

Jeovah Cardoso de Oliveira

**ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL DA IRRIGAÇÃO PÚBLICA DO
ESTADO DO CEARÁ: O CASO DO PERÍMETRO
IRRIGADO DE MORADA NOVA**

@ 461710

**T363.7
O47a
T**

**N.Cham. T363.7 O47a T
Autor: Oliveira, Jeovah Ca
Título: Análise de risco ambiental da ir**



UFCE - BEA

13833642

Ac. 67511

UFCE - BEA

Fortaleza – Ceará

- 2002 -

Jeovah Cardoso de Oliveira



**ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL DA IRRIGAÇÃO PÚBLICA DO
ESTADO DO CEARÁ: O CASO DO PERÍMETRO
IRRIGADO DE MORADA NOVA**

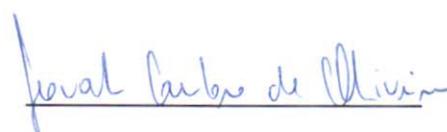
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre.

Fortaleza - Ceará

- 2002 -

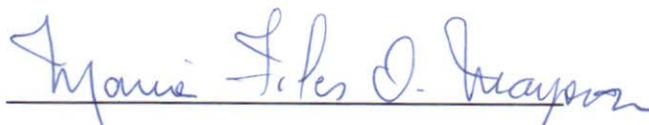
Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Economia Rural, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Universitária da referida Instituição.

A citação de qualquer trecho deste ensaio é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.



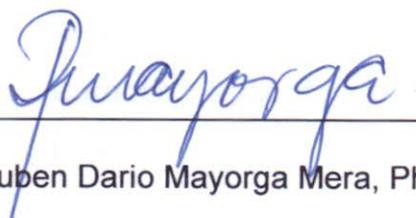
Jeovah Cardoso de Oliveira

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 16/08/2002



Maria Irles de Oliveira Mayorga, Ph.D.

Orientadora



Ruben Dario Mayorga Mera, Ph.D.



Samuel Façanha Câmara, Dr.



Dedicatória

À minha esposa, Maria dos Prazeres Carneiro
Cardoso, e às minhas filhas Gabriela e Ana
Luíza.



AGRADECIMENTOS

Aos meus pais João Cardoso de Oliveira (*in memoriam*) e Maria Lopes Maciel, pelos ensinamentos e apoio.

Aos meus irmãos, *in memoriam*, Francisco Cardoso de Oliveira, pelos incentivos e amizade.

À orientadora Prof.^a Dr.^a Maria Irles de Oliveira Mayorga, pelas sugestões, incentivos e dedicação.

Aos professores Dr. Dario Mayorga, Dr. Luis Antônio, Dr. César Vieira e Dr. Saeed Khan; aos funcionários Mônica, D. Valda, Ricardo e Margareth, e todos aqueles que fazem o Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

Ao amigo e professor Dr. Samuel Façanha Câmara, pela sua participação na fase de defesa da dissertação, contribuindo com críticas e sugestões valiosas.

À empresa PIVOT – Projetos de Irrigação Consultoria e Assessoria Ltda, pelo apoio logístico e acervos técnicos.

Ao técnico em informática Henrique Feitosa Cavalcante e ao engenheiro agrônomo José Nivardo Guedes Filho, pelos serviços de computação e pesquisa de campo.

Aos colegas de mestrado, pelo convívio fraterno durante o curso e a amizade duradoura.

Enfim, a todos aqueles que colaboraram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 O Problema e sua Importância	13
1.2 Objetivos	17
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	17
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA AVALIAÇÃO TÉCNICA E AMBIENTAL DE UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO	18
2.1 Avaliação Técnica.....	18
2.1.1 <i>Eficiência de Irrigação</i>	18
2.1.2 <i>Eficiência de Condução</i>	19
2.1.3 <i>Eficiência de Distribuição</i>	19
2.1.4 <i>Eficiência de Armazenamento</i>	20
2.1.5 <i>Eficiência de Aplicação</i>	20
2.1.6 <i>Perdas na Aplicação</i>	20
2.1.6.1 <i>Perdas por Percolação</i>	20
2.1.6.2 <i>Perdas por Escoamento Superficial (Runoff)</i>	20
2.1.6.3 <i>Perdas na Condução</i>	21
2.2 Avaliação Ambiental	21
2.2.1 <i>Aspectos Gerais</i>	21
2.2.2 <i>Métodos de Avaliação Ambiental</i>	22

2.2.2.1	Método de Leopold	23
2.2.2.2	Método de Sorensen	24
2.2.2.3	Método Battelli ou Sistema de Avaliação Ambiental (EES)	24
2.2.2.4	Método de Loudheim	25
2.2.2.5	Método de McHarq	26
2.2.2.6	Método de Avaliação do Comitê Internacional de Grandes Barragens.....	26
2.2.2.7	Método de Avaliação Ponderal dos Impactos Ambientais (APIA)27	
2.2.2.8	Avaliação dos Impactos Ambientais pelo “Forest Service of the Unites States Agricultural Department”	27
2.2.2.9	Avaliação Probabilística	28
3.	MATERIAL E MÉTODO	31
3.1.	Área de Estudo.....	31
3.2	Descrição Sumária do Projeto	33
3.2.1	<i>Aspectos Gerais</i>	33
3.2.2	<i>Situação Atual do Perímetro</i>	35
3.3.	Dados	45
3.4	Metodologia.....	46
3.4.1	<i>Introdução</i>	46
3.4.2	<i>Análise de Risco Ambiental</i>	46
3.4.3	<i>Etapas da avaliação ambiental</i>	48
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1.	Valores das Componentes Ambientais.....	51
4.2	Impacto para cada Componente	53
4.2.1	<i>Cobertura Vegetal</i>	54
4.2.2	<i>Áreas Selvagens, Primitivas e Naturais</i>	55

4.2.3 Rios e Sistemas Fluviais.....	56
4.2.4 Produtividade	57
4.2.5 Qualidade da Água.....	58
4.2.6 Qualidade do Solo.....	59
4.2.7 Salinidade do Solo	60
4.3 Probabilidade de Falhas e Sucessos das Componentes Ambientais ..	61
4.4 Probabilidade Cumulativa de Falhas	62
4.5 Impactos e Riscos	63
4.6 Riscos	65
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	66
5.1 Conclusões.....	66
5.2. Sugestões.....	67
6. BIBLIOGRAFIA.....	68
ANEXO A	73
ANEXO B.....	77
ANEXO C	81
APÊNDICE	85

LISTA DE TABELAS

1 - Notas – Max, Med, Min – 6 Avaliações	52
2 - Média dos Valores Máximos, Médios e Mínimos das Componentes Ambientais	53
3 - Probabilidade das Componentes Ambientais	62
4 - Probabilidade Cumulativa de Falhas	63
5 - Impactos e Riscos	63
6 - Riscos	65



LISTA DE FIGURAS

1 – Devastação no Mar de Aral. Navios Enferrujados e Encalhados no Porto de Aralsk, no Cazaquistão, 1994.	15
2 - Perímetro Irrigado de Morada Nova-CE	32
3 – Barragem de Derivação	33
4 – Detalhe da Barragem de Derivação	34
5 – Lote Familiar com Irrigação de Superfície	34
6 – Núcleos Habitacionais. As Agrovilas	35
7 – Atual Situação do Canal de Adução do Perímetro de Irrigação de Morada Nova-CE, 2002	35
8 – Detalhe do Atual Canal que Liga a Barragem de Derivação ao Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	36
9 – Principais Culturas Irrigadas do Perímetro Irrigado de Morada Nova – CE, 2002	36
10 – Métodos de Irrigação mais Utilizados no Perímetro Irrigado de Morada Nova – CE, 2002	37
11 – Cultura de Arroz no Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002 ..	37
12 – Desperdício de Água no Canal Secundário do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	38
13 – A Sede Abandonada da Cooperativa Central – CIVAB do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	38
14 – Situação Atual das Agrovilas do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	39
15 – Destaque de Uma Casa das Agrovilas do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	39

16 – Centro Comunitário do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	40
17 – Armazém do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	40
18 – Estação de Bombeamento A2 do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002.....	41
19 – Máquinas e Implementos Abandonados do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	41
20 – Lote Familiar, que hoje está Coberto pelo Mato - Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002	42
21 – Canal Principal Assoreado do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002.....	42
22 – Detalhe do Canal Secundário, que Hoje se Encontra Cheio de Mato e Lama do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002.....	43
23 – Local Onde Funcionava a Indústria de Parbolização de Arroz do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002.....	43
24 – Canal Principal, no Início da Ocupação do Perímetro	44
25 – Canal Principal Atualmente do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002.....	44
26 - Distribuição Triangular.....	47
27 - Distribuição Triangular Com e Sem Projeto	48

RESUMO

Esta dissertação analisa o risco ambiental da irrigação pública do Ceará: o Caso do Perímetro Irrigado de Morada Nova. O estudo consistiu em analisar os impactos ambientais do Projeto, considerando as seguintes componentes: cobertura vegetal, áreas selvagens, primitivas e naturais, rios e sistemas fluviais, produtividade, qualidade da água, qualidade do solo e salinidade do solo. Utilizou-se a distribuição de probabilidade triangular, para as medidas quantitativas, substituindo os métodos convencionais determinísticos, sem deixar, no entanto, a imprescindível avaliação descritivo-narrativa, de caráter subjetivo e essencialmente qualitativo. Os resultados mostraram que a cobertura vegetal sofreu o maior impacto negativo, em decorrência do desmatamento indiscriminado, quando da implantação do projeto, danificando os processos biológicos de muitas espécies. Em contrapartida, a produtividade apresentou o único impacto positivo, pelo fato de o arroz ocupar 80% da área, necessitar de grandes quantidades de água, levando os sais para as camadas mais profundas e, assim, não interferindo no rendimento da cultura. Concluiu-se, então, que a irrigação afetou o meio ambiente do projeto Morada Nova, dentro das componentes analisadas, uma vez que, das sete categorias estudadas, somente uma apresentou impacto positivo, uma não se manifestou e cinco apresentaram impactos negativos. Sugere-se, portanto, que se estabeleçam, mais detalhadamente, as diretrizes de planejamento ambiental ao desenvolvimento da agricultura irrigada, definindo normas de implantação da atividade e os procedimentos para controle de impactos negativos e fomento aos impactos positivos do projeto de irrigação.



ABSTRACT

This dissertation analyzes the environmental risk of public irrigation in Ceará: the Case of the irrigated perimeter of Morada Nova. The study consisted in analyzing the environmental impacts of the Project, considering the following components: vegetal cover, uncultivated, primitive and natural areas, rivers and river systems, productivity, water quality, soil quality und soil salinity. The triangular probability distribution was used for the quantitative dimensions, substituting the deterministic conventional methods, without abandoning, however, the indispensable descriptive-narrative valuation with a subjective and essentially qualitative character. The results showed that the vegetal cover suffered a major negative impact as a consequence of the indiscriminate deforestation during the establishment of the project, harming the biological processes of many species. On the other hand, the productivity presented the only positive impact, by the fact that 80% of the area is occupied by rice, requiring great quantities of water, which carries the salts to deeper layers not interfering in the yield of the culture. Thus it was concluded that the irrigation affected the environment of the project Morada Nova within the analyzed components, since just one of the seven studied categories presented positive impact, one didn't manifest and five presented negative impacts. Hence it is suggested to establish the principles of the environmental planning of irrigated agriculture in a more detailed way, defining norms for the establishment of the activity and proceedings to control the negative impacts of the irrigation project.



1 INTRODUÇÃO

1.1 O Problema e sua Importância

A história da irrigação data de tempos muito remotos e sua origem, na maioria das vezes, se confunde com o desenvolvimento agrícola e de prosperidade econômica de um povo. Pode-se dizer que começou com o Antigo Egito, há 5.000 anos (Brasil, 1987:181).

Não obstante a importância da irrigação para o aumento do suprimento de alimentos e fibras para a população, há sérios problemas quanto ao impacto ambiental que ela pode ocasionar. Isso acontece porque, sendo a irrigação uma maneira artificial de aplicar água ao solo, para suprir a demanda evapotranspirada das culturas, representa uma introdução tecnológica que pode modificar o meio ambiente.

Existem muitas evidências no mundo de que, após os benefícios iniciais da irrigação, grandes áreas têm-se tornado impróprias à agricultura. Apesar de seus imensos benefícios, ela tem criado impactos ambientais adversos, como podemos destacar a seguir:

Na ex-URSS¹ a redução no nível de água no Mar de Aral, na Ásia Central, induzido pela captação de água para irrigação, é uma das maiores tragédias ecológicas da atualidade. Canais de irrigação foram abertos e implantados equipamentos modernos, sobretudo do tipo pivô central.

Em torno desse mar, situado entre o Cazaquistão e o Uzbequistão, giravam a economia e a vida dessas duas nações e de outras três ex-repúblicas soviéticas. Até o fim de década de 1950, ele media cerca de 66.500 quilômetros quadrados, área equivalente à dos Estados do Rio de Janeiro e Alagoas somados. Era o quarto maior lago do mundo e fonte de uma grande indústria pesqueira, que garantia a renda e o trabalho. Um verdadeiro oásis em uma região desértica. A política econômica promovida por Josef Stalin nas décadas anteriores e intensificada pelo

¹ Editado pela revista Veja – Editora Abril – Edição 1747 – 17 de abril de 2002

regime comunista dos anos 1960 foi a principal responsável pela catástrofe ambiental da região. Os líderes políticos quiseram desenvolver as lavouras de algodão por considerar que o produto poderia trazer mais dividendos para a então União Soviética do que a venda de peixes. Para isso, desviaram os rios Amu Daria e Syr Daria, que desembocam no Mar de Aral, para irrigar as plantações. Em alguns anos, nenhuma gota mais de suas águas conseguia chegar no lago, que começou a secar, ver Figura 1.

Sem a água e os peixes do Mar de Aral, a indústria pesqueira definiu. Sem indústria, a população ficou também sem empregos. “Com menos empregos, a renda per capita caiu para um terço. Isso aumentou a pobreza, que por sua vez fez crescer o número de casos de doenças relacionadas à miséria”, diz o líder do Fundo Internacional para salvar o Mar de Aral, Rim Giniyatullin (Veja-Editora Abril Edição 1747).

Em artigo publicado recentemente, o diretor da Associação Internacional de Recursos Hídricos, Juha Uitto, diz que a contaminação por agrotóxicos e pelo sal elevou a níveis epidêmicos a ocorrência de câncer, assim como a tuberculose, a asma e outras doenças respiratórias. Uma em cada nove crianças morre antes de completar 1 ano de vida. Cerca de 90% das mulheres sofrem hoje de anemia.

Nas últimas quatro décadas, o Aral perdeu 60% de sua extensão e três quartos do volume de água. Quem morava nas margens do lago hoje está a quilômetros de distância da água. A salinidade triplicou, desde então, e muitos moradores são levados ao confinamento em casa por dias, às vezes semanas, durante as freqüentes tempestades de areia e sal. Alguns especialistas prevêem que até 2010 o Aral sumirá definitivamente do mapa. Os pesticidas utilizados indiscriminadamente nas lavouras contaminaram os lençóis freáticos. Das quase 200 espécies de animais que eram encontradas nas proximidades do Aral, apenas quatro dezenas sobreviveram. As florestas que cercavam as margens do lago praticamente desapareceram. As conseqüências da destruição da natureza caíram em dominó sobre a população.

