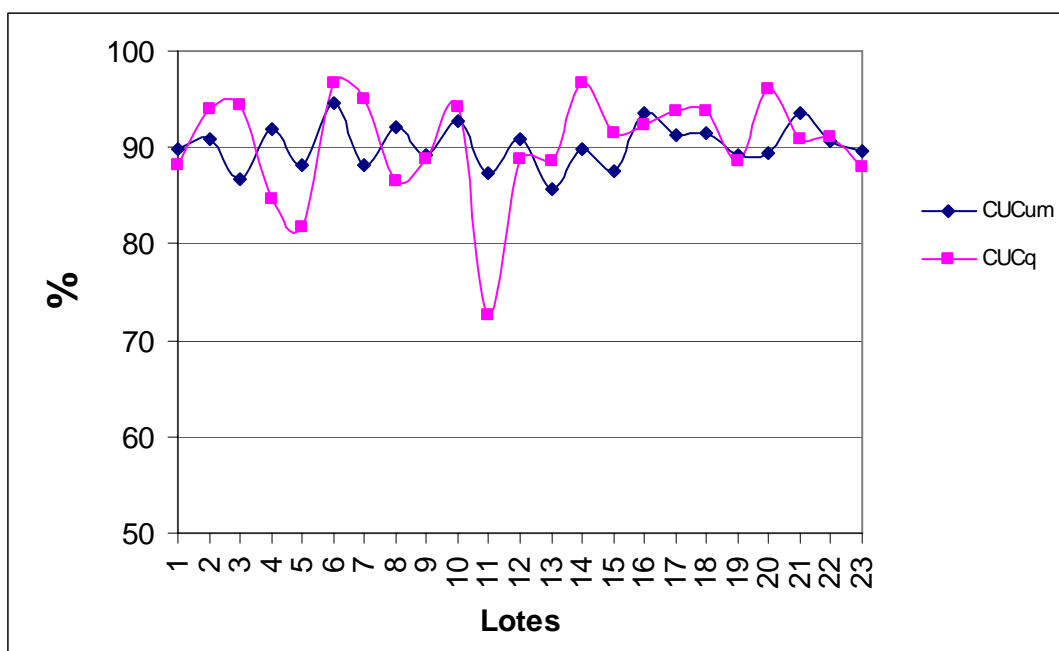


FIGURA 60 - Valores de CUC_{um} e CUC_q para os lotes irrigados por gotejo e microaspersão.

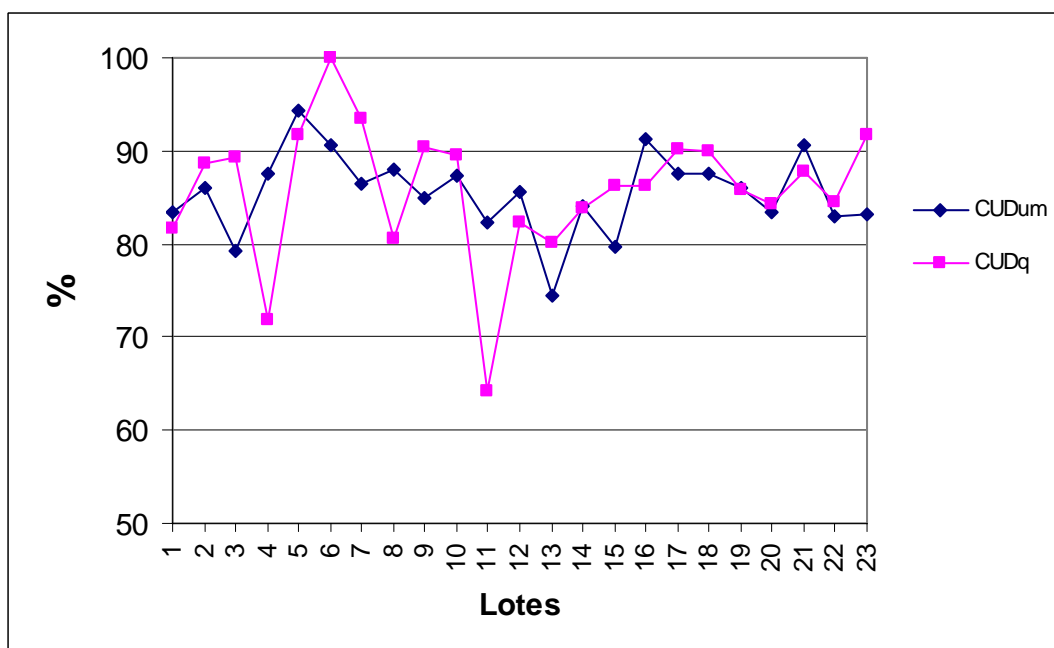


FIGURA 61 - Valores de CUD_{um} e CUD_q para os lotes irrigados por gotejo e microaspersão.

Foi feita uma análise de risco para os valores de CUC_q utilizando o método probabilístico de Monte Carlo. Foram utilizados como amostra 23 lotes de irrigação localizada, sendo 4 lotes de irrigação por gotejamento e 19 de irrigação por microaspersão. Foram gerados 1000 valores aleatórios. Determinaram-se os valores

máximo, médio e mínimo da amostra e depois se aplicou a função densidade de probabilidade da distribuição triangular.

O valor mínimo para CUC_q foi de 72,6%; o valor médio de 90,7% e o máximo de 97,9%. Para este método, o risco de o CUC ficar abaixo de 80% foi de 10,1%. Segundo Gomes (1994) apud Avalia (2003), a variação de uniformidade ao longo do sistema pode ser ocasionada pela variação de pressão na lateral e considera como máximo de variação de vazão aceitável em torno de 20%.

Para o CUD_q utilizando o mesmo método, obtiveram-se os valores mínimos de 64,3; médio de 86,4 e máximo de 100. O risco de CUD_q ser abaixo de 80% foi de 32,3%.

Utilizando o método da análise difusa, obtiveram-se os valores de risco de 11,9% para o CUC_q e de 32,3% para CUD_q . Desta forma observa-se que houve pouca diferença entre os dois métodos, tanto para o CUC_q quanto para o CUD_q , no que diz respeito às percentagens de risco de valores abaixo de 80% e que o risco de se obter valores abaixo de 80% foi maior para o CUD_q do que para o CUC_q . Desta forma verifica-se que obteve um menor risco para determinar a uniformidade de distribuição através do CUC do que do CUD.

O software @RISK (2000), selecionou as melhores distribuições representativas dos dados de CUC_q e CUD_q , foi utilizado para selecionar várias funções de densidade de probabilidade, usando como critério o valor do Qui ao quadrado (χ^2). As funções selecionadas pela ordem de representatividade para o CUC_q foram: Logística (Figura 62), Normal, Triangular e Betageral. Para CUD_q , as melhores representações foram: Logística (Figura 63), Normal, Triangular e ExtValor.

Para o CUC_q , observou-se que o risco de obter valores abaixo de 80% é de 2,6%. Para CUD_q , o risco de obter valores abaixo de 80% é de 15,5%.

Comparando os métodos Probabilístico, difuso e o software @RISK, observou-se que o risco para $CUC_q < 80\%$ calculado pelo @RISK foi bem inferior aos demais, apesar de ter sido usado como partida para a análise de risco, a distribuição triangular, a qual foi selecionada como função que representava também os valores de CUC_q .

Para o CUD_q , os valores para o risco tanto probabilísticos quanto difusos foram iguais. Já para o @ RISK com a distribuição escolhida, o risco caiu para 15,5%, praticamente 50% de redução.

Nesse caso, o uso da distribuição triangular para ambos os parâmetros não seria adequado.

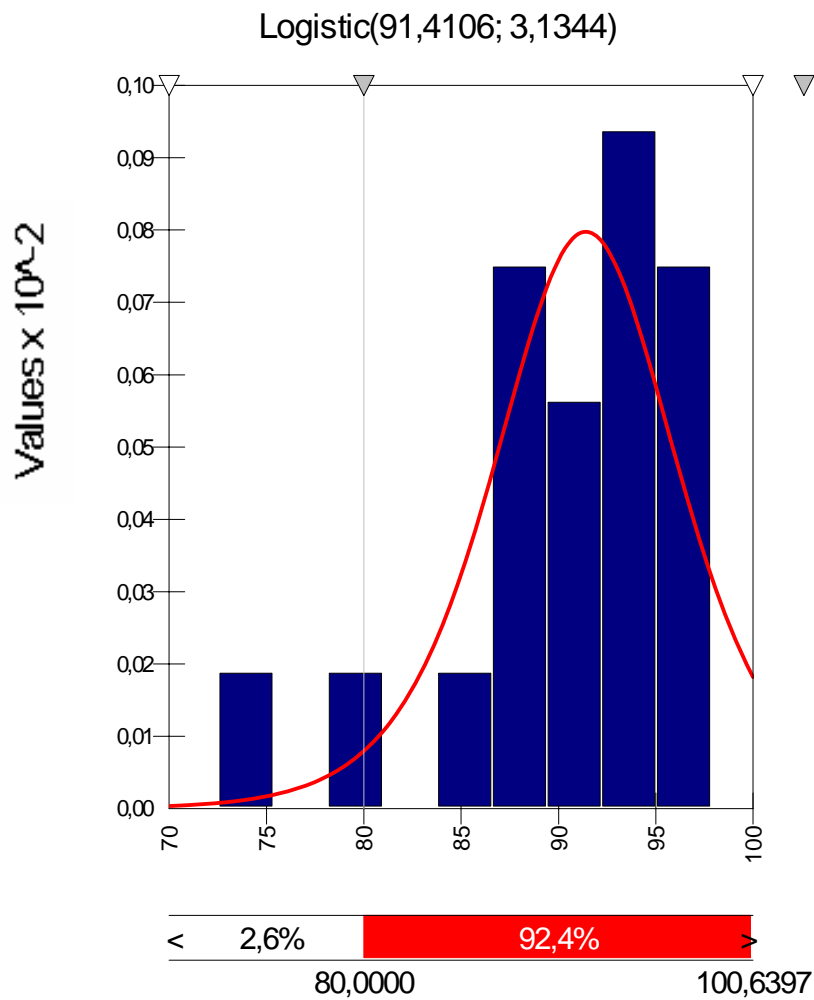


FIGURA 62 – Distribuição da Função de Densidade de Probabilidade de CUC_q

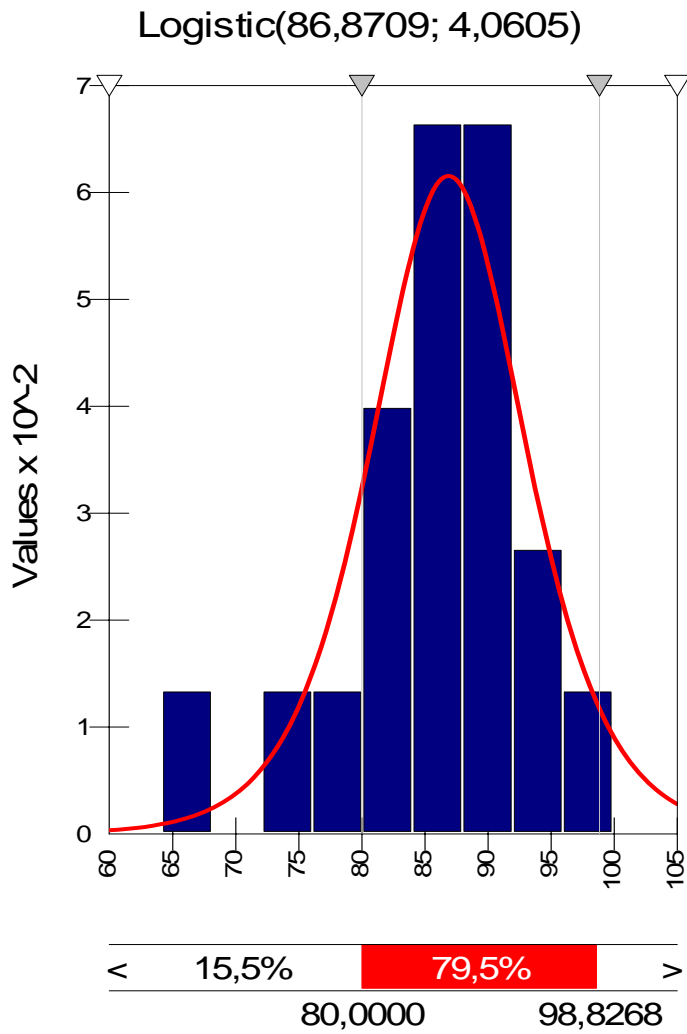


FIGURA 63 – Distribuição da Função de densidade de Probabilidade de CUD_q

5.6 Análise de Risco para a Matriz de Impactos (Ex - Ante)

Através de pesquisas, descobriu-se que havia dois estudos de impactos que abrangiam o perímetro estudado. Um dos estudos apresentava um relatório feito por uma equipe da Universidade Federal do Ceará, a qual foi a fonte primária deste trabalho e outro estudo feito pela empresa de consultoria AMPLA Engenharia, cuja matriz de impactos encontra-se no ANEXO C. O relatório que constava na SEMACE (Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará) como referente ao sistema implantado foi o estudo feito pela AMPLA Engenharia. Mais tarde, obteve-se a informação que as áreas estudadas nos relatórios não eram completamente iguais, mas próximas. Desta forma, foi avaliada a matriz feita sob a responsabilidade da AMPLA Engenharia. Para efeito de comparação foi feita uma tentativa de reformulação da matriz atual do perímetro, em relação as componentes que poderiam ser avaliadas através dos dados obtidos durante este estudo, para avaliar os impactos ao longo dos anos.

Os métodos utilizados para a avaliação da matriz de impactos foram os métodos de Simulação de Monte Carlo e o método Difuso.

Para a matriz original, os riscos de ocorrerem impactos negativos, podem ser vistos no APÊNDICE J.

Observa-se que para o meio biofísico, tanto no método probabilístico quanto no método difuso, a probabilidade de um impacto ser negativo foi em torno de 50%. Quando se implantam as medidas de monitoramento ambiental, a fim de mitigar os prováveis impactos, observa-se que os riscos caem em torno de 10%. Em relação aos grupos de componentes dentro desse meio, observa-se que a atmosfera foi a componente que teve maior impacto ambiental (>80%) para ambos os métodos. Quando se introduziu as medidas de monitoramento ambiental o risco nesse meio caiu para 69% em ambos os métodos, mas ainda considerado elevado. O meio terrestre foi a segunda componente com maior risco de ter impacto negativo, tendo 64,3% no método probabilístico e 64% no método difuso. Em seguida tem-se o meio aquático (52,7%, no método probabilístico e 51,1% no método difuso) e por último, com menor impacto, tem-se a componente referente ao meio antrópico (18,7% no método probabilístico e 19,6% no método difuso).

Para o meio social, observa-se que os riscos são bem menores. De forma geral, o risco de se obter um impacto negativo foi de 2% e 12,1%, para o método probabilístico e difuso, respectivamente. Ambos têm valores numéricos inferiores aos

riscos do meio biofísico, mostrando assim que o impacto ambiental seria superior no meio biofísico do que no meio social.

As componentes do meio social apresentaram valores de riscos de impactos negativos, sem o monitoramento ambiental, com valores variando de 1,8% para a componente relação político culturais a 24% para a componente de valores contemplativos de bem estar humano.

Em ambos os meios Biofísico e Social, quando o monitoramento ambiental é inserido, o risco geral em se obter um impacto negativo diminui, mas não consideravelmente, variando de 25 a 30% para o método probabilístico, no meio biofísico e social, respectivamente. Já para o método difuso, no meio biofísico o risco geral, com todas as componentes, caiu em torno de 13% e o para o meio social permaneceu com o mesmo risco.

Desta forma, observa-se que a introdução das medidas de monitoramento ambiental foi mais expressiva para o meio biofísico, já que teve maiores valores para o risco de ocorrer um impacto negativo do que para o meio social, mas mesmo assim observa-se que a introdução das medidas não foi tão impactante.

5.8 Análise da Nova Matriz de Impactos

A Análise de Risco da nova matriz foi feita incluindo os atributos que foram alterados das componentes avaliadas e mantidos aqueles que não foram avaliados, a fim de verificar o impacto dessas novas componentes no impacto global (Apêndice L). As comparações entre as componentes avaliadas antes e depois da implantação do DIJA podem ser vista nas Tabelas 16 e 17.

Para o Meio Biofísico, foram avaliadas as componentes: Qualidade do Ar, Qualidade das águas, Flora e Fauna Aquática, Agricultura Irrigada, Inundação e Assoreamento, Cobertura vegetal e Flora terrestre e Ribeirinha.

Para o carregamento dos sólidos versus qualidade das águas, verificou-se que os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (SDT) tiveram valores acima dos padrões em 40% das amostras. Como a precipitação pluviométrica na região é baixa, a probabilidade de aumentar o carregamento dos sólidos para as águas é pequena com vista aos resultados obtidos. Dessa forma o impacto previsto como grande passaria a ser de média intensidade, moderada importância e de média duração.

Para o carreamento dos sólidos versus flora e fauna aquática, observou-se que se o carreamento dos sólidos não teve tanta influência em relação a qualidade, o mesmo pode-se dizer em relação a influência sobre a flora e fauna aquática. Não há presença significativa de nenhum dos indicadores de poluição estudados. Dessa forma o impacto foi reduzido de médio para pequena intensidade.

Acompanhando o mesmo raciocínio da pouca influência do carreamento dos sólidos na qualidade das águas, reduziu-se o impacto para a componente agricultura irrigada versus carreamento dos sólidos, de grande para média intensidade e da componente Inundação / Assoreamento versus carreamento dos sólidos, de médio para pequena intensidade.

O processo salinização dos terrenos foi avaliado versus as sub – componentes qualidade das águas, flora e fauna aquática, agricultura irrigada, cobertura vegetal e flora terrestre e ribeirinha.

Segundo Cruz (2001), o processo salinização dos terrenos versus qualidade das águas, foi avaliado com base no levantamento bibliográfico, onde se constatou que as águas superficiais do DIJA apresentavam boa qualidade para a irrigação em relação a salinidade, já as águas subterrâneas possuem alto teor de sais. D´Almeida (2002) em estudo no DIJA, observou que havia um efeito acumulativo de cloretos expressando um alto risco de degradação da área, chegando a ser 140% superior aos limites de toxidez. Dessa forma, como esses estudos foram feitos após a implantação do perímetro, e que ambas as origens das águas são hoje utilizadas para a irrigação, considerou-se que o impacto permaneceria alto (Grande intensidade, significativa e de longa duração).

Para a vida aquática, a influência da salinidade, que era média, passa a ser pequena, devido as águas superficiais serem de boa qualidade em relação a quantidade de sais encontrados, o que não teria grande influência sobre a vida aquática.

Seguindo o mesmo raciocínio para a qualidade das águas, a salinização versus a agricultura irrigada manteve o risco de o impacto ser de grande intensidade, significativa e de longa duração.

Em relação à salinização versus cobertura vegetal, conforme bibliografia (D´Almeida, 2002), haveria um considerável risco de degradação da mata nativa devido ao acúmulo de sais no solo, permanecendo o impacto -GSL.

Seguindo o raciocínio, o impacto da salinização dos terrenos sobre a flora terrestre e ribeirinha, a flora seria conseqüentemente impactada pelo acúmulo dos sais no solo, permanecendo – GSL.

O processo uso de defensivos agrícolas foi avaliado versus a sub – componente qualidade do ar, qualidade das águas, flora e fauna aquática, agricultura irrigada e cobertura vegetal.

Para o uso de defensivos agrícolas versus qualidade do ar, pode-se dizer que o impacto previsto - MDC continua, pois a aplicação é periódica e geralmente o método utilizado é a pulverização, o que também é de curta a média duração.

Para o uso de defensivos agrícolas versus qualidade das águas, a avaliação neste trabalho é mais complexa, pois não se tem análises específicas de água para verificar algum indício de contaminante por defensivos agrícolas. Conforme informações levantadas em campo, há agrotóxicos utilizados pelos irrigantes que são perigosos ao meio ambiente como, por exemplo, os produtos: Nomolt 150, Lannate Star, Lannate Br, Gaúcho, Tameron Br e Gramoxone, O que pode ser levado em conta é que o escoamento superficial é baixo na região, o que reduziria o impacto de carregamento dos contaminantes para as águas superficiais. Porém, para as águas subterrâneas não poderia se dizer o mesmo. Desta forma, o risco do impacto ser - GSL também continuaria.

Caso os contaminantes atinjam as águas superficiais, a flora e fauna aquáticas seriam afetados. O risco continuaria – MDL, considerando que o escoamento superficial é baixo, mas uma vez atingido o corpo hídrico o impacto seria considerável.

Para a agricultura irrigada, o uso de defensivos gera um impacto positivo grande para o combate às pragas, mas a sua aplicação deve ser orientada tecnicamente a fim de que seja utilizado apenas o suficiente para atingir a eficiência desejada. O impacto continua a ser + GSL.

Para a inundação e assoreamento, o impacto seria negativo, mas de pequena intensidade, já que precisa ser levada em consideração que mesmo que pequena, há a possibilidade de escoamento e assoreamento de algum contaminante.

Para a cobertura vegetal, devem ser tomados os cuidados necessários para que apenas a área desejada seja atendida pelos defensivos agrícolas e com a quantidade ideal. Visto que há a preocupação e acompanhamento de profissionais competentes em muitas áreas irrigadas esse impacto pode ser considerado mediano.

Para o processo uso de fertilizantes versus qualidade do ar, o impacto continuaria a ser negativo de média intensidade, visto que sua aplicação é periódica, mas curta.

Para a qualidade das águas versus fertilizantes, não se observou nenhum indício de eutrofização ou presença de algas devido a presença de fósforo na água. Outro componente presente na composição dos fertilizantes como o nitrogênio não foi observado nas águas como fator determinante de contaminação. Dessa forma o risco continua sendo o previsto - PSE.

Para a agricultura irrigada o impacto do uso de fertilizantes é grande e positivo, uma vez que aumenta a produtividade das culturas. Dessa forma continua o risco sendo o mesmo (+GSL).

Para a cobertura vegetal, pelo mesmo motivo da agricultura irrigada, o impacto é positivo (+GSL), devido à introdução de nutrientes que favorecem o crescimento e produtividade das plantas.

Para a componente meio social conseguiu-se avaliar as sub-componentes: reação popular, aceitabilidade comunitária, organização social, desenvolvimento agrícola, desenvolvimento regional, cooperativismo e fluxo migratório.

Para o processo de salinização dos terrenos versus desenvolvimento agrícola manteve-se o risco de um impacto negativo GSL, visto que o risco de salinização atinge diretamente a produtividade agrícola.

Para o uso de defensivos agrícolas versus a reação popular o impacto foi considerado negativo, mas mediano, visto que parte da população que trabalha no DIJA tem conhecimento do uso de defensivos e os que trabalham com esse material conhecem os cuidados que devem ser tomados no momento de sua aplicação.

A aceitabilidade comunitária versus defensivos agrícolas tem um impacto negativo mediano, visto que nos questionários aplicados não se observou nenhuma crítica por parte da comunidade.

Para o uso de defensivos agrícolas, do ponto de vista sócio - econômico, versus desenvolvimento agrícola e regional, o impacto é positivo e grande, já que além da necessidade de acompanhamento técnico, gerando empregos, o defensivo gera lucro para quem comercializa e aumenta a produtividade gerando lucros para o irrigante.

O uso de fertilizantes versus a reação popular tem um aspecto positivo que foi mantido assim como para aceitabilidade comunitária, além de hoje haver no mercado uma tendência de uso de fertilizantes orgânicos que não agredem o meio ambiente. Para o desenvolvimento agrícola e regional o impacto continua a ser positivo e de grande magnitude por estar diretamente ligado ao aumento de produção e lucratividade.

Quanto ao treinamento, processo importante para a operação do perímetro, observou-se através dos questionários e das conversas informais durante o trabalho em campo pouco interesse por parte dos irrigantes por capacitação. Talvez isso se deva às preocupações consideradas maiores por eles como a situação financeira. Muitos fizeram empréstimos que não conseguem pagar; outros dependem de outros irrigantes de médio e grande porte para escoar a produção. O perímetro possui a sua Associação, a FAPIJA, que consta hoje com uma equipe de assistência técnica composta de dois técnicos agrícolas, dois agrônomos, um organizador de produtores e um gerente de desenvolvimento (informação pessoal)¹. Esse corpo de pessoal tem a missão de atender a todos os irrigantes do DIJA.

O treinamento versus a reação popular e a aceitabilidade comunitária foi considerado um impacto positivo mediano, assim também como para a organização social. O desenvolvimento agrícola e regional gera um impacto positivo em relação ao treinamento do pessoal, por qualificar os trabalhadores, resultando numa maior qualidade no trabalho e gerando mais empregos, mas também mediano por não se ter notado a preocupação do treinamento de um modo geral.

O cooperativismo versus o treinamento teve um impacto positivo, mas pequeno, já que há assistência técnica e busca-se o imediatismo para a solução dos problemas em campo com o pessoal já qualificado.