O desaparecimento do Mar de Aral é considerado irreversível por muitos. O desastre ficará marcado na história geológica do Planeta como a primeira grande cicatriz deixada pelo homem na Terra.



FIGURA 1 – Devastação no Mar de Aral. Navios Enferrujados e Encalhados no Porto de Aralsk, no Cazaquistão, 1994.

No Iraque, logo após a guerra do Golfo, na década de 1990, o governo de Saddam Hussein desenhou um projeto semelhante ao dos soviéticos para desviar as águas que banhavam os pântanos dos rios Tigre e Eufrates e irrigar as terras áridas do resto do país. Hoje, restam apenas 10% do ecossistema original. O desastre colocou em risco de extinção quarenta espécies de pássaros.

Nos Estados Unidos², agricultores de vários Estados - Kansas, Colorado, Novo México, Nebraska, Texas, Oklahoma - enfrentam problemas semelhantes. Os estudos revelam que, agora, já se exauriu cerca da metade do volume de água. Se

² Revista Ambiente, publicado em junho de 1992

a utilização fosse interrompida totalmente, ainda assim, o aquífero levaria uns 25 anos para se recompor, pois se recupera à razão de 2% ao ano.

Em muitos perímetros do Brasil, o manejo inadequado da água de irrigação está causando o aparecimento de problemas de drenagem, que em regiões semi-áridas traz consigo a questão do afloramento dos sais e conflitos pelo uso da água.

Em algumas bacias, como por exemplo, Guairá, no Estado de São Paulo, e Rio Verde Grande, no Estado de Minas Gerais, após a implementação de vários projetos de irrigação sem a prévia quantificação do volume de água disponível, está faltando água para as áreas situadas a jusante. Esse problema tem se agravado chegando à falta total de água para o consumo humano, animal e da fauna silvestre, causando, conseqüentemente, sérios impactos ambientais nas regiões e atritos entre os envolvidos (Bernardo, 1989:31-38).

Há perímetros no Nordeste do Brasil, como o caso do Projeto São Gonçalo-PB, que de 2.600 ha, originalmente (vinte anos atrás), tem hoje 900 ha com problemas severos de alcalinidade. No Nordeste brasileiro, aproximadamente 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos estão com problemas de salinização, algumas dessas áreas já não produzem (EMBRAPA-CPTASA, 1989:54).

Os problemas atuais de drenagem que se apresentam em alguns perímetros irrigados do Nordeste têm tido como causa o uso descontrolado da água de irrigação. Este problema é mais crítico naqueles perímetros que estão sendo operados sem contar com a rede de drenagem adequada (EMBRAPA-CPTASA, 1988:57).

No Ceará, na Bacia do Médio Jaguaribe, nos Municípios de Jaguaribara e Jaguaratama, e grandes açudes, já apresentam avanços da salinização em algumas áreas (FUNCEME, 2002: 159-161).

(Bisserra, 1991:73) estudou a rentabilidade da irrigação pública no Nordeste – O Caso do Perímetro Irrigado Morada Nova – CE e concluiu que, além da rentabilidade, os colonos tinham garantia, dadas as distribuições de probabilidades utilizadas e o nível tecnológico empregado de que jamais teriam prejuízos.

Acrescentava, ainda, que dificilmente os produtores encontrariam um negócio tão rentável e seguro quanto este para aplicar seu capital, trabalho e capacidade empresarial.

No entanto, se contabilizadas, a magnitude do impacto ambiental ocasionado pela irrigação, certamente, alteraria a rentabilidade.

Portanto, se os empreendimentos da irrigação são mal realizados e malconduzidos, podem produzir fortes impactos negativos sobre o meio ambiente em qualquer de suas partes, seja na barragem, na área coberta pelas águas, nos canais ou nas áreas onde se efetua a irrigação. Esses impactos negativos podem significar endividamento e ter graves conseqüências.

O presente trabalho pretende analisar os riscos ambientais da irrigação pública do Estado do Ceará, considerando o Perímetro Irrigado de Morada Nova.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar os riscos ambientais do Projeto de Irrigação Morada Nova-CE, considerando as seguintes categorias ambientais: cobertura vegetal, áreas selvagens, primitivas e naturais, rios e sistemas fluviais, produtividade, qualidade da água, qualidade do solo e salinidade dos solos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estabelecer uma estrutura para a identificação dos riscos ambientais envolvidos no projeto;
- definir uma metodologia para avaliação dos riscos ambientais nos projetos de irrigação;
- analisar o projeto de irrigação, considerando os aspectos ambientais, no nível de implementação de planejamento.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA AVALIAÇÃO TÉCNICA E AMBIENTAL DE UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO

Este capítulo trata, fundamentalmente, dos conceitos básicos requeridos para a avaliação racional de um projeto de irrigação, considerando os aspectos técnicos e ambientais.

Em anexo, destacam-se as equações da avaliação técnica para determinar a eficiência da irrigação e no apêndice os aspectos institucionais das principais entidades de conservação ambiental (hídrica), ações desenvolvidas e modelos.

2.1 Avaliação Técnica

2.1.1 Eficiência de Irrigação³

A irrigação por superfície, sistema utilizado no perímetro objeto da presente análise, compreende o método de irrigação em que a condução da água do sistema de distribuição (canais ou tubulações), é feita diretamente sobre a superfície do solo.

O excesso de irrigação resultará em perdas d'água por condução por percolação e/ou escoamento superficial ("runoff"), perdas de nutrientes por lixiviação para as camadas abaixo da zona radicular das culturas, bem como problemas de afloramento do lençol freático nas áreas de irrigação, criando problemas potenciais de salinização e causando com isso baixo rendimento da cultura e baixa eficiência de irrigação.

A eficiência da irrigação por sulco ou por faixa (superfície) pode ser determinada pelos métodos convencionais ou pelos métodos de balanço d'água no sulco ou na faixa.

³ Todos os conceitos neste tópico foram retirados das obras dos autores: Daker (1984); Bernardo (1989); Israelsen (1980); Karmeli (1978).

Existem vários parâmetros que devem ser determinados para analisar a eficiência da irrigação de um projeto, sendo que os principais estão na seção a seguir.

2.1.2 Eficiência de Condução

É a estimativa de perda d'água entre a captação e a entrada na parcela de irrigação.

A eficiência de condução é um parâmetro de grande importância nos projetos que exigem bombeamento na fonte de derivação, nas regiões onde a água é fator limitante e nos projetos com grande distância entre a fonte de derivação e a área a ser irrigada.

2.1.3 Eficiência de Distribuição

É uma expressão da uniformidade de distribuição da água através da zona de raízes. Na irrigação superficial, uma vazão constante é aduzida no início da parcela e avança até o final. A lâmina infiltrada é função do tempo de contato da água com a superfície do solo (tempo de oportunidade). Esse tempo varia com as características hidráulicas do sulco ou faixa e essa variação tem influência marcante na uniformidade de distribuição d'água ao longo da parcela. Em geral, quanto mais uniforme é a infiltração da água, em toda parcela irrigada, melhores são as respostas das culturas.

O parâmetro mais comumente usado para expressar a uniformidade de distribuição da água é o Coeficiente de Uniformidade de Christianismo, CUC.

Uma irrigação perfeitamente uniforme seria aquela na qual CUC fosse igual a 100%. Karmali et alii (1978) afirmam que diferentes distribuições da água no solo podem dar origem a diferentes valores de CUC.

2.1.4 Eficiência de Armazenamento

Expressa a relação entre o volume (ou lâmina) d'água armazenada na zona das raízes e o volume (ou lâmina) de água real necessária para abastecer essa zona.

2.1.5 Eficiência de Aplicação

É a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação que é considerada útil às culturas. O valor mínimo aceitável da eficiência de aplicação em um projeto é de 60%. O ideal é que o valor deste parâmetro esteja acima de 70%.

O cálculo da eficiência de aplicação requer dados de campo e um memorial detalhado.

2.1.6 Perdas na Aplicação

2.1.6.1 Perdas por Percolação

É a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação, considerada perdida por percolação. O seu valor máximo aceitável depende das condições locais de projeto de irrigação. Em áreas cujo lençol freático esteja próximo à superfície do solo, as perdas por percolação não devem passar de 10%. Porém, sempre é necessário certa perda por percolação, para lixiviar os sais precipitados no solo.

2.1.6.2 Perdas por Escoamento Superficial (Runoff)

É a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação, perdida por escoamento no final do sulco ou faixa. A existência de escoamento no

final da parcela é inerente ao próprio método de irrigação por sulco, exceto nos sulcos em nível, os quais são construídos dentro de tabuleiros ou bueiros, não havendo, portanto, escoamento.

2.1.6.3 Perdas na Condução

Envolvem o transporte de água da fonte até a parcela, através de canais, podendo ocorrer perdas por evaporação, infiltração, erros na sua operação ou uma manutenção dos canais de irrigação.

2.2 Avaliação Ambiental

2.2.1 Aspectos Gerais

A avaliação de impactos ambientais (AIA) tem origem, como atividade sistematizada e institucionalizada, com o "National Environment Policy Act" - NEVA, promulgado em 1969 nos Estados Unidos. Entretanto, foi a partir de 1972, na Conferência de Estocolmo, que passou a ser gradativamente incorporado pelo processo decisório em outros países.

De uma primeira análise da evolução desta atividade, nestes últimos vinte anos, observam-se algumas mudanças, seja do ponto de vista do seu encaminhamento e de sua inserção no processo de tomada de decisões, seja no que tange à dimensão em torno dos métodos científicos utilizados para mensuração e a avaliação dos impactos ambientais.

Segundo Bolea (1984:110), impacto ambiental de um projeto é a diferença entre a situação do meio ambiente (natural e social) futuro, modificado pela realização do projeto e a situação do meio ambiente futuro tanto como teria evoluído sem o projeto.

Uma definição de impacto ambiental introduzida em Rossini e Porter, citados por Magrini (1990:145), refere-se ao estudo do conjunto de conseqüências sociais e ecológicas, segundo um enfoque holístico que evidencia os efeitos cumulativos resultantes de suas interações, requerendo, para sua elaboração, um conjunto de disciplinas distintas, embora integradas.

De acordo com Bolea (1984:110), as avaliações de impacto ambiental são estudos realizados para identificar, prever e interpretar, assim como prevenir as conseqüências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos podem causar à saúde e ao bem-estar humano. A autora acrescenta, ainda, que tais estudos incluem opções, representando não um instrumento de decisão em si, mas um instrumento de conhecimento e serviço de decisão.

2.2.2 Métodos de Avaliação Ambiental

Há, na literatura, diversas técnicas ou métodos de avaliação de impacto ambiental que variam conforme a óptica adotada. De acordo com estudo realizado por Schaeffer (1986:95), as metodologias podem ser agrupadas em quatro categorias: sistemas de redes e gráficos e sistemas cartográficos; métodos baseados em indicadores; índices e integração de avaliação e métodos quantitativos.

Os métodos são, em geral, flexíveis, aplicáveis em qualquer fase do processo de planejamento, capazes de realizar uma análise sistemática, global, interdisciplinar e integrada do meio ambiente e de seus muitos componentes. Envolvem aspectos qualitativos e quantitativos, sendo estes últimos traduzidos, muitas vezes, por meras escalas de valores e necessitam de revisões constantes em função dos resultados alcançados e da experiência adquirida. Maiores detalhes sobre estas técnicas podem ser visualizados em Bisset, Schaeffer, Bolea, Clark e Perazza, citados por Nascimento (1991:204) e (Vieira, 1979:236).

As principais metodologias de avaliação de impactos ambientais são discutidas a seguir.

2.2.2.1 Método de Leopold

Consiste numa listagem abrangente dos componentes ambientais e das atividades de um projeto, que relaciona ações com fatores ambientais.

Na sua concepção original, a matriz é constituída de 100 colunas, em que estão representadas as ações do projeto, e de 88 linhas relativas aos fatores ambientais, perfazendo um total de 8.800 possíveis interações.

O princípio básico da Matriz de Leopold é, primeiramente, assinalar todas as possíveis interações das ações e fatores, para, em seguida, estabelecer, em escala que varia de 1 a 10, a magnitude e a importância de cada impacto, identificando se este é positivo ou negativo. Enquanto a valorização da magnitude é relativamente objetiva ou empírica, pois refere-se ao grau de alteração provocado pela ação sobre o fator ambiental, a pontuação da importância é subjetiva ou normativa, uma vez que envolve atribuição de peso relativo ao fator afetado no âmbito do projeto.

A matriz de Leopold pode ser criticada em sua concepção primeira, uma vez que não explicita claramente as bases de cálculo das escalas de pontuação da importância e da magnitude.

Outros aspectos criticáveis podem ser apontados, como a não-identificação das inter-relações dos impactos, o que pode levar à dupla contagem ou à subestimativa dos mesmos, bem como à pouca ênfase atribuída aos fatores sociais e culturais.

Uma questão muito discutida no uso deste tipo de técnica é a pertinência ou não de se calcular um índice global de impacto resultante da soma ponderada (magnitude x importância) dos impactos específicos.

É fundamental ressaltar que, embora o método de Leopold apresente limitações, tem aspectos bastante positivos, ou seja: a) abrangência quanto à identificação dos impactos; b) baixo custo de montagem; e c) multidisciplinar, que o tornam utilizável para a análise de projetos específicos.

2.2.2.2 Método de Sorensen

Elaborado em 1971 para analisar tipos de uso do solo em regiões costeiras, trata-se de uma técnica preponderadamente de identificação de efeitos, que parte da caracterização de diferentes usos do solo, os quais se desdobram em diversos fatores causais que, por sua vez, implicam impactos ambientais classificados em condições iniciais, conseqüências e efeitos. Além de apresentar uma rede composta dos diversos ramos de efeitos, o método indica igualmente corretivos e mecanismos de controle.

2.2.2.3 Método Battelli ou Sistema de Avaliação Ambiental (EES)

O método foi desenvolvido no Laboratório Battelli - Columbus para projetos hídricos, podendo ser utilizado tanto para único empreendimento como para planejamento de um programa de empreendimentos. A metodologia é hierarquizada, constituída de quatro categorias ambientais, que se desdobram em 18 parâmetros. A determinação do grau de impacto líquido para cada parâmetro ambiental é dada pela expressão:

$$UIA = UIP \times Q.A,$$

onde,

UIA - Unidade de impacto ambiental

UIP - Unidade de importância

Q.A - Índice de qualidade ambiental

A centralização final é feita através do cálculo de um índice global de impacto, dado pela diferença entre a unidade de impacto ambiental total com a realização do projeto e a unidade de impacto ambiental sem a realização do projeto, ou seja:

$$UIA \text{ com projeto} - UIA \text{ sem projeto} = UIA \text{ do projeto}$$

A unidade de importância (UIP) é fixada *a priori*, perfazendo um total de 1.000 unidades distribuídas por categorias, componentes e parâmetros através de consultas prévias de especialistas pelo Método Delphi. O índice de qualidade ambiental (QA) é determinado a partir da medição dos parâmetros em suas respectivas unidades e posterior conversão, através de funções características de cada parâmetro, em uma escala intervalar que varia de 0 a 1. Estes escalares podem variar conforme a natureza do parâmetro e do ecossistema considerado.

Embora este método apresente vantagens em relação aos anteriores no que tange à explicitação das bases de cálculo, ele apresenta falhas quanto à identificação das interações dos impactos, podendo levar à dupla contagem e à sua subestimativa. Adicionalmente, existem dificuldades inerentes ao estabelecimento dos escalares. Enquanto o comportamento de alguns parâmetros, como os de caráter físico é, em princípio de mais fácil determinação, os de natureza social e cultural tornam questionável a aplicação de funções.

2.2.2.4 Método de Loudheim

O método de Loudheim, 1978, utiliza especialidades para a determinação da magnitude e representantes do público para pontuação da importância.

A metodologia apresenta como fator positivo a possibilidade de análise simultânea de um grande número de opções de projeto e a participação ativa dos vários setores da sociedade na avaliação destas opções. Todavia, a diversidade de especialistas que a técnica requer implica um custo relativamente alto e o resultado final obtido limita-se a uma classificação de opções, em ordem crescente de preferência. Não há uma análise mais detalhada das conseqüências decorrentes da implantação e operação do projeto, principalmente dos impactos indiretos.

2.2.2.5 Método de McHarq

Consiste na utilização de técnicas cartográficas para determinar a localização e a extensão dos impactos sobre o meio, assim como a localização e a qualidade de determinadas áreas com certa significação ambiental, ou determinado valor cultural, arqueológico, social ou econômico.

O método apresenta limitações quanto à abrangência na identificação dos impactos, já que só utiliza dados que possam ser representados cartograficamente, e é relativo, uma vez que há limite no número de transparências que podem ser sobrepostas. Apesar das limitações, mesmo assim, o método é adequado para síntese e, sendo valioso na elucidação de relações especiais complexas, sua adoção é recomendável nos projetos de desenvolvimento regional.

2.2.2.6 Método de Avaliação do Comitê Internacional de Grandes Barragens

Inspirado na matriz de Leopold, o método consiste numa matriz cujo eixo horizontal representa os efeitos sobre o meio ambiente econômico, social, geofísico, hidrológico, climático e biológico, enquanto que o eixo vertical representa as características das ações do projeto diferenciado: o uso da água, o tipo de ação, a zona afetada, as ações corretivas e as ações jurídicas (Schaeffer, citado por Nascimento 1991:204).

Os impactos identificados são avaliados através do emprego de símbolos que permitem introduzir as noções de importância relativa, grau de certeza, duração e efeitos derivados dos impactos. Cada impacto pode ser objeto de várias avaliações, seguindo o tempo e a localização, sendo especificado, inclusive, se o mesmo foi considerado ou não ao se conhecer o projeto, pelo uso dos símbolos S (sim) e N (não).

As medidas corretivas dos impactos adversos são submetidas a avaliação para checar se estas introduzem, por sua vez, repercussões sobre o ecossistema. A

matriz, como em todos os métodos de identificação, deve ser complementada por um texto de comentários que justifique e explique as interpretações do usuário.

2.2.2.7 Método de Avaliação Ponderal dos Impactos Ambientais (APIA)

O método de avaliação ponderal dos impactos, empregado por Bianchi et alii (1989:12), resultou da evolução matricial proposta por Leopold.

A técnica empregada envolve a atribuição de pesos, variando de 1 a 3 quanto aos atributos magnitude, importância e duração, os quais são postos nos campos da célula matricial. O caráter dos impactos é representado pelo símbolo (+) benefício, (-) adverso (+) indefinido, sendo designada para este último a probabilidade de ocorrência.

Os projetos são analisados sobre dois enfoques “com” e “sem” a adoção de medidas de proteção ambiental. A matriz é acompanhada de um texto abordando os aspectos mais relevantes identificados.

Com base nos índices de benefícios, de adversidades e de indefinições calculadas, é obtido o índice de avaliação ponderal, cujo valor encontra-se compreendido entre zero e o infinito. A unidade é o marco inicial que define projetos onde os benefícios predominam sobre as adversidades e/ou indefinições.

2.2.2.8 Avaliação dos Impactos Ambientais pelo “Forest Service of the United States Agricultural Department”

A metodologia utilizada consiste nos efeitos ambientais verificados, em ambos os casos, “com” e “sem” a implantação de atividade analisada. É avaliada, em termos físicos, cada variável ponderada de acordo com a sua significância para a região em estudo. A avaliação numérica das variáveis indica a manutenção relativa na qualidade ambiental decorrente da difusão da atividade analisada comparada com a situação de não-exploração da terra.

As variáveis utilizadas foram as seguintes:

2.2.2.8.1 *Variáveis independentes: Qualidade do Solo; Qualidade d'água; Produtividade local; Qualidade visual e habitat selvagem.*

2.2.2.8.2 *Variável dependente: Qualidade ambiental*

2.2.2.9 Avaliação Probabilística

2.2.2.9.1 *Simulação de Monte Carlo*⁴

O método de simulação de Monte Carlo foi proposto originalmente em Hertz, citado por Noronha (1987:270) e posteriormente aplicado pelos técnicos do Banco Mundial para analisar e avaliar seus projetos. A disponibilidade de programas já desenvolvidos e pessoal qualificado para desenvolvê-los ultrapassa, com folga, até mesmo as exigências de projetos relativamente sofisticados. Não se justifica, portanto, deixar de fazer, hoje em dia, a análise de riscos nos projetos agropecuários.

A seqüência dos cálculos propostos em Hertz no método de simulação de Monte Carlo conta com quatro etapas.

a) Identificar a distribuição de probabilidade de cada uma das variáveis relevantes

Esta etapa constituiu em estimar a distribuição de probabilidade de uma série de variáveis aleatórias.

Uma das soluções práticas consiste em iniciar o estudo de um elevado número de variáveis independentes e identificar aquelas que mais afetam, individualmente, o resultado do projeto. As demais são então agregadas e

⁴ (Noronha, 1987). Capítulo 10 - Riscos e incertezas, item 6.

permanecem nos cálculos como se seus valores fossem conhecidos com certeza. Fica-se, assim, apenas com as variáveis mais relevantes para as análises de probabilidade. A seguir, procura-se descobrir a distribuição de probabilidade de cada uma das variáveis aleatórias selecionadas.

- b) Sortear ou selecionar ao acaso um valor de cada variável, a partir de sua distribuição de probabilidade.

Esta etapa consiste em utilizar o computador para retirar, ao acaso, um valor de cada variável a partir das distribuições de probabilidade identificadas no item anterior. Em geral, os serviços de computação já dispõem de dispositivos destinados a gerar números ao acaso através de distribuição de probabilidade conhecidos.

- c) Calcular o valor do indicador de escolha, cada vez que foi feito o sorteio indicado no item b.

Selecionado um valor para cada variável aleatória, instrui-se o computador para reformular os fluxos de caixa, usando este novo conjunto de dados. Cria-se, assim, um projeto. Em seguida calcula-se o indicador escolhido.

- d) Repetir o processo até que se obtenha uma confirmação adequada da distribuição de freqüência do indicador de escolha.

Repetindo os passos nos itens **b** e **c** em diversas vezes (geralmente 200 ou 300 vezes, mas pode ser tão alto quanto os custos de computação permitirem), o programa gera um elevado número de estimativas para os indicadores. Muito destes resultados provavelmente serão extremamente parecidos ou até mesmo idênticos. Mas, certamente, haverá alguma dispersão de valores na população examinada.

Esta distribuição servirá de base para a tomada de decisão, tornando-se mais confiável e menos dispendioso sob condições de risco e incerteza.

2.2.2.9.2 Análise de Risco Ambiental

A análise de risco ambiental, empregada por Vieira (1979:236), consiste na utilização da distribuição de probabilidade triangular, fornecida pelos ambientalistas. Refere-se diretamente a 18 componentes do sistema ambiental, ou seja, espaço aberto e cinturão verde; rios e sistemas fluviais; lagos e reservatórios; praias e costas; áreas selvagens; primitivas e naturais; áreas úmidas; outras áreas de beleza natural; recursos arqueológicos; recursos históricos; recursos biológicos-flora; recursos biológicos-fauna, recursos geológicos; recursos ecológicos; qualidade d'água; qualidade do ar; qualidade do solo; qualidade do som e qualidade visual.

O projeto Mc Gee Greek, no Estado de Oklahoma, U.S.A., foi reavaliado por Vieira em termos probabilísticos, com base nos estudos da Bureau of Reclamation e com a ajuda de especialistas em meio ambiente, na definição das distribuições subjetivas de probabilidades das componentes ambientais, com e sem a implantação do empreendimento, que permitiu a determinação dos impactos esperados e dos riscos ambientais.

Especificamente para o objetivo deste estudo, escolheu-se o método de análise de risco ambiental, na tentativa de substituir a metodologia determinística, pelo uso de distribuição de probabilidade, para medidas quantitativas, sem deixar de considerar, no entanto, a avaliação descritivo-narrativa de caráter subjetivo e essencialmente qualitativo.



3. MATERIAL E MÉTODO

O capítulo em foco trata da identificação da área de estudo, da descrição sumária do Perímetro Irrigado de Morada Nova, da metodologia da avaliação ambiental e dos dados necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

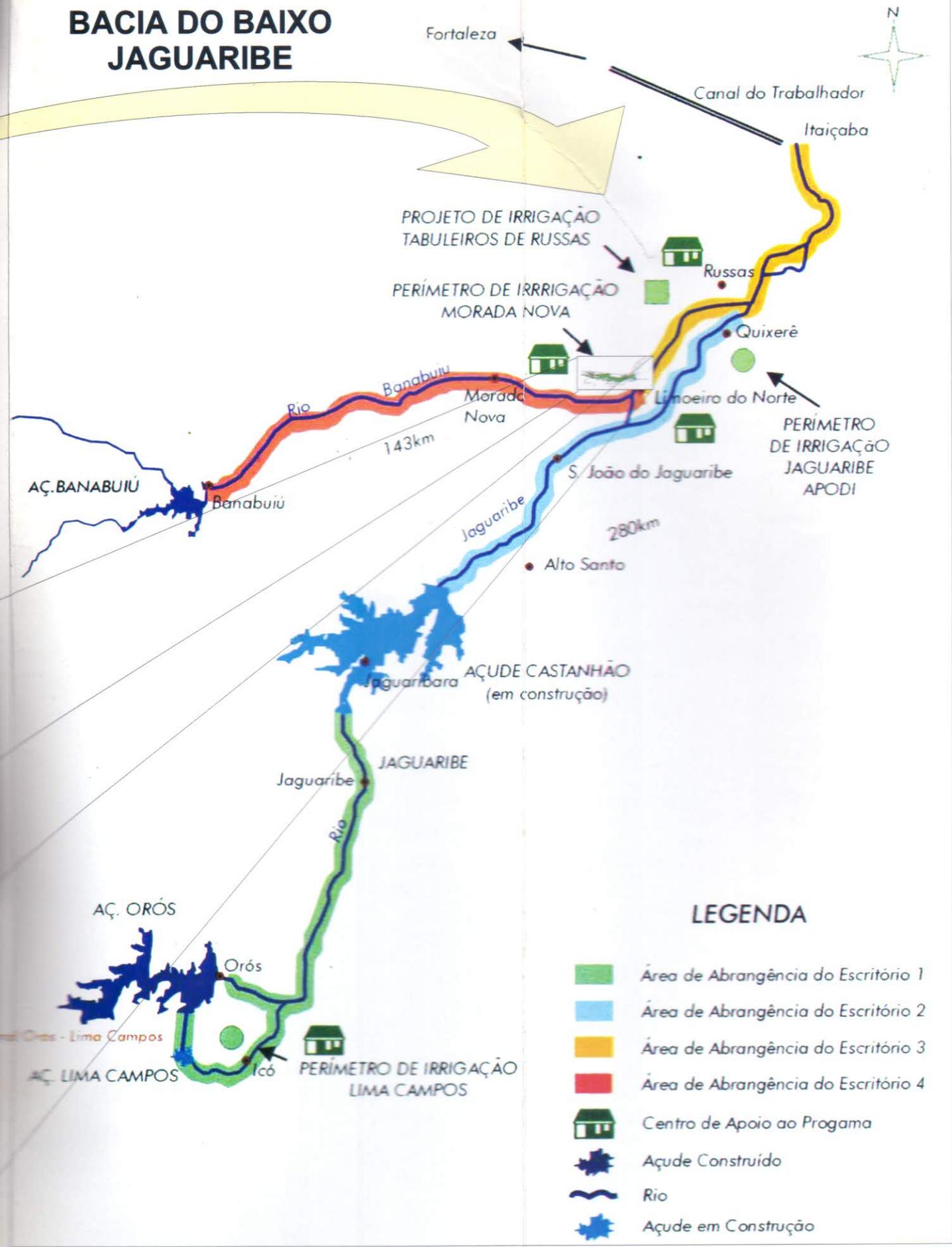
3.1. Área de Estudo

O Município de Morada Nova, onde se localiza o projeto objetivo do presente relatório final de pesquisa, está situado na microrregião homogênea (MRH) do baixo Jaguaribe, juntamente com os Municípios de Alto Santo, Aracati, Itaiçaba, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Palhano, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte. Esta MRH é uma região agropastoril, compreendendo as terras do baixo Jaguaribe e seu afluente Banabuiú, distinguindo-se em três unidades: a várzea, a caatinga e o litoral.

O Projeto de Irrigação Morada Nova está localizado na caatinga sendo, no entanto, cortado pela área de várzea do rio Banabuiú. Sua área total é de 3.223 km², com temperatura média de 30°C e precipitação pluviométrica de 419 mm.

A Figura 2 mostra a divisão do Estado do Ceará em microrregiões homogêneas, destacando o Baixo Jaguaribe e a área do Perímetro Irrigado de Morada Nova.

BACIA DO BAIXO JAGUARIBE

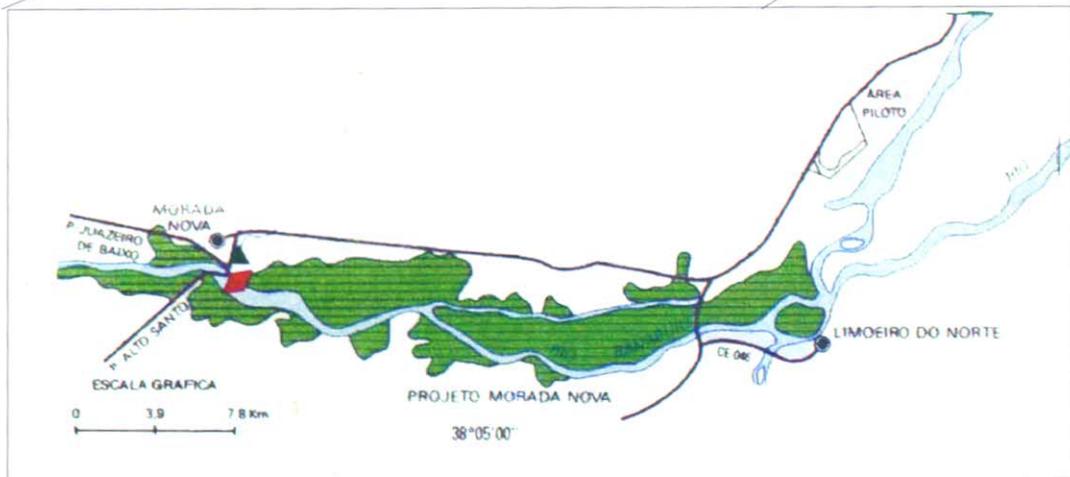


IRRIGADO DE MORADA NOVA-CE

BACIA DO
JAGUA



AÇ. BANABUIÚ



AÇ. ORÓS

Canal Orós - Lima Campos

AÇ. LIMA CAMPOS

FIGURA 2 - PERÍMETRO IRRIGADO



3.2 Descrição Sumária do Projeto

3.2.1 Aspectos Gerais

A área total do projeto proposto era de 12.500 ha, sendo 4.333 ha irrigável.