Em relação ao treinamento versus o fluxo migratório observa-se que o impacto é pequeno e positivo, já que não há essa migração em grande intensidade e que com escolas e faculdades agro-técnicas próximas ao perímetro, por exemplo, em Limoeiro do Norte, existe o curso de tecnólogo em irrigação e o curso técnico em Fruticultura, além dos cursos fornecidos pelo FAT (Fundo de Amparo do Trabalhador) para a comunidade, fazendo com que a busca ao conhecimento esteja mais próxima, o que, para muitos casos, evita-se a migração.

Na Componente qualidade do ar para o meio biofísico não houve mudanças, mantendo assim os seus atributos da matriz original (Tabela 16).

Para a Componente Meio ambiente aquático, onde foram avaliadas as sub-componentes qualidade das águas e flora e fauna aquática, foram poucas as mudanças. O mesmo se observou para a componente meio Terrestre e para as suas sub-componentes avaliadas.

¹ Informação fornecida pelo Sr. Adelmo, o qual trabalha na FAPIJA, no dia 25 de março de 2006.

As Componentes re-avaliadas que mostraram alguma alteração ao risco foi o meio ambiente aquático e o meio terrestre na fase de operação do empreendimento, incluindo as medidas mitigadoras.

A sub - componente meio aquático teve duas sub-componentes avaliadas, citadas anteriormente, onde o risco probabilístico reduziu de 64,4% para 63,3%. Para o risco difuso os valores encontrados reduziram de 65% para 63,1%.

A sub - componente meio terrestre também sofreu algumas mudanças em relação aos seus atributos na nova matriz na sua fase de operação do projeto. O risco de impacto negativo foi reduzido de 12,7% para 8,7%, no método probabilístico e de 12,3% para 8,6%, segundo o método difuso.

O risco global no meio Biofísico foi reduzido de 40,9% para 35,2% nesta nova avaliação da matriz.

No Meio social, as sub-componentes avaliadas, desenvolvimento agrícola, desenvolvimento regional, cooperativismo e fluxo migratório, não demonstraram significativas alterações em relação à quantificação do risco, permanecendo praticamente os mesmos valores. Ressalta-se que para este meio o risco de um impacto negativo na matriz original já era bem pequeno, em torno de 2%, mesmo sem as medidas mitigadoras.

TABELA 16 - Matriz de Identificação dos Impactos Antes e Depois da Implantação do DIJA (Meio Bio – Físico)

PROCESSOS	ATMOSFERA		MEIO AMBIENTE AQUÁTICO				MEIO AMBIENTE TERRESTRE							
	QUALIDADE DO AR		QUALIDADE DAS ÁGUAS		FLORA E FAUNA AQUÁTICA		AGRICULTURA IRRIGADA		INUNDAÇÃO/ ASSOREAMENTO		COBERTURA VEGETAL		FLORA TERRESTRE E RIBEIRINHA	
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS
CARREAMENTO DOS SÓLIDOS			-GSL	-MDE	-MDE	-PDC	-GSL	-MSE	-MDE	-PDC				
SALINIZAÇÃO DOS TERRENOS			-GSL	-GSL	-PDE	-PDE	-GSL	-GSL			-GSL	-GSL	-GSL	-GSL
USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS	-MDC	-MDC	-GSL	-GSL	-MDL	-MDL	GSL	GSL	GSL	-PDC	-GSL	-PDC		
USO DE FERTILIZANTES	-MDC	-MDC	-PSE	-PSE			GSL	GSL			GSL	GSL		

TABELA 17 - Matriz de Identificação dos Impactos Antes e Depois da Implantação do DIJA (Meio Social)

PROCESSOS	RELAÇÕES POLÍTICO CULTURAIS						FATORES SÓCIO - ECONÔMICOS							
	REAÇÃO POPULAR		ACEITABILIDADE COMUNITÁRIA		ORGANIZAÇÃO SOCIAL		DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA		DESENVOLVIMENTO REGIONAL		COOPERATIVISMO		FLUXO MIGRATÓRIO	
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS
SALINIZAÇÃO DOS TERRENOS							-GSL	-GSL						
USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS	GSL	MSE	GSL	MSE			GSL	GSL	GSL	GSL				
USO DE FERTILIZANTES	GSL	GSL	GSL	GSL			GSL	GSL	GSL	GSL				
TREINAMENTO	GSL	MDE	GSL	MDE	MDE	MDE	GSL	MDE	GSL	MDE	PDL	PDC	-GSL	PSE

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para os pontos analisados de água tratada pode-se dizer que há restrições em relação à qualidade bacteriológica nos três pontos estudados, os quais devem ser monitorados pela concessionária para corrigir os possíveis problemas a fim de atender a padrões de potabilidade.

A água Bruta do DIJA não atende aos requisitos da Classe 2 para a maioria das campanhas em todos os pontos estudados.

A qualidade da água bruta do DIJA é boa com algumas restrições nos meses chuvosos, as quais poderão ser corrigidas através de adaptações no tratamento posterior dessas águas.

O Índice de Qualidade de Água (IQA) pelo método adaptado da CETESB mostrou-se mais sensível que o método da Análise dos Componentes Principais.

Das 16 áreas analisadas do DIJA que utilizam o método de irrigação por microaspersão, 68,7% apresentaram uma irrigação em déficit; para o gotejamento, a irrigação foi em excesso para os lotes analisados; para o Pivô central, a irrigação apresentou déficit e excesso de água aplicada, verificando desta forma a falta de manejo e a necessidade de um maior esclarecimento e acompanhamento técnico aos agricultores.

O risco de a uniformidade ficar abaixo dos padrões tanto para CUCq como para CUDq foi pequeno.

Na irrigação localizada, a uniformidade da umidade foi mais elevada do que a aplicação da água pelos emissores.

Comparando-se a imagem mais antiga de 1996 com a mais recentemente analisada, de 2004, observa-se o aumento da irrigação no perímetro irrigado durante esses anos, mostrando assim a expansão da fruticultura irrigada no perímetro.

A avaliação de algumas componentes da matriz original para os dias de hoje mostrou que a tendência dos impactos previstos foi de reduzir ou manter os atributos concedidos na época. Infelizmente a matriz original não explicitou as medidas de monitoramento ambiental para reduzir os impactos previstos e notou-se pouca influência dessas medidas quando inseridas no contexto global.

Observou-se que o Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi (DIJA) proporciona muitos benefícios à região do Jaguaribe, tanto do ponto de vista social quanto econômico. As comunidades que vivem na chapada são bastante simples e boa parte da população ali instalada vive da agricultura. A infra-estrutura das comunidades da Chapada ainda tem as suas precariedades, principalmente em relação ao saneamento básico. Um diagnóstico das condições sociais e econômicas atuais das comunidades do perímetro seria de grande valia tanto para os pesquisadores como para o gestor do município de Limoeiro do Norte.

A realidade entre os pequenos e grandes proprietários dos lotes irrigados é muito diferente. Apesar da dificuldade econômica que muitos passam para manter seu negócio, notou-se que há sempre a compensação pessoal e quando realmente for inevitável prosseguir com o empreendimento, aí sim haverá a desistência. Os irrigantes do DIJA possuem a sua associação que gerencia o projeto, fazendo o rateio das contas de energia elétrica, água e dando apoio técnico. Verificou-se que realmente há a presença do pessoal da gerência no perímetro, mas também ainda há incertezas de sua continuidade por já terem existido várias administrações anteriores que não agradaram os irrigantes.

Do ponto de vista ambiental, é notório que o meio Biofísico foi afetado no início da implantação do Perímetro e que o monitoramento ambiental sempre será necessário para assegurar a minimização dos impactos. Os meios aquáticos e terrestres foram os mais afetados e continuarão sendo, caso não sejam adotadas medidas de controle. Há muitas cogitações a respeito da contaminação de agrotóxicos nos perímetros irrigados. Neste estudo especificamente não se encontrou indício forte de contaminação das águas superficiais. Sugere-se que as águas subterrâneas sejam também avaliadas para verificar se há indícios de contaminação, assim como análises mais específicas em relação a

possibilidade de contaminação por agrotóxicos tanto nas águas superficiais quanto nas águas subterrâneas.

Como a tendência do Perímetro é de se expandir por consequência de haver disponibilidade hídrica, possuir água de boa qualidade e por ainda existir potencial para a irrigação, é necessário que haja a conscientização dos atuais e futuros irrigantes em relação ao meio ambiente em que vivem, para que o perímetro continue sendo produtivo e lucrativo e que sua existência sustentável perdure por muitos anos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: ANA, SPR, 2005. 176p.

ALENCAR, E. L. L. **Acesso ao documento primário:** química e mineralogia de três pedons originários do Calcário da Chapada do Apodi – CE. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

ANDRADE, E.M. de SILVEIRA, S. S.; AZEVEDO, B. M de. Investigação da estrutura Multivariada da Evapotranspiração na Região centro Sul do Ceará pela análise de Componentes Principais. **Em Pauta** - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n.1, jan/mar 2003, 39- 44.

APHA, AWWA, WPCP. **Standard Methods for Examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 1998.

A PLANTA. Disponível em: < <http://www.cefetpe.br/cursos/san/A%20PLANTA.htm/> > Acesso em 24 de novembro de 2005.

ASSAD, E. D; SANO, E. S. **Sistemas de Informações Geográficas / Aplicações na Agricultura**. 2.ed. Brasília: Embrapa – SPI / Embrapa – CPAC, 1998.

AVALIA. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

AZEVEDO, J. A.; CAIXETA, T. J. **Irrigação do feijoeiro**. Planaltina, DF: EMBRAPA – CPAC, 1986, 60p. Circular Técnica nº 23.

AZEVEDO, J. A.; RIZZI, C. A. Desempenho da Irrigação por microaspersão autocompensante na cultura da banana. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12.2002. Uberlândia. **Anais..**Uberlândia: 2002. 1 CD ROM.

BARBOSA, F. C; TEIXEIRA, A. S; GONDIM, R. S. Espacialização da evapotranspiração de referência e precipitação efetiva para estimativa das necessidades de irrigação na região do Baixo Jaguaribe – CE. **Revista Agrônômica**, Universidade Federal do Ceará, vol.36, n.1, 2005.

BARROS, W. S. de.; ROSSINI D.; MADEIRA, B. B.; SANTOS, F. J. S.; RODRIGUES, B. H. N.; SILVA, L. C. Avaliação de Sistemas de Irrigação por gotejamento no distrito de irrigação tabuleiros litorâneos do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004. São Pedro. **Anais..** São Pedro: SBEA, 2004. 1CD- ROM.

BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. C.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G.; TARGINO, E. L.; MAIA, J. L. T.; FERREIRA, M. N. L. Parâmetros para o manejo de irrigação da goiabeira no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. **Anais..** Salvador: SBEA, 2002. 1CD- ROM.

BASSOI, L. H. et al., Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in São Francisco Valley, Brazil. Root distribution and activity. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.26, n.3, 2004. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0100-29452004000300021&Ing=en&nrm=iso. Access on: 19 sep 2006. doi: 10.1590/S0100-29452004000300021.

BATISTA, M. de. J. et al. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos.** 2 ed. Brasília: CODEVASF, 2002, 216p.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Management of water and nutrients for fertirrigated cucumber in a greenhouse. **Rev Brás. de Eng. Amb.**, Campina Grande, v. 6, n. 2, 2002. Disponível em: < [http:// www.scielo.br/](http://www.scielo.br/) > Acesso em 19 de set. 2006.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6. ed. Viçosa: UFV, 1995. 657p.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual Técnico de Manejo e Conservação do solo e água.** São Paulo: Manual Técnico, 38. 1993.

BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S.; SILVA, L. C. DANTAS NETO, J. Desempenho de um Sistema de irrigação por Pivô Central em Uso. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., Uberlândia, 2002. **Anais...**, Uberlândia, 2002

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B. de; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. de. **Fertirrigação de Hortaliças**. Embrapa: Circular Técnica, 32. Brasília, out. 2004.

CETESB (2004). Aplicação dos índices visando a caracterização da qualidade da água. Disponível em: < <http://www.portalbonito.com.br>>. Acesso em março de 2004.

CETESB (2006). Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em agosto de 2006.

COCHRAN, W. G; COX, G. M. **Experimental Designs**. 2.ed. 1957.

CORDEIRO, L. G. et al., Fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura do feijão caupi (*vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, UFPB, n.2, v.2, p. 153 -157,1998.

CPRM. **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará / Diagnóstico do Município de Limoeiro do Norte – CE**. 1998.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992.

CRUZ, M. G. M. **Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas do Distrito de Irrigação Jaguaribe – Apodi**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Irrigação e Drenagem - Universidade Federal do Ceará, 2001.

D'ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de Salinização de um Cambissolo na Chapada do Apodi - CE**. 2002. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Irrigação e Drenagem - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2002.