O início da ocupação ocorreu em 1970, com a instalação de 21 irrigantes.

O suprimento hídrico é, até hoje, assegurado pelos açudes Arrojado Lisboa (ex-Banabuiú) e Pedras Brancas. O Arrojado Lisboa possui uma capacidade de $1.700 \times 10^6 \text{ m}^3$, Figura 3, com uma vazão regularizada de $11,90 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto o Pedras Brancas tem uma capacidade de $424,10^6 \text{ m}^3$ e possui uma descarga regularizada de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

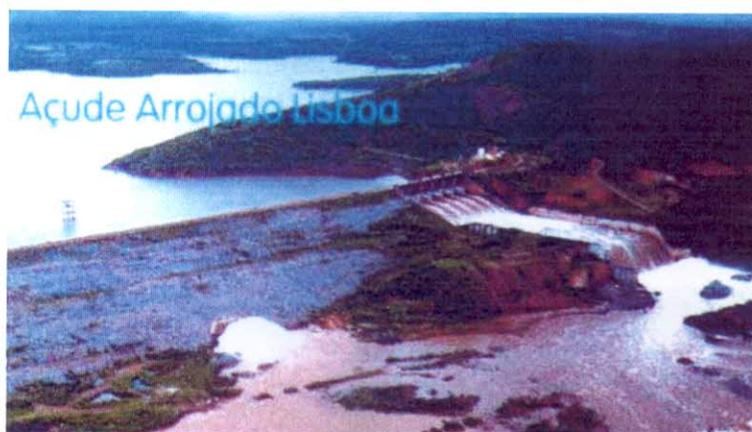


FIGURA 3 – Barragem de Derivação
FONTE: DNOCS – Perímetro de Irrigação de Morada Nova –
CE, 1986

A adução é feita a partir da barragem de derivação no rio Banabuiú, Figura 4, com 150m de extensão, localizada a montante do Perímetro, de onde parte um canal, sendo a distribuição até os lotes feita tanto por bombeamento como por gravidade, através de canais primários e secundários. O sistema de drenagem é composto por uma rede principal formada de valas abertas que descarregam nos coletores, quase todos danificados.

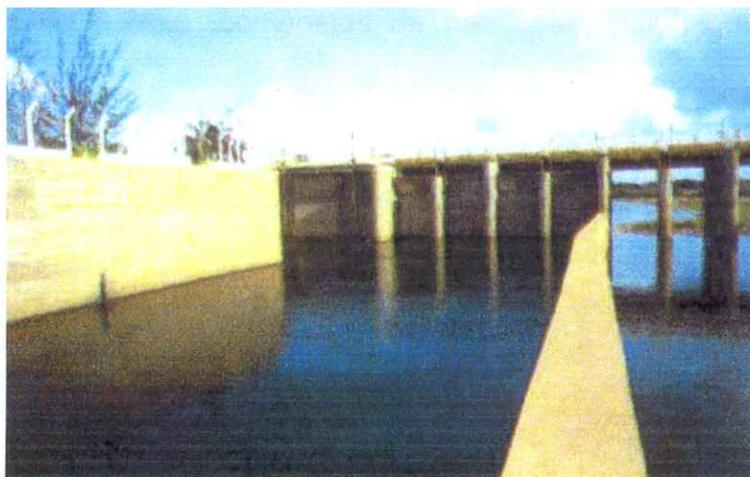


FIGURA 4 – Detalhe da Barragem De Derivação
FONTE: DNOCS – Perímetro de Irrigação de Morada Nova –
CE, 1986

O projeto tinha como base as explorações familiares, com o intuito de assegurar o pleno emprego e garantir uma renda satisfatória.

Inicialmente, os lotes familiares possuíam uma superfície média de 5,3 ha (4-6 ha), Figura 5, com irrigação exclusivamente por gravidade, envolvendo sistemas de produção voltados tanto para a exploração agrícola como para a pecuária leiteira.



FIGURA 5 – Lote Familiar com Irrigação de Superfície
FONTE: DNOCS – Perímetro de Irrigação de Morada Nova –
CE, 1986

Os irrigantes residiam em núcleos habitacionais, tendo-se adotado o modelo concentrado sob forma de agrovilas (Figura 6). Os lotes residenciais possuíam uma

superfície média de 0,24ha, compostos de habitação, paiol, quintal, estábulo e bezerreiro.



FIGURA 6 – Núcleos Habitacionais. As Agrovilas
FONTE: DNOCS – Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 1986

3.2.2 Situação Atual do Perímetro

A fonte hídrica continua sendo feita pelo açude Arrojado Lisboa, acrescido de 320 poços construídos pelos proprietários. As Figuras 7 e 8 mostram a atual situação do canal que liga o perímetro.

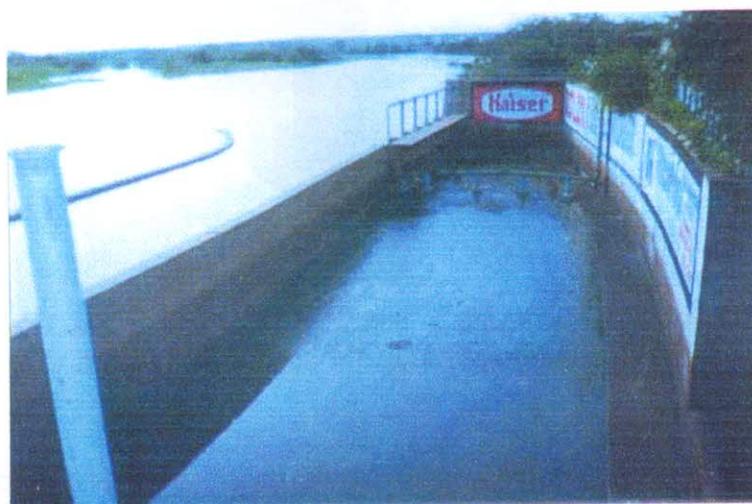


FIGURA 7 – Atual Situação do Canal de Adução do Perímetro de Irrigação de Morada Nova-CE, 2002



FIGURA 8 – Detalhe do Atual Canal que Liga a Barragem de Derivação ao Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002

A área total irrigada é de 2.496 ha, distribuída com arroz, feijão, banana e capim, conforme a Figura 9.

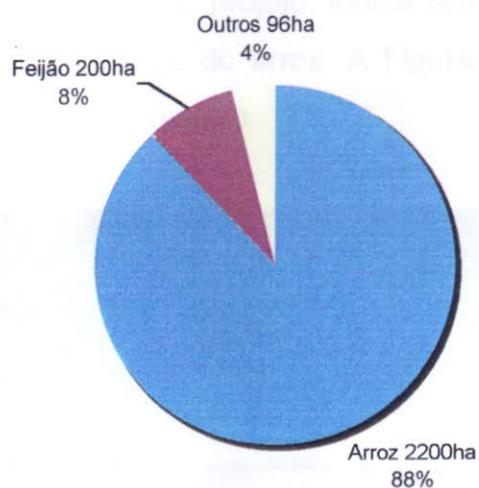


FIGURA 9 – Principais Culturas Irrigadas do Perímetro Irrigado de Morada Nova – CE, 2002

Os métodos de irrigação mais utilizados são: inundação, microaspersão e gotejamento, aspersão e sulcos, de acordo com a Figura 10.

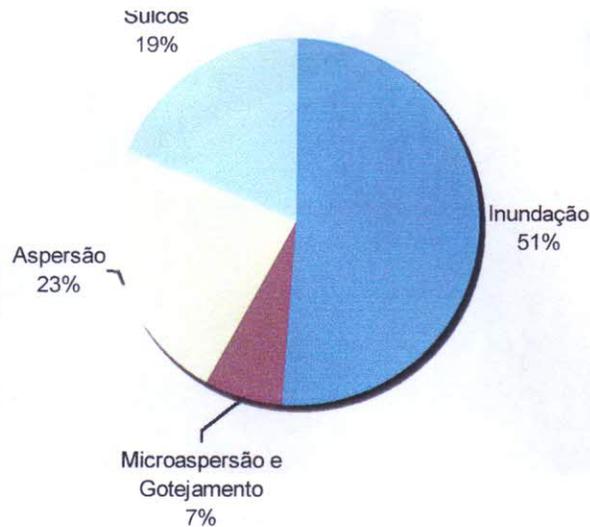


FIGURA 10 – Métodos de Irrigação mais Utilizados no Perímetro Irrigado de Morada Nova – CE, 2002

Como mostram as Figura 9, 10 e 11, a principal cultura do perímetro é o arroz, explorando mais de 80% da área e consumindo mais da metade da água com o método de irrigação por inundação. E, através do levantamento pedológico, realizado pelos estudos básicos do projeto, indicavam que somente 20% dos solos seriam apropriados para o cultivo do arroz. A Figura 12 mostra o desperdício de água no canal secundário do perímetro.



FIGURA 11 – Cultura de Arroz no Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 12 – Desperdício de Água no Canal Secundário do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002

Os irrigantes, em torno de 777, estão estruturados em cooperativas: 1 central – CIVAB e 3 singulares – CAPI, COPAMN e CAPIVAB, e uma Associação dos Usuários do Distrito de Irrigação do Perímetro Irrigado de Morada Nova - AUDIPIMN. A Figura 13 demonstra o atual estado de abandono da principal cooperativa do perímetro.



FIGURA 13 – A Sede Abandonada da Cooperativa Central – CIVAB do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002

As figuras 14 a 23, indicam a situação de abandono e miséria do Perímetro Irrigado de Morada Nova, considerando a infra-estrutura habitacional, o centro comunitário, os canais de irrigação, os lotes dos irrigantes, as máquinas e implementos e, inclusive, a indústria de parbolização do arroz.



FIGURA 14 – Situação Atual das Agrovilas do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 15 – Destaque de Uma Casa das Agrovilas do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 16 – Centro Comunitário do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002

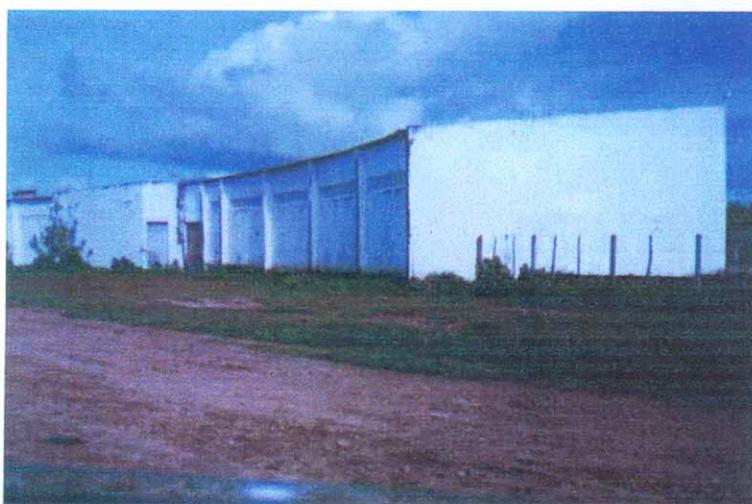


FIGURA 17 – Armazém do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 18 – Estação de Bombeamento A2 do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 19 – Máquinas e Implementos Abandonados do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 20 – Lote Familiar, que hoje Está Coberto pelo Mato - Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 21 – Canal Principal Assoreado do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 22 – Detalhe do Canal Secundário, que Hoje se Encontra Cheio de Mato e Lama do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002



FIGURA 23 – Local Onde Funcionava a Indústria de Parbolização de Arroz do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002

E, finalmente, duas fotos comparativas do canal principal de irrigação, no início do projeto e nos dias de hoje, representadas pelas Figuras 24 e 25, que reforçam o fracasso da política de irrigação do Ceará, embora que, a partir do ano 2000, o Governo federal e o Governo estadual vêm tentando através da ANA – Agência Nacional de Águas, e da SEAGRI – Secretaria de Agricultura Irrigada recuperar o perímetro, com a implantação do Plano de Águas do Vale.



FIGURA 24 – Canal Principal, no Início da Ocupação do Perímetro

FONTE: DNOCS – Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 1986



FIGURA 25 – Canal Principal Atualmente do Perímetro de Irrigação de Morada Nova – CE, 2002

3.3. Dados

Os dados para o cálculo da distribuição triangular subjetiva foram obtidos através de entrevista com técnicos especializados em duas épocas diferentes. A primeira no estudo da Avaliação Técnica-Ambiental-Social da Irrigação Pública no Nordeste – O Caso do Perímetro Irrigado de Morada Nova-CE, em 1994 e a segunda, em 2002, que foram repetidas e confirmadas por outros especialistas.

A seguir, a relação dos seis (6) especialistas entrevistados no ano de 1994:

- Marcos José Nogueira de Sousa - Doutor em Geografia Física - USP - Professor de Geomorfologia da Universidade Federal do Ceará - UFC.
- Luís Bianchi - Geólogo Ambientalista - Professor aposentado da UFC.
- Raimundo Tadeu Neves - Engenheiro Agrônomo - Técnico da SEMACE.
- Amaury Reis Fernandes - Coordenador da Equipe de Fiscalização do Baixo Jaguaribe-CE. do DNOCS
- Eisenhower Carvalho Braga Gomes - MS em Solos e Nutrição de Plantas - UFC - Técnico da FUNCEME.
- Luis Carlos Uchoa Saunders - Doutor em Solos e Nutrição de Plantas - USP - Professor Titular da UFC.

Em 2002, os valores fornecidos pelos especialistas foram confirmados e complementados pelos seguintes técnicos:

- José Wanderley Augusto Guimarães – Gerente Operacional do Plano Águas do Vale – SEAGRI – Secretaria de Agricultura Irrigada do Ceará.
- Joaci Moreira de Souza – chefe da Unidade de Campo do Baixo Jaguaribe – DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
- José Alcy Raulino – Supervisor do Escritório de Morada Nova de Águas do Vale.

3.4 Metodologia

3.4.1 Introdução

A metodologia aplicada no trabalho foi utilizada por Vieira (1979:236), que expressou, através de distribuições de probabilidade triangular, a determinação de falhas, preservação ou sucesso das componentes ambientais.

Nesta avaliação foram levadas em consideração sete variáveis ou categorias ambientais como: cobertura vegetal, áreas selvagens, primitivas e naturais, rios e sistemas fluviais, produtividade, qualidade da água, qualidade do solo e salinidade do solo.

3.4.2 Análise de Risco Ambiental

A análise de risco ambiental consiste em utilizar distribuições de probabilidade para as medidas quantitativas, substituindo os métodos determinísticos, sem deixar de considerar, no entanto, a imprescindível avaliação descritivo-narrativa, de caráter subjetivo e essencialmente qualitativo.

As falhas (ou níveis de performance mínima) para cada função-objetivo devem ser definidas para permitir a conseqüente avaliação dos riscos associados.

Falha $\rightarrow f_i < f_{i_{min}}$, onde f_i - função objetivo

risco = $p(f_i < f_{i_{min}})$

Para avaliar a performance de um projeto para cada objetivo, é necessário determinar uma ou mais funções objetivo:

$f_i(a, x)$

onde, f_i = função-objetivo

a = conjunto de parâmetros

x = conjunto de variáveis

O conjunto pode ser decomposto em sucessivos níveis de desagregação funcional:

$$X_i = g_i(b, q); Y_i = h_i(c, z); \text{ etc.}$$

As análises das incertezas começarão no nível mais baixo de desagregação, considerando que cada relação funcional pode ser afetada pelos seguintes fatores: casualidade das variáveis, estimativa dos erros e defeitos dos modelos.

Definidos os conjuntos de parâmetros e/ou funções que poderão medir os efeitos do impacto ambiental, o passo seguinte é a determinação das distribuições de probabilidade, que são definidas a partir do último nível de desagregação. Há várias maneiras de determinar uma distribuição:

- a) teoricamente, a partir de base científica;
- b) empiricamente: usando dados históricos, ajustamento de curvas, estimativas de amostragem etc.; e
- c) subjetivamente: usando experiência pessoal e o conhecimento de especialistas.

Conforme Pouliquen, citado por Paula Pessoa (1988: 290) "a distribuição triangular é bastante conveniente quando não se dispõe de conhecimento suficiente sobre as variáveis, já que é definido pelo nível mais provável ou médio (b), por um nível mínimo (a) e um nível máximo (c), assumidos pela variável, além do fato de: $p(a < x < c) = 1$ ", listada na figura 26.

A distribuição de probabilidade empregada do referido estudo será a subjetiva.

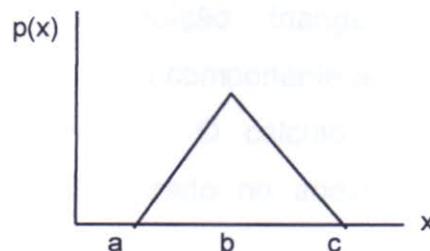


FIGURA 26 - Distribuição Triangular

3.4.3 Etapas da avaliação ambiental

A. Processo de Classificação

Esta etapa é considerada a mais importante, uma vez que trata dos valores subjetivos que servirão para determinar a distribuição de probabilidade triangular de cada componente ambiental, sem e com projeto.

- A.1 Classificação de 0 a 10. Graus ou valores fornecidos pelos especialistas.
- A.2 Cada entrevistado ou especialista apresentou suas estimativas (valores máximos, médios e mínimos), para cada categoria, para a situação sem e com projeto. Em seguida, foram calculadas as médias para cada categoria ambiental.
- B. Aproximando-se para valores inteiros, determinou-se a distribuição triangular para cada componente ambiental (figura 27).

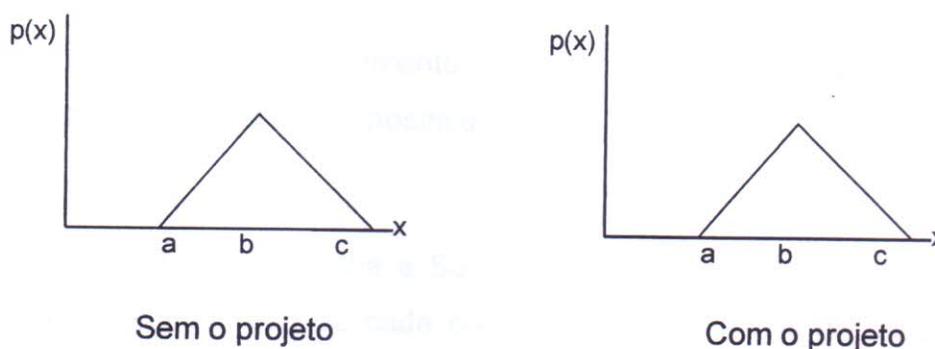


FIGURA 27 - Distribuição Triangular com e Sem Projeto

- C. A partir da distribuição triangular, foram determinadas as probabilidades de cada componente ambiental, para as situações sem projeto e com projeto. O cálculo das probabilidades para cada componente está ilustrado no anexo B - função de probabilidade triangular.
- D. Após a determinação das probabilidades, calculou-se:

- D.1 Mudanças possíveis: são todas as combinações possíveis de probabilidades da situação sem e com projeto. Essas mudanças associadas às probabilidades estão exemplificadas no capítulo Resultados e Discussão.
- D.2 Impacto esperado é a diferença entre a média da distribuição triangular da situação com projeto e sem projeto. Matematicamente:

$$E(I) = \frac{a + b + c(c / projeto)}{3} - \frac{a + b + c(s / projeto)}{3}$$

onde,

a = valor mínimo

b = valor médio

c = valor máximo

- Probabilidade de deterioração, P(det.) é a soma das probabilidades associadas às mudanças negativas.
- Probabilidade de preservação, P(pres.) é a probabilidade associada à mudança zero, ou seja, quando não existe mudança.
- Probabilidade de melhoramento, P(melhor.) é a soma das probabilidades associadas às mudanças positivas.

E. Probabilidade de Falha e Sucesso das Componentes - estimativa do impacto esperado de cada componente, em termos de probabilidade dicotômica:

p_i = Probabilidade de falha (deterioração) da componente i ;

q_i = Probabilidade de sucesso (preservação e melhoramento) da componente i ; onde:

$$p_i + q_i = 1$$

- F. Combinação de componentes, através de probabilidades de falha conjunta de duas componentes, três componentes etc, até a falha de todas as componentes.

Para o caso de componentes independentes, essas probabilidades podem ser calculadas, matematicamente:

Fazendo

$$r_i = \frac{p_i}{q_i}$$

$p_i + q_i = 1$, onde:

p_i = probabilidade de falha

q_i = probabilidade de sucesso

N = número total de componentes

P_1 = Probabilidade de falha para uma componente:

$$P_1 = q_1 q_2 \dots q_N \sum_{i=1}^N r_i$$

P_2 = Probabilidade de falha para duas componentes:

$$P_2 = q_1 q_2 \dots q_N \sum_{i=1}^{N-1} r_i \sum_{j=i+1}^N r_j$$

P_n = Probabilidade de falha para n componentes

Chamando $P_s = q_1 \cdot q_2 \dots q_N$ de probabilidade de sucesso de todas as componentes, a fórmula para n componentes é:

$$P_n = P_s \sum_{i=1}^{N-n+1} \sum_{i_1=i+1}^{N-n+2} \sum_{i_2=i_1+1}^{N-n+3} \dots \sum_{i_{n-1}=i_{n-2}+1}^N r_i r_{i_1} r_{i_2} \dots r_{i_{n-1}}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões da análise de risco ambiental do projeto de Irrigação Morada Nova - Ceará, distribuídos da seguinte maneira:

- Distribuição triangular subjetiva sem e com o projeto.
- Probabilidade de falhas e sucessos das componentes ambientais.
- Impactos esperados.
- Riscos.

4.1. Valores das Componentes Ambientais

A tabela 1 mostra as notas máximas, médias e mínimas fornecidas pelos especialistas, as quais caracterizaram as distribuições triangulares de probabilidades, para cada componente ambiental, referentes às situações sem e com projeto.

TABELA 1 - Notas – MAX, MED, MIN – 6 Avaliações

COMPONENTES AMBIENTAIS	Situação											
	SEM PROJETO						COM PROJETO					
1 Cobertura Vegetal	7	8	8	7	8	8	5	7	7	4	7	7
	6	6	7	6	5	7	4	5	6	3	6	6
	5	4	6	5	2	5	3	3	5	2	3	5
2 Áreas selvagens, primitivas e naturais	6	7	7	7	9	7	5	6	6	5	8	6
	5	6	6	5	6	6	4	5	5	3	5	5
	4	5	5	3	3	6	3	4	5	2	2	5
3 Rios e sistemas fluviais	8	5	8	7	8	8	5	8	8	7	8	8
	7	3	7	5	5	7	4	7	7	6	5	7
	6	2	7	3	2	7	3	6	7	4	2	6
4 Produtividade	9	7	5	5	7	7	7	6	7	7	9	6
	8	5	4	3	4	6	6	4	6	6	6	4
	7	3	3	1	1	5	5	3	5	5	3	3
5 Qualidade da água	7	8	8	7	7	7	6	9	8	7	8	6
	6	8	7	5	6	6	5	8	7	5	6	4
	6	7	7	4	5	4	5	7	7	4	5	3
6 Qualidade do solo	8	7	9	6	8	7	7	7	7	7	7	6
	7	5	8	6	7	6	6	5	7	6	5	5
	6	5	7	4	5	5	5	4	6	5	4	3
7 Salinidade dos solos	8	9	8	8	9	8	6	7	6	7	7	6
	7	7	7	7	6	7	5	5	5	6	4	5
	6	6	6	6	3	5	3	4	4	5	1	4

FONTE: Dados da Pesquisa, 2002

Considerando a aproximação para valores inteiros, a tabela 2 apresenta as médias dos valores máximos, médios e mínimos, referentes à situação sem o projeto e com o projeto, calculados a partir dos valores subjetivos fornecidos pelos especialistas (Tabela 1).

TABELA 2 - Média dos valores máximos, médios e mínimos das componentes ambientais

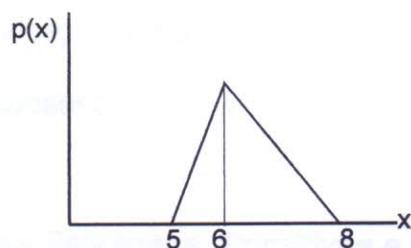
COMPONENTES AMBIENTAIS	Situação					
	SEM PROJETO			COM PROJETO		
	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX
1 Cobertura Vegetal	5	6	8	4	5	7
2 Áreas selvagens, primitivas e naturais	4	6	7	4	5	6
3 Rios e sistemas fluviais	5	6	7	5	6	7
4 Produtividade	3	5	7	4	5	7
5 Qualidade da água	6	6	7	5	6	7
6 Qualidade do solo	5	7	8	5	6	7
7 Salinidade do solo	5	7	8	4	5	7

FONTE: Dados da Pesquisa, 2002

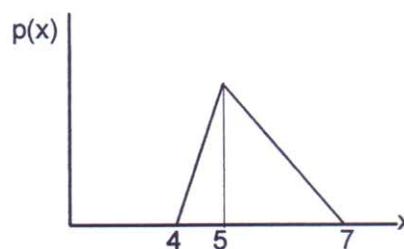
4.2 Impacto para cada Componente

Levando-se em conta os valores médios das componentes ambientais (Tabela 2) para a determinação da distribuição triangular, o impacto do projeto é calculado para cada componente, ou seja: cobertura vegetal; áreas selvagens, primitivas e naturais; rios e sistemas fluviais; produtividade; qualidade d'água; qualidade do solo e salinidade do solo. Nos itens seguintes são apresentados as probabilidades e impactos.

4.2.1 Cobertura Vegetal



Sem o projeto



Com o projeto

Cálculo das probabilidades⁵:

$$P(5) = 8,33\%$$

$$P(4) = 8,33\%$$

$$P(6) = 54,17\%$$

$$P(5) = 54,17\%$$

$$P(7) = 33,33\%$$

$$P(6) = 33,33\%$$

$$P(8) = 4,17\%$$

$$P(7) = 4,17\%$$

Mudanças possíveis:

Mudanças	Probabilidade %
-4	0,35
-3	5,04
-2	23,95
-1	41,31
0	23,95
+1	5,04
+2	0,35

Impacto esperado: - 1,0

P (deterioração) = 70,65

P (preservação) = 23,95

P (melhoramento) = 5,39

⁵ Ver, no apêndice B, o exemplo dos cálculos das probabilidades do item 3.3.3.C da metodologia

Considerando falha como impacto negativo (deteriorização) e sucesso como impacto positivo (preservação e melhoramento), temos:

$$P(\text{falha}) = 70,65$$

$$P(\text{sucesso}) = 29,34$$

4.2.2 Áreas Selvagens, Primitivas e Naturais

Sem o projeto

$$\text{MIN} = 4$$

$$\text{MED} = 6$$

$$\text{MAX} = 7$$

Com o projeto

$$\text{MIN} = 4$$

$$\text{MED} = 5$$

$$\text{MAX} = 6$$

Cálculo das probabilidades:

$$P(4) = 4,17\%$$

$$P(5) = 33,33\%$$

$$P(6) = 54,17\%$$

$$P(7) = 8,33\%$$

$$P(4) = 12,50\%$$

$$P(5) = 75,00\%$$

$$P(6) = 12,50\%$$

Mudanças Possíveis

Mudanças	Probabilidade %
-3	1,04
-2	13,02
-2	45,83
0	32,295
+1	7,29
+2	0,52

Impacto esperado: - 0,7

$$P(\text{deterioração}) = 59,89$$

$$P(\text{preservação}) = 32,29$$

$$P(\text{melhoramento}) = 7,81$$

Considerando falha como um impacto negativo e sucesso como impacto positivo, temos:

$$P(\text{falha}) = 59,89\%$$

$$P(\text{sucesso}) = 40,11\%$$

4.2.3 Rios e Sistemas Fluviais

Sem o projeto

$$\text{MIN} = 5$$

$$\text{MED} = 6$$

$$\text{MAX} = 7$$

Com o projeto

$$\text{MIN} = 5$$

$$\text{MED} = 6$$

$$\text{MAX} = 7$$

Cálculo das probabilidades:

$$P(5) = 12,50\%$$

$$P(5) = 12,50\%$$

$$P(6) = 75,00\%$$

$$P(6) = 75,00\%$$

$$P(7) = 12,50\%$$

$$P(7) = 12,50\%$$

Mudanças Possíveis

Mudanças	Probabilidade %
-2	1,56
-1	18,75
0	59,38
+1	18,75
+2	1,56

Impacto esperado: 0,0

$$P(\text{deterioração}) = 20,31$$

$$P(\text{preservação}) = 59,38$$

$$P(\text{melhoramento}) = 20,31$$

Considerando falha como um impacto negativo e sucesso como impacto positivo, temos:

$P(\text{falha}) = 20,31\%$

$P(\text{sucesso}) = 79,69\%$

4.2.4 Produtividade

Sem o projeto

MIN = 3

MED = 4

MAX = 5

Com o projeto

MIN = 4

MED = 5

MAX = 6

Cálculo das probabilidades:

$P(3) = 3,13\%$

$P(4) = 25,00\%$

$P(5) = 43,75\%$

$P(6) = 25,00\%$

$P(7) = 3,13\%$

$P(4) = 8,33\%$

$P(5) = 54,17\%$

$P(6) = 33,33\%$

$P(7) = 4,17\%$

Mudanças Possíveis

Mudanças	Probabilidade
-3	0,26
-2	3,79
-1	18,23
0	34,24
+1	29,42
+2	11,85
+3	2,08
+4	0,13