DAKER, A. **Irrigação e Drenagem**. 3º vol, 6 ed. Rio de Janeiro, 1984, 543p.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. Relatório de Impacto Ambiental do Projeto Hidro – Agrícola Jaguaribe - Apodi, a ser implantado nos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, pelo DNOCS, Fortaleza: ASTEF / UFC, 1988.

DNOCS. Potencialidade da Irrigação dos perímetros Irrigados do estado do Ceará. Disponível em: < <http://www.dnocs.gov.br>> Acesso em março de 2006.

DOORENBOS, J. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Doorenbos, J, A. H. Kassam ; tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Souza, F. A . V. Damasceno, J. F. de Medeiros. Campina Grande, UFPB, 1994.

ELOI, W. M. **Distribuição do sistema radicular da gravioleira em resposta a doses de nitrogênio e potássio aplicadas por fertirrigação**. 2003, 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Irrigação e Drenagem - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**, 1999, 412p.

ESRI PORTUGAL. Disponível em: <<http://www.esriportugal.com>> Acesso em maio de 2003.

FARIA R. T. & COSTA, A. C. S. **Tensiômetro: construção, instalação e utilização**. Londrina: IAPAR: Circular Técnica, 56, 1987, 22p.

FERNANDES, A. L. T.; DRUMOND, L. C. D.; SANTOS, W. O.; PAULA, D. M; PAIVA, R. F. Uniformidade de aplicação de água de um sistema de gotejamento em café, com e sem a aplicação de fertilizantes solúveis. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., Uberlândia, 2002. **Anais...**, Uberlândia, 2002

FIERGÉTICA - CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E CONSULTORIA LTDA. **Diagnóstico Energético do Distrito de Irrigação Jaguaribe – Apodi – DIJA**. Julho, 2001.

FIGUEIREDO et al. Questões ambientais na agricultura: principais impactos no cultivo do cajueiro. In: OLIVEIRA, V. H. de. (Org). **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2005. p. 53 – 75.

FOLEGATTI, M. V; PESSOA, P. C. S; PAZ, V. P. S. Avaliação do desempenho de um Pivô Central de Grande Porte e Baixa Pressão. **Scientia Agrícola**. v. 55, n.1, jan/abr, 1998.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. UNESP: Rio Claro. 2002.

LIMA, M. de N. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina - PE. 2004.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Departamento de Irrigação e Drenagem, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

LIMA, S. C. R. V.; GOMES FILHO, R. R.; VALNIR JR., M.; ARAGÃO, V. F.; SOUSA, C. H. C.; MESQUITA, A. M. M. Determinação da Uniformidade de Distribuição de água em um sistema de irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13. 2004. São Paulo. **Anais...** São Paulo: São Pedro, 2004.

LIMA, C. A. **Aspectos e Impactos Ambientais nos Perímetros Irrigados Públicos da Bacia do Curu – CE. 2005.** 195p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2005.

GOMES, D. F. Estudo de recarga dos sistemas de aquíferos na Ilha de Limoeiro do Norte – Baixo Jaguaribe. **Projeto de pesquisa do Doutorado.** UFC, Fortaleza, 1999.

GOMES, D. F. **Estudo Hidroquímico, Isotópico e da dinâmica do nível estático das águas subterrâneas e superficiais da região de Limoeiro do Norte Baixo Jaguaribe – Ceará.** 2005. 218p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

GONZAGA, M. L. et al. Controle do uso da água de irrigação, em áreas irrigadas, por equipamentos do tipo pivô central, por meio de bateria de tensiômetros de faixas com escalas coloridas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: Bahia, 2003.

JONES, J. G. **A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in freshwaters.** London, Freshwater Biological Association, 1979, n. 39, 112p.

KLIN, P. **An Easy Guide to factor Analysis.** USA: Routledge, 1994.

KLAR, A. E. **Irrigação - Frequência e quantidade de aplicação.** Ed. Nobel, São Paulo, 1991.

LEAO, R.A. de O. et al. **Processamento e Análise de uma Imagem do Centro-Sul do Estado de Ceará pelo Método da Classificação Supervisionada.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA. Goiânia, 2003.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. Avaliação de um sistema de irrigação por miniaspersão na cultura da banana. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., Uberlândia, 2002. **Anais...**, Uberlândia, 2002

MARTIN BENITO, J. M. T. **El riego por aspersion y su tecnologia**. Madrid: Multi – Prensa, 1995.

MARTINS, G. de A. **Estatística Geral e Aplicada**. São Paulo: Atlas, 2001.

MASCIOPINTO, C; BARBIERO, G; BENEDINI, M. **A large scale study of drinking water requirements in the Po basin (Italy)**. In: International Water Resources Association, vol. 24, n.3, p. 211-220, set. 1999.

MENDES, C. A. B; Cirilo J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos – Princípios, Integração e Aplicação**. ABRH, 2001.

MENESCAL, R. A., V. P. P. B.; MOTA, F.S.B.; AQUINO, M. D. Quantificação dos Riscos Ambientais e Efeitos das Ações Mitigadoras – Estudo de caso: Açude Aracoiaba, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 8. Belo Horizonte, 1999. **Anais...**, Belo Horizonte, 1999.

MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management**. Logan: Agricultural and irrigation engineering department, Utah State University, 1978. 271p.

MANUAL DO ENVI 3.5 (PORTUGUÊS). Disponível em: <<http://www.envi.com.br>>. Acesso em: fevereiro de 2004.

MONTENEGRO et al. Avaliação do Sistema Radicular da Bananeira Utilizando Imagens Digitais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25,2005. Canoas – RS.

MOREIRA, L; ASSAD E. D. **Segmentação e Classificação Supervisionada no uso da Terra na microbacia do Córrego Lamarão-DF**. Planaltina – DF. 2000.

NETER; KUTNER; NACHTSHEIN; WASSERMAN. **Applied Linear Statistical Models**. 4th ed. 1996.

NORONHA, L. M. S de PEREIRA, C. B; MENDONÇA, A. S. F. Avaliação da Qualidade da Água na bacia do Rio Jacarandá utilizando um índice de qualidade de Água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003. Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: 2003. 1CD- ROM.

OLIVEIRA, J. C. de. **Análise de Risco Ambiental da Irrigação Pública do estado do Ceará: O Caso do Perímetro Irrigado de Morada Nova.** Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

OLITTA, A. F. L. **Os métodos de Irrigação.** São Paulo, 1987.

PALÁCIO, H. A. de Q. **Índice de Qualidade das Águas na parte baixa da Bacia Hidrográfica do Rio Trussu, Ceará.** 2004, 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Irrigação e Drenagem - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2004.

PIRES, R. C. de M.; FOLEGATTI, M.V.; PASSOS, F. P.; AMBROSANO, G. M. B.; MINAMI, K. **In: Revista PAB.** Profundidade Efetiva do Sistema radicular do Morangueiro sob diferentes coberturas do solo e níveis de água, v.35, n.4, 2000.

PIVELI, R. P. **Qualidade das Águas.** São Paulo, 1997.

PLANO DE USO RACIONAL DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NOS VALES DO JAGUARIBE E BANABUIÚ. Disponível em: <http://www.cogerh.com.br>, Acesso em: 01 de dezembro de 2002.

PINHEIRO, A. Monitoramento e avaliação da qualidade das águas. In: ROMEIRO, A. R. (Org). **Avaliação e contabilidade de impactos ambientais.** Campinas: UNICAMP, 2004. p. 55 – 73.

RAMOS, M.M et al. Quantificação do uso e da eficiência da Irrigação na Bacia do São Francisco. **ITEM**, n. 60, 2003.

REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas**, SP Manole, 1987,188p.

REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas**, SP Manole, 1990,188p.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos.** EESC/ USP, São Carlos, 1998.

RODIER, J. (1975). **L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduales, eaux de mer**. 5ed. Paris: Dunod, v.1, 629p.

RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. **Considerações sobre os Impactos Ambientais da Agricultura Irrigada**. In: Circular Técnica, 7. Embrapa: Jaguariúna, SP, Jul, 2004.

ROMEIRO, A.R. **Avaliação e Contabilidade de impactos ambientais** / Ademar Ribeiro Romeiro (org) – Campinas, Sp: Editora da Unicamp. São Paulo, SP: Imprensa Oficial do estado de São Paulo, 2004.

ROSA, S. D. V. F da; PINHO, E. V. R. von; VIEIRA, M. G. G. C; VEIGA, R. D. Efeito do tamanho da amostra sobre alguns parâmetros físicos de espiga de milho e da qualidade fisiológica das sementes. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v.26, n.1, p.57 – 65, jan/fev., 2002.

SAAE. Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Limoeiro do Norte. **Resultados de análises de água**. Disponível em:< <http://www.saae-limoeiro.com.br/analises.htm> > Acesso em: ago. 2006.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L. ; PARKIN, G. F. **Chemistry for Environmental Engineering**. 4 ed. Mc Graw – Hill, Inc. 1994.

SEGUNDO, M. das D. M.; DE PAULA, L. A. M. **Problemas e Perspectivas dos Agricultores de Projetos de Irrigação – O caso do Projeto Jaguaribe – Apodi, CEARÁ**. 1997.

SILVEIRA, S. S. **Análise da Componente Principal como ferramenta para estimar os parâmetros meteorológicos de maior influência para o processo da evapotranspiração no estado do Ceará**. 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Irrigação e Drenagem. Fortaleza, 2000.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F. Impactos ambientais de agrotóxicos: monitoramento e avaliação. In: ROMEIRO, A. R. (Org). **Avaliação e contabilidade de impactos ambientais**. Campinas: UNICAMP, 2004. p. 112 – 121.

SPSS Base System User's Guide. cap. 21. **Factor Analysis: Procedure Factor**. 1990. p. 313 - 346.

TEIXEIRA, A dos S. **Estudo do efeito de diferentes tipos de emissores na performance de um sistema de irrigação por aspersão pivô – central**. 1992. 79f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Irrigação e Drenagem, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

TEIXEIRA, A. S. **Geoestatística**. Fortaleza: UFC, Notas de Aula, 2002.

TEIXEIRA, A.S. **Processamento de Imagens**. Fortaleza: UFC, Nota de Aula, 2006.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia sob uso Agrícola e Urbano. **Scientia Agrícola**, vol. 59, n. 1. Piracicaba Jan / Mar. 2002.

UEPE. Unidade de Pesquisa e Extensão do CENTEC / Limoeiro do Norte. **Dados Meteorológicos**. 2005.

VIEIRA, V. P. P. B. **Risk Assesment in The evaluation of water Resources Projects**. Fortaleza, editora ASTEF, 1979.

VIEIRA, V. P. P. B. **Análise de Risco Aplicada a Recursos Hídricos**. Notas de Aula do Curso de Doutorado em Recursos Hídricos da UFC, Fortaleza, 2002.

VIEIRA, V. P. P. B. **Análise de Risco em Recursos Hídricos: Fundamentos e Aplicações**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ed, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.243p.

VON SPERLING, E.. & MÖLLER, L. M. Saneamento e Meio Ambiente. In: CASTRO, A. de A. et al. (Org). **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte: DESA/ UFMG, 1995. p. 33 – 48.

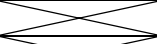



WREGE, M. S. et al., **Risco de deficiência hídrica na cultura do milho no estado do Paraná**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, n. 7, v. 34, 1999..

APÊNDICE A – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P1.

Parâmetros	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C
HORA	9 55	10 00	10 00	8 12	8 12	7 50	8 34	8 01	8 15	7 54	7 45	7 48
CF(NMP/100mL)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	2	13	27	0
CT(NMP/100mL)	ND	ND	ND	ND	31	ND	ND	2	11	23	27	33
NITRATO(mg/L N)	0,17	1,46	0,32	1,02	0,92	ND	0,43	0,44	0,11	0,8	0,11	0,04
AMONIA(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	3,91	ND	ND	0,08	0,17	0,19	0,18
pH	8,1	7,55	8,2	7,87	7,08	7,6	8	8,6	7,38	7,4	7,66	7,89
DUREZA T (mg/L CaCO3)	80	70	80	72	96	84	64	82	80	88,2	80	84
CLOROFILA (ug/L)	0,0014	0,00068	0,005	0,03	0,04	ND	ND	ND	0,004	ND	0,0004	0,0004
CLORETOS (mg/L)	26,32	34,4	23,5	23	28,21	32,9	28,2	32,3	24,5	27,7	27,7	26,8
COR (UH)	60	10	10	10	5	10	5	10	5	20	20	5
CE (uS/cm)	250	236	232	231	234	245	326	113	233	279	281	248
SDT (mg/L)		158	2000	128	800	136	151	147	177	193	1450	261
Turbidez(UNT)				3,32	2,24	0,96	1,25	1,07	0,4	2,5	2,57	1,02

ND = não detectado.