Impacto esperado: + 0,3

$P(\text{deterioração}) = 22,28$

$P(\text{preservação}) = 34,24$

$$P(\text{melhoramento}) = 43,48$$

Considerando falha como um impacto negativo e sucesso como impacto positivo, temos:

$$P(\text{falha}) = 22,27\%$$

$$P(\text{sucesso}) = 77,72\%$$

4.2.5 Qualidade da Água

Sem o projeto

$$\text{MIN} = 6$$

$$\text{MED} = 6$$

$$\text{MAX} = 7$$

Com o projeto

$$\text{MIN} = 5$$

$$\text{MED} = 6$$

$$\text{MAX} = 7$$

Cálculo das probabilidades:

$$P(5) = 12,50\%$$

$$P(6) = 75,00\%$$

$$P(6) = 75,00\%$$

$$P(7) = 25,00\%$$

$$P(7) = 12,50\%$$

Mudanças Possíveis

Mudanças	Probabilidade
-2	3,12
-1	28,12
0	59,38
+1	9,38

Impacto esperado: - 0,3

$$P(\text{deterioração}) = 31,24$$

$$P(\text{preservação}) = 59,38$$

$$P(\text{melhoramento}) = 9,38$$

Considerando falha como um impacto negativo e sucesso como impacto positivo, temos:

$$P(\text{falha}) = 31,24\%$$

$$P(\text{sucesso}) = 68,76\%$$

4.2.6 Qualidade do Solo

Sem o projeto

$$\text{MIN} = 5$$

$$\text{MED} = 7$$

$$\text{MAX} = 8$$

Com o projeto

$$\text{MIN} = 5$$

$$\text{MED} = 6$$

$$\text{MAX} = 7$$

Cálculo das probabilidades:

$$P(5) = 4,17\%$$

$$P(5) = 12,50\%$$

$$P(6) = 33,33\%$$

$$P(6) = 75,00\%$$

$$P(7) = 54,17\%$$

$$P(7) = 12,50\%$$

$$P(8) = 8,33\%$$

Mudanças Possíveis

Mudanças	Probabilidade
-3	1,04
-2	13,01
-1	45,84
0	32,30
+1	7,29
+2	0,52

Impacto esperado: - 0,7

$$P(\text{deterioração}) = 59,89$$

$$P(\text{preservação}) = 32,30$$

$$P(\text{melhoramento}) = 7,81$$

Considerando falha como um impacto negativo e sucesso como impacto positivo, temos:

$$P(\text{falha}) = 59,89\%$$

$$P(\text{sucesso}) = 40,11\%$$

4.2.7 Salinidade do Solo

Sem o projeto

$$\text{MIN} = 5$$

$$\text{MED} = 6$$

$$\text{MAX} = 8$$

Com o projeto

$$\text{MIN} = 4$$

$$\text{MED} = 5$$

$$\text{MAX} = 6$$

Cálculo das probabilidades:

$$P(5) = 4,17\%$$

$$P(6) = 33,33\%$$

$$P(7) = 54,17\%$$

$$P(8) = 8,33\%$$

$$P(4) = 8,33\%$$

$$P(5) = 54,17\%$$

$$P(6) = 33,33\%$$

$$P(7) = 4,17\%$$

Mudanças Possíveis

Mudanças	Probabilidade
-4	0,69
-3	9,02
-2	34,90
-1	36,90
0	15,80
+1	2,78
+2	0,17

Impacto esperado: - 1,3

P (deterioração) = 81,50%

P (preservação) = 15,56

P (melhoramento) = 2,95

Considerando falha como um impacto negativo e sucesso como impacto positivo, temos:

P (falha) = 81,41%

P (sucesso) = 18,58%

4.3 Probabilidade de Falhas e Sucessos das Componentes Ambientais

Considerando as distribuições triangulares das componentes, as mudanças possíveis da situação sem projeto e com projeto, os impactos esperados, as probabilidades de deterioração, preservação e melhoramento, determinou-se a P(falha) e P(sucesso) para cada categoria ambiental. Os resultados são apresentados na tabela 3.

TABELA 3 - Probabilidade das componentes ambientais

COMPONENTES AMBIENTAIS	P (falha) - p_i %	q (sucesso) - q_i %
1 Cobertura vegetal	70,65	29,34
2 Áreas selvagens, primitivas e naturais	59,89	40,11
3 Rios e sistemas fluviais	20,31	79,69
4 Produtividade	22,27	77,72
5 Qualidade da água	31,24	68,76
6 Qualidade do solo	59,89	40,11
7 Salinidade dos solos	81,51	18,49

FONTE: Resultados da Pesquisa, 2002

A Tabela 3 apresenta a probabilidade de falha, isto é, p_i , e a probabilidade de sucesso, como q_i , conforme definido na metodologia, para as diversas componentes ambientais estudadas para o projeto de Irrigação Morada Nova.

Observa-se que a componente salinidade dos solos (P (falha) = 81,51%); cobertura vegetal (P (falha) = 70,65%); áreas selvagens, primitivas (P (falha) = 59,89%) e qualidade dos solos (P (falha) = 59,89%), apresentaram probabilidades de falhas significativas. A categoria ambiental rios e sistemas fluviais apresentou a mais baixa probabilidade de falha, P (falha) = 20,31.

4.4 Probabilidade Cumulativa de Falhas

Na avaliação das falhas combinadas das componentes ambientais, recorreu-se ao uso do microcomputador, através da planilha eletrônica EXCEL - Ver Anexo C. Os resultados são apresentados na tabela 4.

TABELA 4 - Probabilidade Cumulativa de Falhas

n (número de componentes)	P (falha) %	Probabilidade cumulativa %
0	0,372	0,372
1	4,015	4,387
2	16,086	20,473
3	34,893	55,386
4	30,210	85,596
5	14,728	100,00
6	3,384	100,00
7	0,292	100,00

FONTE: Resultados da Pesquisa, 2002

Observa-se que, a partir da quinta componente, a probabilidade da falha é de 100%, ou seja, não haveria a menor possibilidade de sucesso em termos ambientais, caso houvesse mais de cinco categorias atingidas pelo empreendimento.

4.5 Impactos e Riscos

De acordo com as distribuições triangulares, procede-se à determinação dos possíveis efeitos ambientais, calculando-se o impacto esperado e o risco de cada componente. A avaliação do impacto e do risco de cada categoria ambiental é apresentada na tabela 5.

TABELA 5 - Impactos e Riscos

Componentes	E (impacto)	Riscos %
1 Cobertura vegetal	-1,0	70,65
2 Áreas selvagens, primitivas e naturais	-0,7	59,89
3 Rios e sistemas fluviais	0,0	20,31
4 Produtividade	+0,3	22,27
5 Qualidade da água	-0,3	31,24
6 Qualidade do solo	-0,7	59,89
7 Salinidade dos solos	-1,3	81,41

FONTE: Resultados da Pesquisa, 2002

Cinco das sete componentes consideradas, apresentaram impactos negativos, ou seja: salinidade dos solos (-1,3), cobertura vegetal (-1,0), qualidade dos solos (-0,7), áreas selvagens e primitivas (-0,7) e qualidade da água (-0,3). Se considerarmos a deterioração das componentes salinidades dos solos e cobertura vegetal como inaceitáveis, os riscos correspondentes seriam de 81,41% e 70,67%, respectivamente, inviabilizando o projeto. E se levarmos em conta as diversas categorias ambientais igualmente importantes, o impacto seria negativo, com valor numérico total -3,7 e impacto médio de -0,5.

Por outro lado, rios e sistemas fluviais não se alteraram e a produtividade apresentou impacto positivo (+0,3).

Os impactos negativos das componentes: salinização dos solos (-1,3), qualidade dos solos (-0,7) e qualidade d'água (-0,3) podem estar diretamente relacionados ao manejo da irrigação.

Uma das intervenções mais fortes foi a destruição da cobertura vegetal e áreas selvagens, que também apresentaram impactos negativos (-1,0) e (-0,7), respectivamente, quando da execução do projeto. Isso danificou os processos biológicos de muitas espécies, bem como suas fontes de alimento. Como consequência, muitas espécies que poderiam ser de grande benefício foram sacrificadas. Depoimentos de engenheiros, políticos e moradores afirmaram ataques de ratos e de cobras nas áreas urbanas, o desaparecimento de pássaros, como canários, graúnas, galos-de-campina etc, e uma redução de plantas nativas, como carnaúba, oiticica e outras.

A produtividade apresentou impacto positivo, em razão de o arroz ocupar 80% da área, e o mesmo necessitar de grandes quantidades de água, levando conseqüentemente, os sais para as camadas mais profundas e, assim, não afetando o rendimento da cultura.

No entanto, pela escassez de água, em razão de fatores climáticos e do desvio do rio Banabuiú para o abastecimento de água para Fortaleza, através de Canal do Trabalhador, provocou uma redução drástica na área plantada com o arroz. Hoje, por intermédio da Secretaria de Irrigação do Estado do Ceará, foi

implantado o Plano Águas do Vale, que consiste na gestão racional do uso da água, a fim de aumentar sua oferta, reduzindo o desperdício e induzindo a uma melhor aplicação, através de sistemas e métodos de irrigação mais eficientes e modernos em substituição de culturas que gastam muita água, especificamente o arroz, por outras que apresentam um menor consumo, um maior valor de vendas e ofereçam mais empregos.

4.6 Riscos

A tabela 6 mostra os riscos associados a cada nível de aceitação de 0 a 7 componentes deterioradas, determinadas a partir da expressão matemática mencionada no capítulo 3.4.3.F. da metodologia.

TABELA 6 - Riscos

NÍVEL DE ACEITAÇÃO (nº de componentes deterioradas)	RISCOS % (Probabilidade do nível não ser atingido)
0	99,627
1	95,613
2	79,527
3	44,614
4	14,404
5 - 7	0,000

FONTE: Resultados da Pesquisa, 2002

Pode-se perceber que, se o nível de aceitação corresponder a cinco componentes deterioradas, quaisquer que sejam elas, o risco do ambiente não ser atingido é de zero por cento; ou seja, a partir de cinco componentes ambientais deterioradas, podemos afirmar, com certeza, que o Perímetro Irrigado de Morada Nova contribuirá negativamente para o meio ambiente.



5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

As conclusões e as sugestões gerais desta dissertação, especificamente, para o estudo de caso, são resumidas a seguir:

- O risco ambiental da irrigação foi considerável, uma vez que, das sete componentes estudadas, cinco apresentaram impactos negativos (cobertura vegetal, áreas selvagens, qualidade da água, qualidade do solo e salinidade do solo), uma não se manifestou (rios e sistemas fluviais) e apenas uma apresentou impacto positivo (produtividade).
- O método introduz o risco como parte integrante do processo de avaliação e fornece informações adicionais úteis aos tomadores de decisão sem muito esforço e custo.
- A aplicação da distribuição triangular subjetiva para análise de risco ambiental pode ser prontamente atendida, sujeita, naturalmente, falhas e limitações. É, também, perfeitamente adaptável a contínua melhoria e modificações.
- A análise ambiental deve ser considerada em projeto de irrigação, apesar das dificuldades empíricas e conceituais para a formulação e a implantação de modelos de planeamento ambiental.
- A preocupação com problemas ambientais exige que se disponham de novas metodologias e técnicas que permitam introduzir, na elaboração das decisões, os efeitos dos projetos de desenvolvimento no meio ambiente, os quais são difíceis de identificar e quantificar.

5.2. Sugestões

- É necessária uma revisão no planejamento e reestruturação da operação do sistema de irrigação, adequando-os para as condições atuais. Isto deve constituir uma medida de importância para evitar ou reduzir o impacto ambiental negativo do empreendimento.
- É preciso estabelecer, mais detalhadamente, as diretrizes de planejamento ambiental do desenvolvimento da agricultura irrigada, definindo-se normas de implantação da atividade e os procedimentos para controle de impactos negativos e fomento aos impactos positivos decorrentes dos projetos de irrigação.
- Há necessidade do poder público disciplinar o uso de recursos hídricos, como forma de melhorar a qualidade e impedir o grande desperdício, verificado atualmente no perímetro de Morada Nova-CE, para não alterar a qualidade dos solos e da água e de outros componentes ambientais.
- Desenvolver métodos, especialmente, para projetos de irrigação, para coleta de dados, análise das informações e participação efetiva dos especialistas, no desenvolvimento de distribuições subjetivas.
- Adaptar os métodos de avaliação ambiental, considerando os riscos que um projeto de irrigação pode provocar ao meio ambiente.
- É conveniente que os projetos de irrigação não se apóie somente na relação benefício-custo; deve-se considerar os impactos ambientais, pois, é possível compatibilizar desenvolvimento e proteção do meio ambiente.



6. BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, B. COR. Ministério da Agricultura, programa nacional de Irrigação - PRONI, Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas - FIPE - **Projetos de irrigação: O custo da transformação social** - São Paulo - 1989. 160 p.

AZEVEDO, R. e LEMOS, J. J.I. - Comportamento da renda e da produtividade agrícola em perímetros irrigados do NE - **Revista de Economia e Sociologia Rural** - V. 27, N. 3, jul/ago/set. 1989.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5. ed. Viçosa: UFV, IMPR. UNIV. 1989, 596p.

_____. Desenvolvimento da Irrigação no Brasil. **Rev. Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hídricos**. V. 7, N. 2. p. 31-38. 1989

BIANCHI, L. et alii. **Avaliação ponderal de impactos ambientais (APIA)**. Fortaleza, SIRAC, 1989 - 12 p.

BISERRA, José Valdeci. **Rentabilidade da irrigação pública no nordeste sob condições de risco** - O Caso do Perímetro Morada Nova. Fortaleza, UFC/DEA, 1991 (Tese apresentada para o concurso de professor titular), 73 p

BOLEA, M. T. E. **Evolucion del impacto ambiental**. Madrid: Fundacion MAPFRE, 1984, 110 p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília. 1988. 292 p.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recurso hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990 de 28 de dezembro de 1989.**

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SEMA. **Legislação Federal sobre Meio Ambiente**. Brasília, 1988.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável**. Viçosa-MG: UFV/Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 252p.

_____. CONAMA/SEMA. **Legislação Básica CONAMA**. Brasília, jan. 1988.

_____. Resoluções CONAMA, 1984-1986 e Anexo. Brasília, 1988

BRASIL. PRONI. **O Caso do Desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA E EMPREGO: Brasília - 1989. 181 p.

_____. **Tempo de irrigar: Manual do irrigante**. Local: São Paulo. PRONI-SP, Mater, 1987, 158 p.

BRASIL. SENIR/IBAMA/PNUD/OMM - **Diretrizes Ambientais para o Setor de Irrigação**. Brasília, 1992. 164 p.

BUARQUE, Cristovam. **Avaliação econômica de projetos**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1984. 266 p.

CAMPOS, N; STUART, T. **Gestão de águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

CARVALHO, José Otamar. **O Nordeste semi-árido: questões de economia política e de política econômica**. Campinas, 1985. 2 v Tese (Doutorado em Economia). Instituto de Economia. Universidade de Campinas, Campinas.

CEARA. **Constituição Estadual do Ceará**. Fortaleza, Ceará. 1989.

CEARA, Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano estadual dos recursos hídricos**. Fortaleza: SRH, 1992. 4v.

CEARÁ. **Lei Decreto nº 23.067 de 11 de fevereiro de 1994. Regulamenta o art. 40 da lei 11.996 de 24 de julho de 1992 na parte referente à outorga para Uso da Água e dá outras providências**.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano de gerenciamento das águas da Bacia do Jaguaribe**. Conservação Ambiental. COGERH/SRH/ENGESOFT – Fortaleza-CE, 2000

COELHO, A. C. D. **Análise crítica da avaliação de projetos no nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB, 1989. 132 p.

CONTADOR, C. R. **Avaliação social de projetos**. São Paulo: Atlas, 1981. 301 p

DAKER, Alberto. **Irrigação e drenagem. A água na agricultura irrigada**. 3. ed. Rio de Janeiro: 1970. V. 3. 543 p.