APÊNDICE B – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P2.

Parâmetros	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C
HORA	8 45	9 30	8 45	9 45	9 45	9 36	8 34	9 21	9 50	8 16	8 54	8 56
CF(NMP/100mL)	ND	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7	4	0
CT(NMP/100mL)	ND	500	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22	23	4	0
NITRATO(mg/L N)	0,22	0,61	ND	1,60	0,85	ND	1,37	0,48	0,27	0,24	0,1	0,64
AMONIA(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,16	0,07	0,03	0,21
pH	8,05	7,84	8,2	7,98	7	7,8	8,06	8,03	7,66	7,7	7,83	8,06
DUREZA T (mg/L CaCO3)	100	72	80	76	86	84	76	92	92	90,2	76	88
CLOROFILA (ug/L)	0,003	0,0011	0,008	0,015	0,03	0,0004	ND	0,006	ND	ND	0,0007	0,0004
CLORETOS (mg/L)	37,6	34,4	27,3	23,5	30,9	35,72	26,32	37,8	32,9	28,5	32,3	34,2
COR (UH)	10	10	10	20	5	10	10	10	20	20	30	20
CE (uS/cm)	270	229	226	241	223	119	312	141	248	292	348	265
SDT (mg/L)		448	163,3	88	1000	148	308	172	176	207	243	400
Turbidez(UNT)				4,5	3,7	0,98	0,96	1,35	1,65	3,3	3,85	3,24

ND = não detectado

APÊNDICE C – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P3.

Parâmetros	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C
HORA	8 30	9 20	8 30	9 35	9 35	9 15	9 02	9 10	9 35	8 32	8 43	8 45
OD(mg/L)	7,97	8,2	4,7	6,4	5,47	5,2	5,6	4,32	4,32	5,58	6,2	6,3
CF(NMP/100mL)	170	130	8	180	170	5	230	 	920	221	130	140
CT(NMP/100mL)	330	540	542	1600	170	17	230	 	920	920	130	920
NITRATO(mg/L N)	0,22	1,46	ND	1,23	0,92	0,22	0,1	0,36	ND	ND	0,09	ND
AMONIA(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,05	ND	0,15	0,14	0,15
pH	7,83	7,62	8,1	8,01	7,2	8,0	8,13	8,05	7,66	7,5	7,63	7,69
DUREZA T (mg/L CaCO3)	200	76	70	66	88	76	68	80	96	86,2	80	76
COLOROFILA (ug/L)	0,0041	0,0009	0,007	0,002	0,07	0,0038	ND	0,005	0,003	ND	0,0007	0,001
CLORETOS (mg/L)	28,2	35,6	26,32	20	30,03	40,42	24,4	30,5	37,6	26,7	30,5	30,5
COR (UH)	60	20	20	20	10	20	20	20	30	30	30	30
CE (uS/cm)	240	227	218	218	200	249	251	125	254	282	274	246
SDT (mg/L)	 	146	404,7	978	800	136	159	1923	1640	473	478	173
Turbidez(UNT)	 	 	 	3,6	2,83	1,47	1,45	1,44	1,93	3,2	2,82	2,17

ND = não detectado.

APÊNDICE D – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P4.

Parâmetros	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C
HORA	8 45	9 15	9 10	9 10	8 45	8 34	8 46	9 10	8 56	8 20	8 20
OD(mg/L)	6,6	5,5	5,4	5,64	6	4,8	3,77	3,83	4,56	6,0	4,5
CF(NMP/100mL)	109	141	180	14	7	1100	P	22	130	1600	350
CT(NMP/100mL)	900	278	180	350	17	1100	P	27	172	1600	350
NITRATO(mg/L N)	1,77	ND	1,15	0,89	0,27	0,22	0,74	0,04	ND	0,09	0,13
AMONIA(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	ND	0,09	0,16	0,1	0,2
pH	7,67	8,1	8,08	7	8,0	8,18	8,24	7,64	7,6	7,85	8,34
DUREZA T (mg/L CaCO ₃)	76	70	66	88	96	72	80	88	78,4	80	80
CLOROFILA (µg/L)	0,0024	0,0091	0,003	0,11	0,025	ND	ND	ND	ND	0,0015	0,004
CLORETOS (mg/L)	34,71	21,6	18	29,1	29,14	24,4	32,3	29,1	26,7	27,7	38,8
COR (UH)	20	20	30	10	40	20	20	20	30	20	30
CE (uS/cm)	230	114	216	236	233	246	124	227	263	275	307
SDT (mg/L)	136	2500	109	940	490	3032	743	205	192	 	540
Turbidez(UNT)	 	 	3,94	3,12	6,7	3,4	2,8	5	5,9	2,67	3,23

ND = não detectado.

APÊNDICE E – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P5.

Parâmetros	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C
HORA	8 30	9 40	8 30	8 30	8 25	8 34	8 24	8 55	8 16	8 05	8 06
CF(NMP/100mL)	ND	2	ND	ND	ND	ND	2	ND	7	9	17
CT(NMP/100mL)	7	17	ND	ND	ND	ND	2	4	17	9	34
NITRATO(mg/L N)	1,18	0,44	1,08	0,92	0,28	0,37	0,7	0,13	0,8	0,09	ND
AMONIA(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,09	0,15	0,02	0,08
pH	7,69	8,3	7,83	7,47	7,65	8,12	7,83	7,47	7,3	7,72	7,87
DUREZA T (mg/L CaCO ₃)	76	80	72	98	54	48	98	92	86,2	84	84
CLOROFILA (µg/L)	0,0014	0,027	0,002	0,034	0,0007	ND	ND	ND	ND	nd	ND
CLORETOS (mg/L)	39,16	21,6	20	27,3	32,9	23,5	31,4	41,4	26,7	29,5	31,4
COR (UH)	10	10	20	5	20	10	10	20	30	5	30
CE (uS/cm)	237	231	227	234	236	248	125	233	259	279	249
SDT (mg/L)	 	 	46	400	138	308	 	246	152	165	376
Turbidez(UNT)	 	 	3,8	1,42	3,1	2,2	2	3,8	6,8	1,81	2,71

ND = não detectado

APÊNDICE F – Parâmetros de Qualidade de Água para o Ponto P6.

Parâmetros	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C
HORA	10 20	10 20	10 05	10 05	10 00	8 34	9 44	10 20	9 33	9 18	9 19
OD(mg/L)	7,2	6,0	5,4	4,91	4,9	4,9	3,58	3,7	5,16	5,3	6,3
CF(NMP/100mL)	172	79	180	2	4	490	 	109	17	130	110
CT(NMP/100mL)	9000	1600	>1600	8	140	490	 	345	172	130	350
NITRATO(mg/L N)	0,76	0,87	1,37	0,91	0,07	0,34	0,46	ND	ND	0,08	ND
AMONIA(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,06	0,03	0,13	0,09
pH	7,67	8,1	7,93	6,89	7,68	8,12	7,87	7,65	7,6	7,58	7,73
DUREZA T (mg/L CaCO3)	72	70	64	108	82	88	74	92	82,3	80	76
CLOROFILA (ug/L)	0,0047	0,01	0,0025	0,08	0,0018	0,0044	ND	ND	ND	0,003	0,001
CLORETOS (mg/L)	40,94	20,7	19	28,2	28,2	24,4	41,5	47	26,7	28,6	31,4
COR (UH)	20	20	20	5	30	20	20	20	30	20	30
CE (uS/cm)	229	199	219	119	179	248	123	266	281	273	246
SDT (mg/L)	64	184,4	108	800	244		145	193	115	502	140
Turbidez(UNT)	 	 	3,71	2,69	2,79	1,12	1,95	2,47	3,6	3,2	2,05

ND = não detectado.

APÊNDICE G – Valores de qi para todos os Pontos e Parâmetros Estudados.

	AMONIA	NITRATO	CE	CLOROF	CF	PH	DT	CLORETOS	COR	OD		IQA - P3
	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3		
1C	100	98,24	80,8	99,9918	83	66,8	68	88,72	26,6667	89,7	Jun/04	79,65719
2C	100	88,2899	81,84	99,9982	87	75,2	87,84	85,76	86,6667	92	Ago/04	88,54618
3C	100	100	82,56	99,986	99,2	58	88,8	89,472	86,6667	34	Set/04	83,97624
4C	100	90,16	82,56	99,996	82	59,8	89,44	92	86,6667	68	Out/04	85,30788
5C	100	92,64	84	99,86	83	92	85,92	87,988	93,3333	49,4	Nov/04	87,21101
6C	100	98,24	80,08	99,9924	99,5	60	87,84	83,832	86,6667	44	Jan/05	84,11337
7C	100	99,2	79,92	100	77	57,4	89,12	90,24	86,6667	52	Fev/05	83,65905
9C	100	100	79,68	99,994	43,2	73,6	84,64	84,96	80	26,4	Mar/05	78,5231
10C	94	100	77,44	100	78,6	80	86,208	89,32	80	63,2	Abr/05	85,17801
11C	94,4	99,28	78,08	99,9986	87	74,8	87,2	87,8	80	68	Abr/05	85,78377
12C	94	100	80,32	99,998	86	72,4	87,84	87,8	80	72	Mai/05	86,20795

	AMONIA	NITRATO	CE	CLOROF	CF	PH	DT	CL	COR	OD		IQA - P4
	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4		
2C	100	85,837	81,6	99,9952	89,1	73,2	87,84	86,116	86,6667	72	Ago/04	86,30289
3C	100	100	90,88	99,9818	85,9	58	88,8	91,36	86,6667	50	Set/04	85,57121
4C	100	90,8	82,72	99,994	82	58,4	89,44	92,8	80	48	Out/04	82,62396
5C	100	92,88	81,12	99,78	98,6	100	85,92	88,36	93,3333	52,8	Nov/04	89,27336
6C	100	97,84	81,36	99,95	99,3	60	84,64	88,344	70	60	Jan/05	83,92355
7C	96	98,24	80,32	100	36	56,4	88,48	90,24	86,6667	36	Fev/05	78,29123
9C	96,4	99,68	81,84	100	97,8	74,4	85,92	88,36	86,6667	18,3	Mar/05	83,0973
10C	93,6	100	78,96	100	87	76	87,456	89,32	80	31,2	Abr/05	82,57991
11C	96	99,28	78	99,997	16	66	87,2	88,92	86,6667	60	Abr/05	79,62438
12C	92	98,96	75,44	99,992	70	53,2	87,2	84,48	80	30	Mai/05	77,80266

	AMONIA	NITRATO	CE	CLOROF	CF	PH	DT	CL	COR	OD		
	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6		IQA - P6
2C	100	93,9505	81,68	99,9906	82,8	73,2	88,48	83,624	86,6667	88	Ago/04	88,1203
3C	100	93,04	84,08	99,998	84,2	58	88,8	91,72	86,6667	60	Set/04	84,924
4C	100	89,04	82,48	99,995	82	61,4	89,76	92,4	86,6667	48	Out/04	83,45332
5C	100	92,72	90,48	99,84	99,8	42,2	82,72	88,72	96,6667	38,2	Nov/04	83,41791
6C	100	99,44	85,68	99,9964	99,6	72,8	86,88	88,72	60	38	Jan/05	82,82265
7C	100	97,28	80,16	99,9912	60,66667	57,6	85,92	90,24	86,6667	38	Fev/05	80,54699
9C	97,6	100	78,72	100	89,1	74	85,28	81,2	86,6667	17	Mar/05	81,37758
10C	98,8	100	77,52	100	98,3	76	86,832	89,32	80	43,2	Abr/05	84,92289
11C	94,8	99,36	78,16	99,994	87	76,8	87,2	88,56	86,6667	46	Abr/05	84,72632
12C	96,4	100	80,32	99,998	89	70,8	87,84	87,44	80	72	Mai/05	86,49142

APÊNDICE H – Dados de Campo Utilizados para o Cálculo da Eficiência de Aplicação de Água na Irrigação.

ÁREAS COM MICROASPERSÃO

CULTURA	CC (g.g ⁻¹)	UM (g.g ⁻¹)	d (g.cm ⁻³)	L (mm)	A (ha)	VRN (m ³)	Qmed (L.h ⁻¹)	Aemiss (m ²)	n°emis	Tirr (h)	Vemis(L)	Varea(m ³)	Eficiência de Aplicação (%)	Déficit (%)	Excesso (%)
BANANA	24,8	17,6	1,27	400	1,25	228,6	37	19,25	649,351	4	148	96,1	237,8675676	137	-
BANANA	24,8	18,9	1,27	400	1,25	187,33	78,3	19,25	649,351	4	313,2	203,4	92,10743934	-	7,89256
BANANA	19,6	15,3	1,2	400	1,7	175,44	49,7	12,25	1387,76	4	198,8	275,9	63,5915493	-	36,4085
BANANA	21,3	16,25	1,12	400	1	113,12	24,6	24	416,667	4	98,4	41	275,902439	175	-
BANANA	22	17,6	1,55	400	3,3	450,12	34,2	18	1833,33	4	136,8	250,8	179,4736842	79	-
BANANA	17	15,7	1,79	400	3,3	153,58	57,4	22	1500	4	229,6	344,4	44,59407666	-	55,4059
BANANA	22	13,7	1,66	400	3,45	950,68	52,7	12,96	2662,04	4	210,8	561,2	169,4144972	69	
BANANA	20	19,4	1,64	400	3,12	61,402	31,13	12,96	2407,41	4	124,5	299,8	20,48287825	-	79,5171
BANANA	18,24	15,88	1,3	400	2	122,72	34,2	25	800	4	136,8	109,4	112,1345029	12	-
BANANA	19,7	16,9	1,26	400	2	141,12	29,7	27	740,741	4	118,8	88	160,3636364	60	-
ATA	20	19	1,29	500	1	32,25	30,3	22,5	444,444	4	121,2	53,87	59,8700495	-	40,13
ATA	22	19,69	1,31	500	1	75,784	27,7	15,45	647,249	4	110,8	71,72	105,6728407	5	-
BANANA	23,5	17,9	1,38	400	6,25	966	32	24	2604,17	4	128	333,3	289,8	189	-
BANANA	24,8	17,54	1,38	400	6,25	1252,4	37,7	21	2976,19	4	150,8	448,8	279,0381963	179	-
GOIABA	22,5	18,7	1,38	600	1,25	196,65	49,7	24	520,833	4	198,8	103,5	189,9235412	89,9	-
GOIABA	18,58	16,5	1,34	600	0,5	41,808	26,13	16	312,5	4	104,5	32,66	128	28	-

Legenda:

CC = Capacidade de Campo; UM = Umidade atual; d = densidade global; L = profundidade efetiva; A = Área; VRN = volume real necessário; Qmed = vazão média aplicada; Aemiss = Área de abrangência de cada emissor; N° de emissor = Número de emissores; Tirr = tempo de irrigação; Vemiss = volume aplicado por emissores; Várea = volume aplicado em toda a área; Efic. Aplic = eficiência de aplicação; Excesso = quantidade de água aplicada em excesso; Déficit = quantidade de água aplicada em déficit.

GOTEJAMENTO

CULTURA	CC (g.g ⁻¹)	UM (g.g ⁻¹)	d (g.cm ⁻³)	L (mm)	A (ha)	VRN (m ³)	Qmed (L.h ⁻¹)	Varea(m ³)	P	Tirr (h)	Efic (%)	Déficit (%)	Excesso (%)
PIMENTÃO	19,5	14,4	1,27	400	2	287,867	1,34	446,667	55,5556	6	64,448	-	35,55224
ABÓBORA	20,2	18,9	1,27	200	2	31,5843	1,84	450,612	47,8261	6	7,0092	-	92,99079
BANANA	22	18,97	1,6	400	3,12	289,362	3,84	704,753	47,8261	4	41,059	-	58,9413
BANANA	22	15,52	1,6	400	1,87	193,106	3,52	392,979	24,9	4	49,139	-	50,86098

Legenda:

CC = Capacidade de Campo; UM = Umidade atual; d = densidade global; L = profundidade efetiva; A = Área; VRN = volume real necessário; Qmed= vazão média aplicada; P = percentagem da área coberta pela vegetação; Varea = volume aplicado em toda a área; Efic.= eficiência de aplicação; Excesso = quantidade de água aplicada em excesso; Déficit = quantidade de água aplicada em déficit.

PIVÔ CENTRAL

CULTURA	CC (g.g ⁻¹)	UM (g.g ⁻¹)	d (g.cm ⁻³)	L (mm)	A (ha)	VRN (m ³)	Qmed (L.h ⁻¹)	Tirr (h)	Varea(m ³)	Efic (%)	Déficit (%)	Excesso (%)
FEIJÃO	17,4	10	1,58	300	6	2104,56	516	4	2064	101,97	1,9651	-
ALGODÃO	18	10	1,55	300	6	2232	230	3	690	323,48	223,48	-
MILHO	23	15,5	1,54	300	6	2079	216	3	648	31,169	-	68,8312
MILHO	24	14,5	1,5	300	6	2565	216	3	648	25,263	-	74,7368

Legenda:

CC = Capacidade de Campo; UM = Umidade atual; d = densidade global; L = profundidade efetiva; A = Área; VRN = volume real necessário; Qmed= vazão média aplicada; Tirr = tempo de irrigação; Varea = volume aplicado em toda a área; Efic.= eficiência de aplicação; Excesso = quantidade de água aplicada em excesso; Déficit = quantidade de água aplicada em déficit.

APÊNDICE I – Modelo do Questionário de Campo

QUESTIONÁRIO DE CAMPO

ÁREA DE PESQUISA: DIJA

Resp: Ana Barbara Nunes

QUESTIONÁRIO Nº _____

IDENTIFICAÇÃO DO LOTE: _____

NOME DO ENTREVISTADO: _____

DATA: ____/____/____

1- DADOS GERAIS

CULTURAS	ÁREA
Tipo de irrigação:	
IDADE:	DATA (mês) DE PLANTIO:
Tempo de irrigação:	meses que irriga:
QUANDO IRRIGA A ÁGUA ESCORRE? () SIM () NÃO	
CONTROLA O VOLUME DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO ATRAVÉS DE:	
() CALENDÁRIO DE IRRIGAÇÃO () INFORMAÇÃO CLIMATOLÓGICA	
() TANQUE CLASSE A () NÃO CONTROLA	
() OUTRO _____	
Conta de água (média anual):	
Conta de energia (média anual):	
SOLO	
Tipo:	
ANÁLISE:	
ANÁLISE DE ÁGUA:	

Pressão na entrada do sistema:					
ASSISTÊNCIA TÉCNICA					
RECEBE ASSISTÊNCIA TÉCNICA? () SIM. DE QUEM ? _____ FREQUÊNCIA: _____ () NÃO					
FAZ CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS ? ()SIM ()NÃO					
TIPOS DE PRAGAS E DOENÇAS QUE AFETARAM AS CULTURAS:					
	CULTURA	PRAGAS	DOENÇAS	MÉTODOS DE CONTROLE	É EFICAZ? S/N
PESTICIDAS					
PESTICIDAS UTILIZADOS:					
	CULTURA	TIPO*	NOME	TEM RECEITUÁRIO?	SEGUE RECEITUÁRIO?
* inseticida, herbicida, acaricida, fungicida, bactericida					
TREINAMENTO					
TREINAMENTOS QUE GOSTARIA DE RECEBER: () CONSERVAÇÃO DO SOLO () APLICAÇÃO DE PESTICIDAS () CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS E DOENÇAS () OUTROS _____					

Obs: Baseado no modelo da EMBRAPA.

APÊNDICE J – Resultados da Análise de Risco de Matriz Ex – Ante do DIJA

PROBABILISTICO

MEIO BIOFISICO									
ATM S/M (%)	ATM C/M (%)	AQUAT. S/M (%)	AQUAT. C/M (%)	TERR S/M (%)	TERR C/M (%)	ANTP. S/M (%)	ANTP. C/M (%)	GERAL SM (%)	GERAL C/M (%)
85,7	69,3	52,7	46,1	64,3	54,1	18,7	18,7	54,1	40,1

MEIO SOCIAL

R. POL. E CULT. S/M (%)	R. POL. E CULT. C /M (%)	FAT. SOC. E ECON S/ M (%)	FAT. SOC. E ECON C/ M (%)	BEM ESTAR HUMANO S/M (%)	BEM ESTAR HUMANO C/M (%)	GERAL SM (%)	GERAL C/M (%)	GERAL SM (%) GLOBAL	GERAL C/M (%) GLOBAL
17,8	14,3	1,8	1	21,5	22,3	2	1,4	10,1	6,4

DIFUSO

MEIO BIOFISICO									
ATM S/M (%)	ATM C/M (%)	AQUAT. S/M (%)	AQUAT. C/M (%)	TERR S/M (%)	TERR C/M (%)	ANTP. S/M (%)	ANTP. C/M (%)	GERAL SM (%)	GERAL C/M (%)
85,6	69,3	51,1	44,2	64	53,2	19,6	19,6	47,9	41,8

MEIO SOCIAL

R. POL. E CULT. S/M (%)	R. POL. E CULT. C /M (%)	FAT. SOC. E ECON S/ M (%)	FAT. SOC. E ECON C/ M (%)	BEM ESTAR HUMANO S/M (%)	BEM ESTAR HUMANO C/M (%)	GERAL SM (%)	GERAL C/M (%)	GERAL SM (%) GLOBAL	GERAL C/M (%) GLOBAL
15,7	15,8	1,7	1,7	21	18,4	12,1	12,1	27,8	25,8

S/M = SEM MEDIDAS; C/M = COM MEDIDAS.

APÊNDICE L – Matriz de Impactos Ex - Post do DIJA

ANEXO A – Levantamento das Áreas irrigadas do DIJA

MICROASPERSÃO

Quadra	Lote	Proprietario	ha	cultura	contato
4.1	1	Antonio Nelson de Oliveira	6,25	banana	Jusier maia - 4231306
4.1	2	Gilmar Carlos Saraiva de Oliveira	6,25	banana	Jusier maia - 4231301
4.1	3	Antonio Ferreira da Silva	6,25	banana	Jusier maia - 4231302
4.1	4	Maria Evanilda Ferreira da Silva	6,25	banana	Jusier maia - 4231303
4.1	5	Antonio Valdeci da Costa	6,25	banana	Jusier maia - 4231304
4.1	6	Maria Hélia Holanda da Costa	6,25	banana	Jusier maia - 4231305
4.1	7	Antonio Jusier Maia Freire	6,25	banana	Jusier maia - 4231306
4.1	8	Josué Xavier Maia Freire	6,25	banana	Jusier maia - 4231307
6.2	1	João Rodrigues da Costa	6,25	goiaba/banana	Marlene
6.2	2	Francisca Aurilene da Cruz	6,25	goiaba/banana	Marlene
6.2	3	Antonio Carneiro de Araujo	6,25	goiaba/banana	CONTATO VIZINHO
6.2	4	José Ferreira de Almeida	6,25	goiaba/banana	Marlene
6.2	5	Gabriel Holanda Gomes	6,25	goiaba/banana	Marlene
6.2	6	Sebastião Tarcio Gerlane de Lima	6,25	goiaba/banana	Marlene
6.2	7	Raimundo Ferreira	6,25	goiaba/banana	Marlene
6.2	8	Dirceu Azarias	6,25	goiaba/banana	Marlene
7.1	1	João das Chagas Rodrigues	6,25	banana/goiaba	Moises
7.1	2	Genoveva Mendes Chaves	6,25	banana/goiaba	Moises
7.1	3	Lucinda Siqueira da Silva	6,25	banana/goiaba	Moises
7.1	4	Deusimar de Sousa Costa	6,25	banana/goiaba	Moises
7.1	5	Raimundo José Costa Freitas	6,25	banana/goiaba	Moises
7.1	6	Ricardo Gonçalves Teixeira	6,25	banana/goiaba	Moises
7.1	7	Maria Jeuita da Costa	6,25	banana/goiaba	Moises
7.1	8	Pedro Honorato da Silva	6,25	banana/goiaba	Moises
7.2	1	João Batista Neto	15,75	ban/grav	Miguel (4234662)
7.2	2	Izaías Carlos Ferreira	15,75	ban/grav	Miguel (4234662)
7.2	3	Maria Dolores da Cunha	9,25	ban/grav	Miguel (4234662)
7.2	4	Miguel Holanda Câmpelo	9,25	ban/grav	Miguel (4234662)
Q.2	1	João Teixeira Júnior	16,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	2	João Teixeira Júnior	16,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	3	Alano Bastos Costa	16,00	banana	
Q.2	4	Manoel Salvador Arias Rendon	16,00	banana/graviola	João Teixeira 4012202
Q.2	5	Marta Inês Nunes Nepomucena	16,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	6	Joabe Maia Costa	13,50	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	7	Geremias Calvancante de Sousa	16,00	banana	
Q.2	8	João Teixeira Júnior	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	9	Aurea Cristina Cidão Cavalcante	16,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	10	João Teixeira Júnior	16,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	11	Vandelina Rodrigues Oliveira	16,00	banana	
Q.2	12	João Teixeira Júnior	16,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	13	João Teixeira Júnior	16,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	14	João Teixeira Júnior	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	15	João Teixeira Júnior	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	16	Luis Baltazar da Costa	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	17	João Teixeira Júnior	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	18	João Teixeira Júnior	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	19	José Aldair Gomes Costa	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.2	20	João Teixeira Júnior	8,00	banana	João Teixeira 4012202
Q.3	1	José Damião de Oliveira	4,00	banana	Osmarino 99585549