DNOCS. **Perímetro irrigado de Morada Nova, Plano de exploração**. Fortaleza, 1980/1992, 2 DR. (mimeo)

_____. **Perímetro irrigado de Morada Nova. Projeto Executivo**. Fortaleza-Ce, 1970. Vol. 1. Relatório geral.

DUQUE, José Guimarães. **Solo e água no polígono da seca**. 4. ed., Fortaleza-Ce: DNOCS. 1973, 135 p.

EILLARDSON, L. S., BISHOP, A. A. Analysis of surface irrigation, application efficiency. **Journal or the Irrigation and Drainage Division**. V.2, N. 93, p 21-36. 1967

EMBRAPA-CTTASA. **Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do Projeto de Irrigação de São Gonçalo - PB**, doc. 54, pg. 57, Petrolina-PE, 1989.

_____. **Aspectos gerais sobre salinidade em áreas irrigadas; Origem, diagnósticos e recuperação**, Petrolina-PE, doc - 50, p. 1-16, 1988.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. Anais...** do VII SBSR, 1993, 159-161p.

_____. **Áreas...** In: SBSR, 7, 1993, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: FUNCEME, 1993. P. 159-161.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário do Estado do Ceará**, 1980. Rio de Janeiro, IBGE, vol. 2 Tomo 3, n. 9.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ (IPLANCE). **Anuário Estatístico do Ceará**. Fortaleza, IPLANCE, 1992.

- GANEM, Nadir. **A irrigação e a lei**. Brasília, 1987. 176 p.
- GITTINGER, J. P. **Analisis economica de proyectos agricolas**. 2. Ed. Madri: Johns Hopkins, 1984, 532 p.
- GOES, E. S. de. **O Problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do nordeste e ação de pesquisa com vistas a seu questionamento**. Recife, Pe. SUDENE. 1977. 20 p. (Trabalho apresentado na Reunião sobre Salinidade em Áreas Irrigadas) Fortaleza, 1978.
- HADDAD, Paulo Roberto. (Org.) **Economia regional: teorias e métodos de análises**. Fortaleza - BNB-ETENE, 1989, 694 p.
- JORNAL TERRA VIVA. Brasília, 1992.
- KARMELI, D.; LEROY, S. J., WALKER, W. R. **Assesseng the spatied variability of irrigation Water Application**. Colorado: USA ST Univ. Collins, 1978. 201 p.
- MAGRINI, A. **Avaliação de impactos ambientais - IPEA**. Brasília: IPEA/PNUD. Cap. 4.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J., ALFARO, J. **Irrigation system evolution and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 164 p.
- NASCIMENTO, N. G. **Avaliação de impactos ambientais de projetos de grandes barragens: um estudo de caso**. Fortaleza, 1991. Dissertação (mestrado em Economia Rural). Deptº Eco. Agric. UFC, Fortaleza, 204 p.
- NEVES, E. M. et al. Citricultura em Goiás: Análise de Investimento sob Condições de Risco Envolvendo Simulação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA E RURAL, 28. Florianópolis. **Anais...**, Brasília: SOBER, 1990. V. 2 p. 364.
- NORONHA, José F. **Projetos agropecuários - administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2. ed. São Paulo: Atlas. 1987. 270 p.
- NOVAIS, W. A terra pede trégua e juízo. **Revista Ambiente**, São Paulo, v. 6. N. 1. p 33-36.

OLIVEIRA, J. CARDOSO. **Avaliação ambiental da irrigação pública: um estado de caso.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, Brasília-DF. **Anais...** Brasília: SOBER, 1994. v.2 p 876-889.

PAULA PESSOA, P. F. A. de Simulação de taxas internas de retorno na análise econômica de tecnologia agrícolas no Nordeste do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza. V. 19. N. 2. p.285-310, jul/out. 1988.

PINHEIRO, S. L. G. Alternativas para avaliação de impactos ambientais, sociais e regionais na análise de projetos de desenvolvimento. **Revista Economia Social Rural**, Brasília, v.28, N.1, p 47-70. jan/mar, 1990.

SCHAEFFER, R. **Impactos ambientais de grandes usinas hidrelétricas no Brasil, Rio de Janeiro.** COPPE/UFRJ, 1986. Dissertação (Mestrado).

SILVA, D. J., POMPEO, C. A. **Bases Metodológicas para o Tratamento de Questão Ambiental.** In: II Seminário Nacional sobre Universidade e Meio Ambiente. Belém, novembro de 1987. 22 p.

VIEIRA, V. de P. P. B. **Sistema de exploração de perímetros irrigados, no Nordeste Brasileiro: Aspectos administrativos técnicos e sócio-econômicos.** Fortaleza: DNOCS, 1979.

VIEIRA, V. de P. P. B. **Risk assent in the evalnation of water resources projects.** Colorado: State University, U.S.A., 1979, 236 p.



ANEXO A

EQUAÇÕES PARA DETERMINAR A EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO

As seguintes fórmulas:

1 **Eficiência de Condução**

Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$Ec = \frac{Va}{Vo} \cdot 100,$$

Onde:

Ec = Eficiência da Condução (%)

Va = Volume d'água aplicado na área de irrigação (m³)

Vo = Volume d'água derivado da fonte hídrica ou do reservatório para a irrigação (m³)

2 **Eficiência de Distribuição**

Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$CUC = Ed = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Z_i - \bar{Z}|}{nz}$$

onde:

Z_i = Lâmina infiltrada em um ponto i qualquer

= Lâmina média infiltrada

n = Número total de pontos

3 **Eficiência de Armazenamento**

Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$Es = \frac{Vu}{Vrn} \cdot 100,$$

Onde:

E_s = Eficiência de armazenamento

V_u = Volume d'água armazenamento na zona das raízes ou volume útil

$V_{rn} = V_d$ Volume d'água real necessário para abastecer a zona das raízes
 $E_c = \frac{V_{rn}}{V_d} \cdot 100,$

4 Eficiência de Aplicação

Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$E_a = \frac{L_f(V_1)}{L_m(V_a)} \cdot 100,$$

$$L_m = \frac{f \cdot T_1}{C \cdot L} \cdot 100, \text{ ou}$$

$$E_a = \frac{V_e}{V_a} \cdot 100,$$

onde:

E_a = Eficiência de aplicação (%);

$L_f(V_1)$ = Lâmina infiltrada no perfil do sulco ou volume líquido (mm);

$L_m(V_a)$ = Lâmina média aplicada por sulco ou volume aplicado (mm);

T_1 = Tempo de aplicação d'água no início do sulco (h);

f = Vazão aplicado por sulco (l/s);

C = Comprimento do sulco (m);

L = Largura da faixa umedecida por sulco (m), sendo que para sulcos próximos um dos outros esta largura (L) é o espaçamento entre sulcos.

5 Perdas na Aplicação

5.1 Perdas por Percolação

$$Ec = \frac{Va}{Vd} \cdot 100,$$

Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$Pp = \frac{Lp}{Lm} \cdot 100,$$

onde:

Pp = Percentagem perdida por percolação (%);

Lp = volume (lâmina) média percolada (mm);

Lm = Volume (lâmina) aplicada.

5.2 Perdas por Escoamento Superficial (Runoff)

$$Pe = \frac{Le}{Lm} \cdot 100,$$

onde:

Pe = Percentagem perdida por escoamento superficial (%);

Le = Volume (lâmina) médio equivalente ao escoamento (mm);

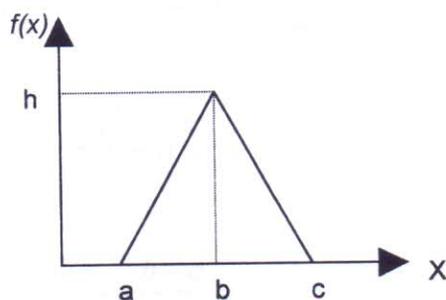
Lm = Volume (lâmina) aplicado (mm).



ANEXO B

FUNÇÃO DE PROBABILIDADE TRIANGULAR EXEMPLO DO CÁLCULO DAS PROBABILIDADES

1. FUNÇÃO DE PROBABILIDADE TRIANGULAR



$$f(x) = \frac{2(x-a)}{(c-a)(b-a)}, a \leq x \leq b$$

$$f(x) = \frac{2(x-c)}{(c-a)(b-c)}, b \leq x \leq c$$

$$f(x) = f(x) = \frac{(x-a)^2}{(c-a)(b-a)}, a \leq x \leq b$$

$$f(x) = 1 - \frac{(x-c)^2}{(c-a)(c-b)}, b \leq x \leq c$$

$$x = a + [f(x) (c-a) (b-a)]^{1/2}, a \leq x \leq b$$

$$x = c - \{[1-f(x)] (c-a) (c-b)\}^{1/2}, b \leq x \leq c$$

$$h = \frac{2}{(c-a)}$$

Valor esperado [E(x)]

$$E(x) = x - \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$$

$$E(x) = \int_a^b x \frac{2(x-a)}{(c-a)(b-a)} dx + \int_b^c x \frac{2(x-c)}{(c-a)(b-c)} dx$$

$$E(x) = \frac{2}{(c-a)(b-a)} \int_a^b x(x-a) dx + \frac{2}{(c-a)(b-c)} \int_b^c x(x-c) dx$$

$$E(x) = \frac{2}{(c-a)(b-a)} \left[\frac{b^3 - a^3}{3} - a \frac{b^2 - a^2}{2} \right] + \frac{2}{(c-a)(b-c)} \left[\frac{c^3 - b^3}{3} - \frac{c^2 - b^2}{2} \right]$$

$$E(x) = \frac{2}{(c-a)} \left[\frac{b^2 + a^{2+ab}}{3} - a \frac{b-a}{2} \right] + \frac{2}{(c-a)} \left[-\frac{c^2 - b^2 - cb}{3} - c \frac{-c-b}{2} \right]$$

$$E(x) = \frac{c^2 - a^2 + cb - ab}{3(c-a)} = \frac{c+a+b}{3}$$

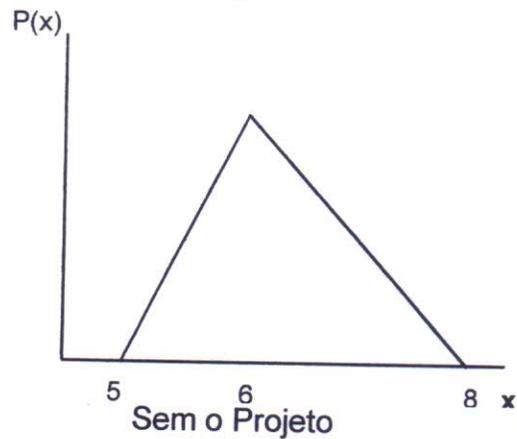
$$E(x) = \frac{c+a+b}{3}$$

2. CÁLCULOS DAS PROBABILIDADES DAS COMPONENTES AMBIENTAIS

O cálculo que se segue é da componente ambiental cobertura vegetal (situação sem projeto). O mesmo procedimento é verificado para as demais componentes (situação sem projeto e com projeto).

Impacto para cada Componente

1. Cobertura Vegetal



$$h = \frac{2}{8-5} = \frac{2}{3} = 0,6666667$$

$$A_T = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{2}{3} = 1$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{6} = \frac{1}{12} = 0,0833$$

$$P(5) = 8,33\%$$

$$A_2 = \frac{\left(\frac{2}{6} + \frac{2}{3}\right) \cdot \frac{1}{2}}{2} + \frac{\left(\frac{2}{3} + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{1}{2}}{2} =$$

$$A_2 = \frac{\left(\frac{2+4}{6}\right) \cdot \frac{1}{2}}{2} + \frac{\left(\frac{4+3}{6}\right) \cdot \frac{1}{2}}{2} =$$

$$A_2 = \frac{1}{4} + \frac{7}{24} = 0,5417$$

$$P(6) = 54,17$$

$$A_3 = \frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{6}\right) \cdot 1}{2} = \frac{3+1}{6} = \frac{4}{6} = 0,3333$$

$$P(7) = 33,33\%$$

$$A_4 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} = 0,04167$$

$$P(8) 4,17\%$$



ANEXO C

LISTAGEM DA PLANILHA ELETRÔNICA

PROBABILIDADE DE FALHA DA COMPONENTE i ,

p_i = Probabilidade de falha da componente i

q_i = Probabilidade de sucesso da componente i

$i = 1$ a 7

P_0 = Nenhuma componente deteriorada

$$q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 = 0,372$$

P_1 = Uma componente deteriorada =

$$\begin{aligned} & p_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 + q_1 * p_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 + q_1 * q_2 * p_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 + \\ & q_1 * q_2 * q_3 * p_4 * q_5 * q_6 * q_7 + q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * p_5 * q_6 * q_7 + q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * p_6 * q_7 + \\ & q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * p_7 = 4,015 \end{aligned}$$

P_2 = Duas componentes deterioradas =

$$\begin{aligned} & p_1 * p_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 + p_1 * q_2 * p_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 + p_1 * q_2 * q_3 * p_4 * q_5 * q_6 * q_7 + \\ & p_1 * q_2 * q_3 * q_4 * p_5 * q_6 * q_7 + p_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * p_6 * q_7 + p_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * p_7 + \\ & q_1 * p_2 * p_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 + q_1 * p_2 * q_3 * p_4 * q_5 * q_6 * q_7 + q_1 * p_2 * q_3 * q_4 * p_5 * q_6 * q_7 + \\ & q_1 * p_2 * q_3 * q_4 * q_5 * p_6 * q_7 + q_1 * p_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * p_7 + q_1 * q_2 * p_3 * p_4 * q_5 * q_6 * q_7 + \\ & q_1 * q_2 * p_3 * q_4 * p_5 * q_6 * q_7 + q_1 * q_2 * p_3 * q_4 * q_5 * p_6 * q_7 + q_1 * q_2 * p_3 * q_4 * q_5 * q_6 * p_7 + \\ & q_1 * q_2 * q_3 * p_4 * p_5 * q_6 * q_7 + q_1 * q_2 * q_3 * p_4 * q_5 * p_6 * q_7 + q_1 * q_2 * q_3 * p_4 * q_5 * q_6 * p_7 + \\ & q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * p_5 * p_6 * q_7 + q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * p_5 * q_6 * p_7 + q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5 * p_6 * p_7 = \\ & 16,086 \end{aligned}$$

P_3 = Três componentes deterioradas =

$$\begin{aligned} & p_1 * p_2 * p_3 * q_4 * q_5 * q_6 * q_7 + p_1 * p_2 * q_3 * p_4 * q_5 * q_6 * q_7 + p_1 * p_2 * q_3 * q_4 * p_5 * q_6 * q_7 + \\ & p_1 * p_2 * q_3 * q_4 * q_5 * p_6 * q_7 + p_1 * p_2 * q_3 * q_4 * q_5 * q_6 * p_7 + p_1 * q_2 * p_3 * p_4 * q_5 * q_6 * q_7 + \\ & p_1 * q_2 * p_3 * q_4 * p_5 * q_6 * q_7 + p_1 * q_2 * p_3 * q_4 * q_5 * p_6 * q_7 + p_1 * q_2 * p_3 * q_4 * q_5 * q_6 * p_7 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& p1*q2*q3*p4*p5*q6*q7 + p1*q2*q3*p4*q5*p6*q7 + p1*q2*q3*p4*q5*q6*p7 + \\
& p1*q2*q3*q4*p5*p6*q7 + p1*q2*q3*q4*p5*q6*p7 + p1*q2*q3*q4*q5*p6*p7 + \\
& q1*p2*p3*p4*q5*q6*q7 + q1*p2*p3*q4*p5*q6*q7 + q1*p2*p3*q4*q5*p6*q7 + \\
& q1*p2*p3*q4*q5*q6*p7 + q1*p2*q3*p4*p5*q6*q7 + q1*p2*q3*p4*q5*p6*q7 + \\
& q1*p2*q3*p4*q5*q6*p7 + q1*p2*q3*q4*p5*p6*q7 + q1*p2*q3*q4*p5*q6*p7 + \\
& q1*p2*q3*q4*q5*p6*p7 + q1*q2*p3*p4*p5*q6*q7 + q1*q2*p3*p4*q5*p6*q7 + \\
& q1*q2*p3*p4*q5*q6*p7 + q1*q2*p3*q4*p5*p6*q7 + q1*q2*p3*q4*p5*q6*p7 + \\
& q1*q2*p3*q4*q5*p6*p7 + q1*q2*q3*p4*p5*p6*q7 + q1*q2*q3*p4*p5*q6*p7 + \\
& q1*q2*q3*p4*q5*p6*p7 + q1*q2*q3*q4*p5*p6*p7 = 34,893
\end{aligned}$$

$P_4 =$ Quatro componentes deterioradas =

$$\begin{aligned}
& p1*p2*p3*p4*q5*q6*q7 + p1*p2*p3*q4*p5*q6*q7 + p1*p2*p3*q4*q5*p6*q7 + \\
& p1*p2*p3*q4*q5*q6*p7 + p1*p2*q3*p4*p5*q6*q7 + p1*p2*q3*p4*q5*p6*q7 + \\
& p1*p2*q3*p4*q5*q6*p7 + p1*p2*q3*q4*p5*p6*q7 + p1*p2*q3*q4*p5*q6*p7 + \\
& p1*p2*q3*q4*q5*p6*p7 + p1*q2*p3*p4*p5*q6*q7 + p1*q2*p3*p4*q5*p6*q7 + \\
& p1*q2*p3*p4*q5*q6*p7 + p1*q2*p3*q4*p5*p6*q7 + p1*q2*p3*q4*p5*q6*p7 + \\
& p1*q2*p3*q4*q5*p6*p7 + p1*q2*q3*p4*p5*p6*q7 + p1*q2*q3*p4*p5*q6*p7 + \\
& p1*q2*q3*p4*q5*p6*p7 + p1*q2*q3*q4*p5*p6*p7 + q1*p2*p3*p4*p5*q6*q7 + \\
& q1*p2*p3*p4*q5*q6*q7 + q1*p2*p3*p4*q5*q6*p7 + q1*p2*p3*q4*p5*p6*q7 + \\
& q1*p2*p3*q4*p5*q6*p7 + q1*p2*p3*q4*q5*p6*p7 + q1*p2*q3*p4*p5*p6*q7 + \\
& q1*p2*q3*p4*p5*q6*p7 + q1*p2*q3*p4*q5*p6*p7 + q1*p2*q3*q4*p5*p6*p7 + \\
& q1*q2*p3*p4*p5*p6*q7 + q1*q2*p3*p4*p5*q6*p7 + q1*q2*p3*p4*q5*p6*p7 + \\
& q1*q2*p3*q4*p5*p6*p7 + q1*q2*q3*p4*p5*p6*p7 = 30,210
\end{aligned}$$

$P_5 =$ Cinco componentes deterioradas =

$$\begin{aligned}
& p1*p2*p3*p4*p5*q6*q7 + p1*p2*p3*p4*q5*p6*q7 + p1*p2*p3*p4*q5*q6*p7 + \\
& p1*p2*p3*q4*p5*p6*q7 + p1*p2*p3*q4*p5*q6*p7 + p1*p2*p3*q4*q5*p6*p7 + \\
& p1*p2*q3*p4*p5*p6*q7 + p1*p2*q3*p4*p5*q6*p7 + p1*p2*q3*p4*q5*p6*p7 + \\
& p1*p2*q3*q4*p5*p6*p7 + p1*q2*p3*p4*p5*p6*q7 + p1*q2*p3*p4*p5*q6*p7 + \\
& p1*q2*p3*p4*q5*p6*p7 + p1*q2*p3*q4*p5*p6*p7 + p1*q2*q3*p4*p5*p6*p7 + \\
& q1*p2*p3*p4*p5*p6*q7 + q1*p2*p3*p4*p5*q6*p7 + q1*p2*p3*p4*q5*p6*p7 +
\end{aligned}$$

$$q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 + q_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 + q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 \\ = 14,728$$

$P_6 =$ Seis componentes deterioradas =

$$p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot q_7 + p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot q_6 \cdot p_7 + p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot q_5 \cdot p_6 \cdot p_7 + \\ p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 + p_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 + p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 + \\ q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 = 3,384$$

$P_7 =$ Sete (todas) componentes deterioradas =

$$p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7 = 0,292$$



APÊNDICE

ASPECTOS JURÍDICOS-INSTITUCIONAIS DOS RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL

1. O Código de Águas

Desde de 1934, tem sido regido pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, com alterações feitas pelo Ministério da Agricultura. Mas com a promulgação da Constituição de 1964 passou esta competência para geral do Dep. de Recursos Hídricos.

1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

1. ASPECTOS JURÍDICOS

Procurou-se, neste item, discutir os principais aspectos jurídicos dos recursos hídricos (irrigação) e meio ambiente, inseridos na Constituição Federal de 1988 da Constituição Estadual do Ceará de 1989, Lei Federal 9433/97 e Lei Decreto 23067/94, destacando: O Código das Águas, a Lei de Irrigação, Legislação básica do Estado do Ceará.

1.1. Principais Aspectos Jurídicos

1.1.1. O Código das Águas

O uso das águas, no Brasil, desde de 1934, tem sido regido pelo Código de Águas, editado através do decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934, cuja execução geral competia, anteriormente, ao Ministério da Agricultura. Mas com a criação do Ministério das Minas e Energia, passou este a competência para gestão das águas de domínio da União, através do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica -DNAEE.

A partir do Decreto Lei Nº 200/67 e principalmente, da lei de irrigação, o DNAEE perdeu a plenitude da gestão das águas de domínio da União, uma vez que, segundo o art. 19 da referida Lei, a utilização das águas públicas, superficiais ou subterrâneas, para fins de irrigação, passa a ser supervisionada e fiscalizada pelo Ministério da Irrigação.

A Lei de Direito de Água do Brasil é o Código de Águas, de 10 de julho de 1934 que, apesar de seus mais de 65 anos, ainda é considerada pela Doutrina Jurídica como um dos textos modelares do Direito Positivo Brasileiro.

A Constituição Federal em vigência modificou, em vários aspectos, o texto do Código de Águas. Uma das alterações feitas foi a extinção do domínio privado da água, previsto em alguns casos naquele antigo diploma legal. Todos os corpos d'água, a partir de outubro de 1988, passaram a ser de domínio público.

Uma outra modificação que a Constituição introduziu, e que é digna de referência, foi o estabelecimento de apenas dois domínios para os corpos d'água no Brasil: (i) o domínio da União, para os rios ou lagos que banhem mais de uma unidade federada, ou que sirvam de fronteira entre essas unidades, ou entre o território do Brasil e o de país vizinho ou deste provenham ou para o mesmo se estendam; e (ii) o domínio dos estados, para as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, as decorrentes de obras da União.

A Lei nº 9.433/97 criou o Conselho nacional de Recursos Hídricos, cuja presidência é ocupada pelo titular da Pasta do Meio Ambiente – MMA, e cuja Secretaria Executiva é a Secretaria de Recursos Hídricos, órgão da Administração Centralizada integrante da estrutura do MMA.

Como fato relevante e novo contexto do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, surge a promulgação da Lei nº 9.984 de 17/07/2000, criou a Agência Nacional de Águas – ANA. À ANA, cabe a implementação da política nacional de Recursos Hídricos, esta última integrante do Núcleo Estratégico do Ministério do Meio Ambiente.

1.1.2. Abordagem segundo a Lei de Irrigação

A Lei de Irrigação trata dos conceitos de concessão, autorização e permissão de maneira distinta do Código de Águas. Nessa Lei, a figura permissão, por portaria do DNAEE, não existe.

Por sua vez, o Decreto Nº 89.496, em seu art. 22, classifica as águas superficiais destinadas à irrigação em permanentes e eventuais. São consideradas permanentes as águas públicas que correspondem à vazão mínima do rio em todas as estações do ano, enquanto que eventuais são as águas excedentes dessa vazão mínima.

Nadir Ganem em "A irrigação e a lei" afirma: "A concessão e contrato bilate e Comunitário, gera obrigações recíprocas entre o poder público e o concessionário, que ambas as partes não podem descumprir impunemente, salvo motivo de força maior. Mesmo no caso de encapação, o poder público se obriga a indenizar o concessionário. Este, além de pagar uma remuneração pelo uso das águas públicas, tem deveres amplamente estabelecidos em diversos artigos da lei de Irrigação e do Regulamento. Face ao exposto, o poder público não pode, por outro lado, outorgar concessão de uso das águas públicas, sem a certeza de poder cumprir o contrato. As concessões devem ser outorgadas com base na vazão mínima do rio, disponível o ano inteiro".

1.1.3. Legislação Básica do Estado do Ceará

DECRETO Nº 23.067, DE 11 DE FEVEREIRO DE 1994

Regulamenta o art. 4º da Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992, na parte referente à outorga do direito de uso dos recursos hídricos, cria o Sistema de Outorga para Uso da Água e dá outras providências

Art. 3º O procedimento da outorga atenderá aos seguintes princípios gerais:

- I – a água constitui direito de todos para as primeiras necessidades da vida;
- II – o uso da água tem função social preeminente, com prioridade para o abastecimento humano;
- III – é dever de toda a pessoa física ou jurídica zelar pela preservação dos recursos hídricos nos seus aspectos de qualidade e de quantidade;

IV – será dada prioridade para o aproveitamento social e econômico da água, inclusive como instrumento de combate à disparidade regional e à pobreza nas regiões sujeitas a secas periódicas;

V – o uso da água será compatibilizado com as políticas de desenvolvimento urbano e agrícola e com o plano nacional de reforma agrária.

Art. 4º. De igual modo, a concessão, fiscalização e controle da outorga serão informados por princípios programáticos estabelecidos pela Secretaria dos Recursos Hídricos, neles incluídos preponderantemente os objetivos, princípios, diretrizes e Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH, estabelecidos na Lei nº 11,996, de 24 de julho de 1992, arts. 1º - 3º e 13.



2. ASPECTOS INSTITUCIONAIS

Considera-se, a seguir, a avaliação das principais instituições de preservação ambiental (hídricas), ações desenvolvidas e modelos existentes a nível federal e estadual.

2.1. Ações desenvolvidas

A preocupação com a proteção do meio ambiente, no Brasil, teve início, praticamente, na década de setenta, passando a ocorrer com maior intensidade nos últimos anos.

A partir da criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), começou-se a delinear uma política nacional de meio ambiente no país. Observa-se uma grande evolução na consciência ecológica da população, que, a cada dia exige uma ação pronta e efetiva dos órgãos públicos no sentido de proteger o meio ambiente.

No Ceará, também na década de setenta, a Superintendência do Desenvolvimento do Estado do Ceará - SUDEC, passou a contar com o Departamento de Recursos Naturais, com atuação na área de proteção e preservação do meio ambiente. No entanto, por deficiências estruturais e de recursos materiais, esse órgão não pode desenvolver um programa à altura dos problemas ambientais.

2.1.1. Ações a Nível Federal

A Política Nacional do Meio Ambiente foi instituída pela Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981, tendo sido regulamentada pelo Decreto n° 97.632 de 10 de abril de 1989, e alterada, em sua redação, pelas Leis n° 7,804, de 18 de julho de 1989 e

8.028, de 12 de abril de 1990. Por estes instrumentos legais, também foi instituído o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

O SISNAMA é constituído por um órgão superior, na forma de um Conselho de Governo, com "função de assessorar o Presidente da República na formulação da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e os recursos ambientais" (Art. 6º, inciso I).

No que concerne ao órgão consultivo e deliberativo, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com funções de "assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais, e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com os propósitos do SISNAMA" (Art. 6º, inciso II).

A Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República, que era o Órgão Central, foi transformada, posteriormente, no Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal.

O Órgão Executor da política é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis (IBAMA), que tem como finalidade "executar e fazer executar, como órgão federal, a política e as diretrizes governamentais fixadas para meio ambiente" (Art. 6º, inciso IV). Nesse sentido, a ação do IBAMA pode ser suplementada pela atuação de Órgãos Seccionais, no âmbito dos Estados, e de Órgãos Locais, no âmbito dos municípios.

Os principais instrumentos da política nacional do Meio Ambiente são:

- O estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- O zoneamento ambiental;
- A avaliação de impactos ambientais;
- O licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

O enquadramento dos corpos de águas em classe, segundo os usos preponderantes da água, é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituídos pela lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Os objetivos deste instrumento são: assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais

exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Este mecanismo permite fazer a ligação entre a gestão da qualidade e a gestão de quantidade da água. Em outras palavras, fortalece a relação entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão do meio ambiente.

2.1.2. Ações a Nível Estadual

A partir de 1978, através do Decreto No 12.695, de 21 de fevereiro, foi criada a Divisão de Proteção Ambiental, subordinada ao DRN, através da qual o órgão passou a atuar, em todo o Estado, na proteção e preservação dos recursos naturais e meio ambiente.

A falta de uma estrutura mais flexível e as características de recursos materiais e humanos, não permitiram que a SUDEC realizasse um trabalho mais efetivo de controle de poluição ambiental, em especial de preservação os recursos hídricos.

Complementando, a Constituição Estadual, promulgada em 05 de outubro de 1989, dedicou todo um capítulo ao Meio Ambiente, dispondo sobre o controle da poluição e a preservação dos recursos hídricos.

2.2. Modelos Institucionais Existentes

2.2.1. Na Área Federal

No contexto federal, as iniciativas só acontecem depois de os estados terem avançado substancialmente no processo de gestão. A Política Nacional de Recursos Hídricos foi oficialmente instituída com a Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. A Lei tem fundamentos semelhantes aos do modelo francês: como a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão, o uso múltiplo da água, o valor

econômico e ainda a gestão com participação do poder público, dos usuários e da comunidade.

Cabe observar que a Lei 9.433 define o Plano de Recursos Hídricos como um dos instrumentos de gestão e estabelece que os planos devem ser elaborados por bacia hidrográfica, por estado e para o País. O conteúdo mínimo dos planos é especificado no art. 7º e consta de diagnóstico, análise de alternativas, balanço, oferta demanda, metas de racionalização, medidas e programas para atendimento às metas, estabelecimento de prioridades para a cobrança e propostas de criação de áreas de proteção.

2.3.2. Na Área Estadual

No lado governamental, a busca de um novo modelo de gerenciamento inicia-se nos estados de São Paulo, Ceará e Bahia. Os estados do Ceará e São Paulo começaram desenvolvendo planos estaduais nos quais reformaram ao aparato institucional na parte de competência das águas. A Bahia mantém a estrutura institucional e começa pela elaboração dos planos de bacia. O modelo baiano não criou os comitês de bacias, em função de experiências anteriores não bem-sucedidas.

Em 1993, foi criada a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), com o objetivo de planejar e gerenciar ou administrar os recursos hídricos do Estado do Ceará.