MICROASPERSÃO					
Quadra	Lote	Proprietario	ha	cultura	contato
Q.3	3	Companhia de Promoções Agrícola	4,00	banana	
Q.3	4	Companhia de Promoções Agrícola	4,00	banana	
Q.3	5	Alexandra Paula Cosme T. C. C. Mou	4,00	banana	
Q.3	6	Maria Leuzina Maia da Silva	4,00	manga	
Q.3	7	Dayse Maria Maia da Silva	4,00	manga	
Q.3	8	José Helder Maia da Silva	4,00	manga	
Q.3	9	Edileuza Fama Guimarães	4,00	banana	
Q.3	11	Silva Maria da Silva	4,00	banana	
Q.3	12	João Baltazar da Costa	4,00	banana	
Q.3	14	Maria Gerlene Maia	4,00	parado	
Q.3	15	Raimundo Cesar dos Santos	4,00	banana	
Q.3	16	Osmarino de Lima Andrade	4,00	banana/goiaba	
Q.3	17	Osmarino de Lima Andrade	4,00	banana/goiaba	
Q.3	18	Francisco Jussier Baltazar da Costa	4,00	banana	
Q.3	19	Maria Batista dos Santos	4,00	banana/uva	
Q.3	20	João Baltazar da Costa	4,00	banana	
Q.3	21	Osmarina Cunha Ferreira	4,00	banana/goiaba	
Q.3	22	Maria de Fátima Freitas Alves	4,00	banana	
Q.3	23	Dionizio Ferreira da Silva	4,00	banana	
Q.3	24	Maria Lucia Oliveira	4,00	banana	
Q.3	25	Campos	4,00	banana	
Q.3	26	Campos	4,00	banana	
Q.3	27	Manshiro Uchzgazaque	4,00	banana	
Q.3	28	ILANIO Luis Leitão Costa	4,00	banana	
Q.3	29	DELMONT	4,00	banana	
Q.3	30	José Jair Xavier de Araújo	4,00	banana	99642866
Q.3	31	Valdemiro Benvindo de Sousa	4,00	banana	
Q.3	32	Risomar Bezerra de Almeida	4,00	banana	
Q.3	33	Campos	4,00	banana	
Q.3	34	Campos	4,00	banana	
Q.3	35	Antonio Manoel Sobrinho	4,00	banana	
Q.3	36	Daniel Vidal e Sousa	4,00	ata	99942807
Q.3	37	Sebastião Tarcio Gerlane	4,00	banana/goiaba	
Q.3	38	Agemiro Aguiar	4,00	banana	
Q.3	39	Jose Holanda Gomes	4,00	banana	
Q.3	40	João Alberto Baltazar Costa	4,00	banana	
Q.3	41	Carlos Alberto de Medeiros	4,00	banana	
Q.3	42	Raimundo Nonato Rodrigues Costa	4,00	banana	
Q.3	43	Antonio José da Costa Freitas	4,00	banana	
Q.3	44	Daniel Vidal e Sousa	4,00	ata	
Q.3	45	Aureliano Nogueira de Oliveira	4,00	banana	
Q.3	46	Maria Valdene Cavalcante Ferreira	4,00	banana/goiaba	4231674
Q.3	47	Antonio Hugo Castro Coelho	4,00	ata	
Q.3	48	Antonio Venceslau de Lima	4,00	banana	
Q.3	49	Macílio Rangel G. dos Santos	4,00	banana	4234040
Q.3	50	Alexandra Paula C. T. C. C. Mourão	4,00	banana	4234858/ 99647613
Q.3	51	Leôncio Silva Aguiar	4,00	banana	

MICROASPERSÃO						
Quadra	Lote	Proprietario	ha	cultura	contato	
Q.3	52	Marcelo de Paula Bezerra Eliane Lima de Medeiros	4,00	banana		
Q.3	55	Marques	4,00	banana		
Q.3	56	Marcélio Rodrigues Coura	4,00	BANANA		4233066
Q.3	57	Jose Jair Xavier de Araújo	4,00	banana		
Q.3	58	Marcos Antonio Magalhães	4,00	banana		
Q.3	59	Flavio de Oliveira e Silva	4,00	banana/uva		
Q.3	60	Danielle de Paula Bezerra Raimundo Nonato de Oliveira	4,00	banana		
Q.3	61		4,00	banana		
Q.3	62	Maria de Fatima Pinheiro	4,00	banana		
Q.3	63	Maria de Fatima Pinheiro Simone Eldete do Nascimento	4,00	banana		
Q.3	64		4,00	banana		
Q.4	5	Macélio Rodrigues Coura	8,00	banana		
Q.4	6	Marcélio Rodrigues Coura	8,00	banana		
Q.4	7	Marcélio Rodrigues Coura	8,00	banana		
Q.4	8	Dagoberto Antonio Faedo	8,00	banana		
Q.4	9	Daniel Vidal José Edgar Ferreira de Sousa	8,00	banana		4232762
Q.4	10		8,00	banana		
Q.4	11	Francisco Baltazar da Costa	8,00	banana		
Q.4	14	Sergio Luis Vieira Gomes	8,00	banana		
Q.4	15	José Horácio de Oliveira	8,00	banana		
Q.4	16	Inaldo Pinheiro Moura Francisco Acelino de Oliveira Neto	8,00	ata graviola/banana		
Q.4	17		8,00	banana		
Q.4	18	Paulo Roberto	8,00			99942807/ 4234285
Q.4	19	José Marcos Castro Coelho Antonia Evaneide de F. Rodrigues	8,00	ata banana		
Q.4	20		8,00	banana		
Q.4	21	Antonio Derkian Holanda da Silva	8,00	banana		
Q.4	22	George Almeida	8,00	banana		
Q.4	23	Marcélio Rodrigues Coura Ricardo Lima de Medeiros	8,00	banana		
Q.4	24	Marques	8,00	banana		99830691
Q.4	25	Manoel S. Arias Réndon	8,00	banana		99852585
Q.4	26	Hila Maria Bispo	8,00	banana		4233580
Q.4	27	Idacio Pinheiro de Moura José Wilson Ferreira de Sousa	8,00	ata b/g/manga		4233511
Q.4	28		8,00	banana		
Q.4	29	José Adler Rodrigues Viana	8,00	banana		
Q.4	30	Dagoberto Antonio Faedo	8,00	manga		
Q.4	31	Dagoberto Antonio Faedo	8,00	manga		
Q.4	32	Arnaldo Amâncio	8,00	banana		
Total	132		897,50			

PIVÔ CENTRAL

Pivô	Lote	Proprietário	ha	cultura	contato
1.1	1	José Dias Pessoa	12,5	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
1.1	2	João Machado	12,5	capim	Luzanira
1.1	3	José Eliezer Rodrigues Bezerra	12,5	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
1.1	4	Luis Perreira Rodrigues	12,5	capim	Luzanira
1.2	1	Luis Dias Pessoa	12,5	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
1.2	2	Luis Danilo Pimtobeira	12,5	capim	Luzanira
1.2	3	Pedro Luis Ecócia	12,5	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
1.2	4	Luis Fernandes de Santiago	12,5	capim	Luzanira
1.3	1	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja/milho	Thais - 4011828
1.3	2	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja/milho	Thais - 4011828
1.3	3	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja/milho	Thais - 4011828
1.3	4	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja/milho	Thais - 4011828
1.4	1	Raimundo Nonato de Oliveira	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234040
1.4	2	Manoel da Silva Nobre	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234040
1.4	3	Raimundo Jerry Décio de Lima	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234040
1.4	4	Valdemiro Camilo dos Santos	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234040
1.4	5	Valdeci Felipe Santiago	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234040
1.4	6	Luis Paulo de Oliveira	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234041
1.4	7	Maria do Carmo da Silva	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234042
1.4	8	Edleuza Fama Guimarães	6,25	feijao/milho	Edileusa - 4234043
1.5	1	Raimundo Nonato	12,5	algodao	Marcilio - 4233066
1.5	2	Francisco Osmar de Lima	12,5	algodao	Marcilio - 4233067
1.5	3	Francisco Apolônio Gadelha	12,5	algodao	Marcilio - 4233068
1.5	4	João Soares Maia Neto	12,5	algodao	Marcilio - 4233069
1.5	5	Antônio Oliveira de Almeida	12,5	algodao	Marcilio - 4233070
1.5	6	Macélio Rodrigues Coura	12,5	algodao	Marcilio - 4233071
1.5	7	Francisco Eudes Remigio Oliveira	12,5	algodao	Marcilio - 4233072
1.5	8	Ralffo Vieira e Silva	12,5	algodao	Marcilio - 4233073
2.1	1	Francisco de Assis Pereira Rodrigu	12,5	capim/cana	COOAJAP (TEL- 4232307)
2.1	2	Antonio Arinilo Macena Maia	12,5	capim/cana	Luzanira
2.1	3	José Macena Filho	12,5	capim/cana	COOAJAP (TEL- 4232307)
2.1	4	Francico Arinilson Macena Maia	12,5	capim/cana	Luzanira
2.2	1	Luis Prata Girão	6,25	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
2.2	2	José Analto Gadelha	6,25	capim	Luzanira
2.2	3	Célio dos Santos Holanda	6,25	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
2.2	4	Jose Ademir de Araujo	6,25	capim	Luzanira
2.2	5	Cezar Estevam de Sousa	6,25	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
2.2	6	Gerardo Araujo da Costa	6,25	capim	Luzanira
2.2	7	Francisco Eliezer da Costa	6,25	capim	COOAJAP (TEL- 4232307)
2.2	8	João Felicio de Lima	6,25	capim	Luzanira
2.3	1	Marcus Luiz Viana Correa	12,5	milho/feijao	Usina santana
2.3	2	Bartolomeu Feitosa Filho	12,5	milho/feijao	Usina santana
2.3	3	Raimundo Lopes Carneiro	12,5	milho/feijao	Usina santana
2.3	4	Christian Iorczeski	12,5	milho/feijao	Usina santana
3.1	1	Luis Nogueira de Santiago	6,25	feijao/milho	4011828
3.1	2	Francisco Lopes Gomes	6,25	feijao/milho	4011828
3.1	3	Antonio Santiago de Lima	6,25	feijao/milho	4011828
3.1	4	José Valdir Gomes	6,25	feijao/milho	4011828
3.1	5	Maria Viana Monteiro	6,25	feijao/milho	4011828
3.1	6	Maria Elita Maia da Silva	6,25	feijao/milho	4011828
3.1	7	Odete Izaia dos Santos	6,25	feijao/milho	4011828
3.1	8	José Jerônimo de Lima	6,25	feijao/milho	4011828
3.2	1	Luis Ricardo Rocha de Vasconcelos	6,25	feijao	Netinho - 4012500
3.2	2	Mario Cesar Ferreira	6,25	feijao	Netinho - 4012501
3.2	3	Adriano Cesar Rocha de Vasconce	6,25	feijao	Netinho - 4012502

PIVÔ CENTRAL

Pivô	Lote	Proprietário	ha	cultura	contato
3.2	4	José Simão de Araújo	6,25	feijao	Netinho - 4012503
3.2	5	Francico Regis de Abreu Barros	6,25	feijao	Netinho - 4012504
3.2	6	João José de Vasconcelos	6,25	feijao	Netinho - 4012505
3.2	7	Rogério de Freitas da Rocha	6,25	feijao	Netinho - 4012506
3.2	8	Edmilson Camilo dos Santos	6,25	feijao	Netinho - 4012507
3.3	1	Odilio Gomes da Silva	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011828
3.3	2	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011829
3.3	3	Francisco das Chagas Nogueira	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011830
3.3	4	Eleodoro Salvador da Silva	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011831
3.3	5	José Rosendo de Sousa	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011832
3.3	6	Agostinho Soares Maia	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011833
3.3	7	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011834
3.3	8	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja/milho	Dagoberto - 4011835
3.4	1	Dagoberto Antônio Faedo	6,25	soja/milho	Dagoberto - 4011835
3.4	2	Dagoberto Antônio Faedo	6,25	soja/milho	Dagoberto - 4011836
3.4	3	Antônio Hélio de Lima	6,25	soja/milho	Dagoberto - 4011837
3.4	4	Francisco Nogueira de Freitas	6,25	soja/milho	Dagoberto - 4011838
3.4	5	Fernando de Oliveira Lima	6,25	soja/milho	Dagoberto - 4011839
3.4	6	Dagoberto Antônio Faedo	6,25	soja/milho	Dagoberto - 4011840
4.2	1	Maria Lopes de Lima	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234669
4.2	2	Izaque Gomes da Costa	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234670
4.2	3	David Soares da Costa	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234671
4.2	4	Maria de Lourdes da Silva	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234672
4.2	5	Francisco José Freitas Cavalcant	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234673
4.2	6	Martins Víctor de Lima	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234674
4.2	7	Antonio Willame Cavalcante	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234675
4.2	8	Lourival Felicio de Lima	6,25	milho seco	Cavalcante - 4234676
4.3	1	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja	Dagoberto - 4231828
4.3	2	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja	Dagoberto - 4231828
4.3	3	Arnobio Santiago de Freitas	12,5	soja	Dagoberto - 4231828
4.3	4	Serbastião Dias de Queiros	12,5	soja	Dagoberto - 4231828
5.1	1	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.1	2	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.1	3	Raimundo Claudino de Moura	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.1	4	Raimundo Regivan S. Moura	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.1	5	Francisco Valdi de Moura	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.1	6	Raimundo Pedro da Rocha	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.1	7	Maria de Fátima Santos Moura	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.1	8	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	algodao/milhov	Dagoberto - 4231828
5.2	1	Amélia Maria de Oliveira	6,25	Algodao	Waldir- 4233496
5.2	2	José Francisco do Nascimento Filh	6,25	Algodao	Waldir- 4233497
5.2	3	Francisco Rodrigues da Costa	6,25	Algodao	Waldir- 4233498
5.2	4	Raimundo Nonato da Costa	6,25	Algodao	Waldir- 4233499
5.2	5	Fca. Neuridênia Nogueira Malveira	6,25	Algodao	Waldir- 4233500
5.2	6	Raimundo Célio dos Santos	6,25	Algodao	Waldir- 4233501
5.2	7	José Laerte Chaves Malveira	6,25	Algodao	Waldir- 4233502
5.2	8	Vitória Oliveira da Silva	6,25	Algodao	Waldir- 4233503
5.3	1	Edvardes Cândido de Lima	12,5	milhov	Ivan - 4231995
5.3	2	Ivon Benigno de Moura	12,5	milhov	Ivan - 4231996
5.3	3	Vilson Holanda	12,5	milhov	Ivan - 4231997
5.3	4	João Palhares da Silva	12,5	milhov	Ivan - 4231998
5.3	5	Pedro da Silva Salgado	12,5	milhov	Ivan - 4231999
5.3	6	Ricardo Marçal dos Santos	12,5	milhov	Ivan - 4232000
5.3	7	Francisco Moreira Leite	12,5	milhov	Ivan - 4232001

PIVÔ CENTRAL

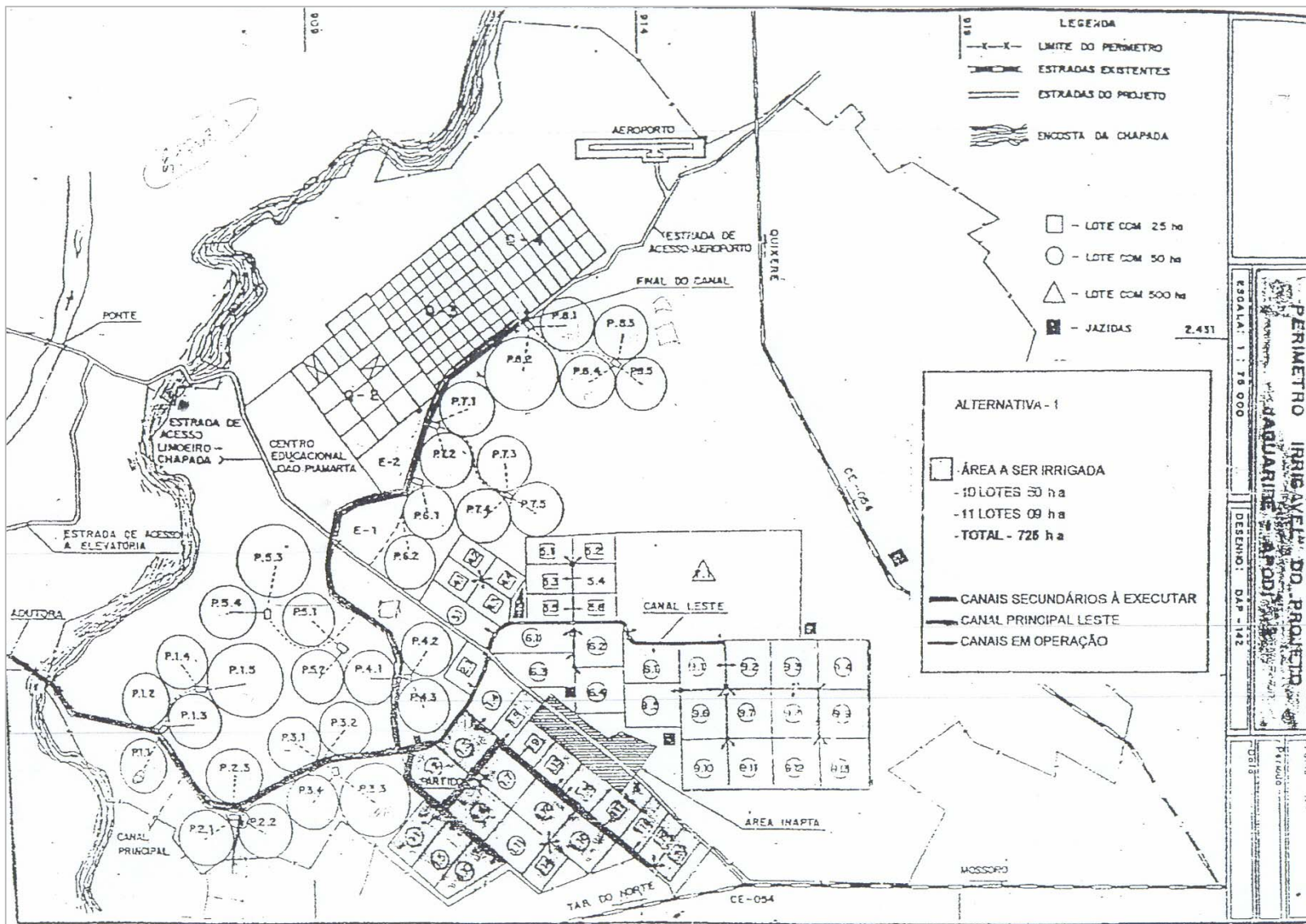
Pivô	Lote	Proprietário	ha	cultura	contato
5.3	8	João Joaquim de Lima	12,5	milhov	Ivan - 4232002
5.4	1	Marcelio Rodrigues Coura	6,25	capim	Ivardo - 96116005
5.4	2	Antonio Pitombeira	6,25	capim	Ivardo - 96116006
5.4	3	José Eleonardo Rodrigues Costa	6,25	capim	Ivardo - 96116007
5.4	4	Rosa Xavier	6,25	capim	Ivardo - 96116008
5.4	5	Waldir Oliveira da Silva	6,25	capim	Ivardo - 96116009
5.4	6	Francico Bernardo de Lima	6,25	capim	Ivardo - 96116010
5.4	7	Francisco José Ferreira da Silva	6,25	capim	Ivardo - 96116011
5.4	8	Luis Gozaga da Silva	6,25	capim	Ivardo - 96116012
6.1	1	José Eudes dos Santos	12,5	sorgo	Edileusa- 99645375
6.1	2	João Sebastião do Nascimento	12,5	sorgo	Edileusa- 99645376
6.1	3	Francisco Edmundo de Oliveira	18,75	sorgo	Edileusa- 99645377
6.1	4	Raimunda Hélia de Freitas	6,25	sorgo	Edileusa- 99645378
7.2	1	João Batista Neto	15,75	ban/grav	Miguel (4234662)
7.2	2	Izaías Carlos Ferreira	15,75	ban/grav	Miguel (4234662)
7.3	1	Luis Silva Aguiar	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.3	2	José Francisco de Lima	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.3	3	Francisco de Assis Lima	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.3	4	José Alexandro Guimarães	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.3	5	José da Silva Ferreira	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.3	6	Airlon Gonçalves de Sousa	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.3	7	João Amadeu de Sousa	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.3	8	Antonio Claudino da Silva	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.4	1	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	milho v	dagoberto
7.4	2	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	milho v	dagoberto
7.4	3	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja	dagoberto
7.4	4	Dagoberto Antonio Faedo	12,5	soja	dagoberto
7.5	1	Jose Assis de Moisés	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.5	2	Antonio Francisco da Costa	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.5	3	Ricardina Maria de Jesus	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.5	4	Antonio de Fatima da Costa	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.5	5	Raimundo Miguel	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.5	6	Maria Arlina de Jesus	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.5	7	João Evangelista da Costa	6,25	milhov	Assis- 4232445
7.5	8	Maria Matildes de Jesus	6,25	milhov	Assis- 4232445
8.1	1	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.1	2	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.1	3	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.1	4	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.1	5	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.1	6	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.1	7	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.1	8	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.2	1	Marcos Studart Gomes Lima	12,5	algodao	Usina santana
8.2	2	Francisco Francilon S. de Sousa	12,5	algodao	Usina santana
8.2	3	Raimundo Nonato Guimarães	12,5	algodao	Usina santana
8.2	4	Aldérico Xavier de Sousa	12,5	algodao	Usina santana
8.2	5	Joel Itamar	12,5	algodao	Usina santana
8.2	6	Pedro Paz de Oliveira	12,5	algodao	Usina santana
8.2	7	Raimundo Batista Maia	12,5	algodao	Usina santana
8.2	8	Victor Studar Lima	12,5	algodao	Usina santana
8.3	1	Dogoberto A Faedo	6,25	milho	Luis Gonzaga
8.3	2	José Melo de Matos	6,25	milho	Luis Gonzaga
8.3	3	Dogoberto A Faedo	6,25	milho	Luis Gonzaga
8.3	4	Luis Gonzaga de Oliveira	6,25	milho	Luis Gonzaga

PIVÔ CENTRAL

Pivô	Lote	Proprietário	ha	cultura	contato
8.3	5	Antonio Everardo Pitombeira da Sil	6,25	milho	Luis Gonzaga
8.3	6	Osvaldo Manoel da Cunha	6,25	milho	Luis Gonzaga
8.3	7	João Evangelista da Silva II	6,25	milho	Luis Gonzaga
8.3	8	Raimundo Pompeu do Nascimento	6,25	milho	Luis Gonzaga
8.4	1	João Carneiro de Santiago	6,25	soja	Dagoberto
8.4	2	Edmar Ferreira de Santiago	6,25	soja	Dagoberto
8.4	3	Elizeu Ferreira de Santiago	6,25	soja	Dagoberto
8.4	4	João Oliveira Guimarães	6,25	soja	Dagoberto
8.4	5	João Manoel da Costa	6,25	soja	Dagoberto
8.4	6	Antonio Manoel da Costa	6,25	soja	Dagoberto
8.4	7	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.4	8	Dagoberto Antonio Faedo	6,25	soja	Dagoberto
8.5	1	José Luciano de Oliveira Barroso	12,5	milhov	julio
8.5	2	João Moreira de Lima	12,5	milhov	julio
8.5	3	Edmundo Bandeira de Moura	12,5	milhov	julio
8.5	4	Antonio da Costa	12,5	milhov	julio
Total	182		1581,5		

GOTEJO						
Quadra	Lote	Proprietario	ha	cultura	contato	
Q.2	6	Joabe Maia Costa	2,50	uva	João Teixeira 4012202	
Q.2	8	João Teixeira Júnior	8,0	uva	João Teixeira 4012202	
Q.3	2	Companhia de Promoções Agricola	4,0	melancia	Chiquinho 88048603	
Q.3	10	Campos	4,0	melancia		
Q.3	13	Inácio Moura Neto	4,0	Ata		
Q.3	53	Fernando L. de Medeiros Marques	1,0	uva		
Q.3	54	Evaldo Holanda Maia	1,0	uva		
Q.4	1	Sergio Roberto	3,0	Feijão		
	1	Sergio Roberto	5,0	Feijão		
Q.4	2	Marcelo Kitayama	8,0	graviola		
Q.4	3	Marcelo Kitayama	8,0	sorgo		
Q.4	4	Marcelo Kitayama	8,0	sorgo		
Q.4	12	Marcelo Kitayama	8,0	pimenta/sorgo		
Q.4	13	Marcelo Kitayama	5,5	manga		
Q.4	13	Marcelo Kitayama	2,5	manga		
Total	14		72,5			

ANEXO B – Visão Geral do Projeto do DIJA



ANEXO C – Matriz de Impactos Ex - Ante do DIJA

