

## DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO PRATICADA NO PERÍMETRO IRRIGADO BAIXO ACARAÚ, CEARÁ, VIA ANÁLISE MULTIVARIADA

**Fernando Bezerra Lopes<sup>1</sup>, Francisco de Souza<sup>1</sup>, Eunice Maia de Andrade<sup>1</sup>, Ana Célia Maia Meireles<sup>1</sup> e Rafaela Ferreira Caitano<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza-CE, Brasil, lopesfb@yahoo.com.br

### 1 RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o padrão da irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú no Estado do Ceará, através da aplicação de questionários e da avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação bem como fazer uma análise integrada da similaridade dos irrigantes através da análise de agrupamento. A análise de campo foi realizada em duas etapas: a primeira em setembro de 2006, com a aplicação de questionário a 18 irrigantes; e a segunda em julho de 2007, quando foram efetuadas as avaliações dos sistemas de irrigação localizada dos produtores que haviam participado da pesquisa. Foram determinados os seguintes coeficientes: Uniformidade de Christiansen - CUC, Uniformidade de Distribuição - CUD e Eficiência de aplicação - Ea. Aplicou-se estatística multivariada, análise de agrupamento, para determinar a similaridades entre os irrigantes do Perímetro. Cinco grupos homogêneos foram identificados, sendo estes influenciados pela experiência com irrigação, escolaridade, assistência técnica, e manejo das parcelas irrigadas. O grupo 1 é formado por irrigantes que já tinham experiência com irrigação, bem como conhecimentos técnicos da atividade. O grupo 2 é formado pelos produtores sem experiência com a irrigação e sem conhecimentos técnicos da prática da irrigação. Os grupos 3, 4 e 5 são formados pelos irrigantes que não tinham experiência com a técnica, sem conhecimentos técnicos da prática da irrigação e baixa escolaridade. Ainda para os grupos 4 e 5 os sistemas de irrigação apresentavam baixo desempenho. O manejo da irrigação adotado no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, é inadequado e os sistemas de irrigação em operação funcionam com baixo desempenho da uniformidade de distribuição da água e baixa eficiência de aplicação da água.

**Palavras-chave:** irrigação localizada, irrigantes, análise de agrupamento, extensão agrícola

### DETERMINATION OF THE PATTERN OF IRRIGATION MANAGEMENT PRACTICES IN THE IRRIGATED PERIMETER OF BAIXO ACARAU, CEARA, BY MULTIVARIATE ANALYSIS

### 2 ABSTRACT

The aim of the work was to evaluate the irrigation standard of the Baixo Acaraú Irrigated District, Ceará State, Brazil through the application of questionnaires and the evaluation of the efficiency of the irrigation systems and to make an integrated analysis of the similarities between the irrigators through cluster analysis. The field analysis was done in two stages: the first one in September 2006, with the application of the questionnaire to 18 irrigators; and the

second in July 2007, when the evaluations of the irrigation systems of the producers participating in the research were carried out. Five homogeneous groups were identified, being these influenced by the lack of experience with irrigation, low educational level, lack of technical assistance and inadequate management of the irrigated parcels. Group 1 is composed of irrigators that already had experience with irrigation as well as technical knowledge of the activity. Group 2 is composed by irrigators that had no experience with irrigation neither technical knowledge of the activity. Groups 3, 4 and 5 are composed by irrigators that had no experience with technique, no technical knowledge of irrigation practices and low educational levels. Even for groups 4 and 5, the irrigation systems have had low performances. The management of the irrigation in the Irrigated Perimeter of Baixo Acaraú is inadequate. The irrigation systems work with low performance in the uniformity of water distribution and low efficiency in the water application.

**KEY WORDS:** trickle irrigation, irrigators, cluster analysis, agricultural extension

### 3 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é uma atividade imprescindível nos dias atuais, onde são observados crescimentos contínuos da demanda por alimentos, devido ao crescimento populacional e à busca incessante por uma melhor qualidade de vida. Esta atividade vem despontando no Nordeste brasileiro como uma expressiva atividade de mercado, acarretando produções e rendimentos mais elevados ao setor; destacando-se a fruticultura, que tem assumido lugar de destaque em tal cenário.

Para um melhor desenvolvimento das atividades humanas ligadas ao uso racional da água é importante o desenvolvimento de sistemas de irrigação cada vez mais eficientes, evitando-se o desperdício deste precioso recurso, a água. De todos os métodos de irrigação utilizados, a irrigação localizada vem apresentando um crescimento contínuo. Isso devido aplicar água diretamente no sistema radicular da planta, promovendo, assim, uma economia no uso de água e energia (Keller & Karmeli, 1975; Barreto Filho et al., 2000). Para que se obtenha sucesso com a técnica da irrigação é necessário que um bom manejo seja efetuado. Vários são os parâmetros que auxiliam na realização de uma irrigação eficiente. A uniformidade de distribuição é um parâmetro importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de projeto como no acompanhamento do desempenho após a implantação (Favetta & Botrel, 2001).

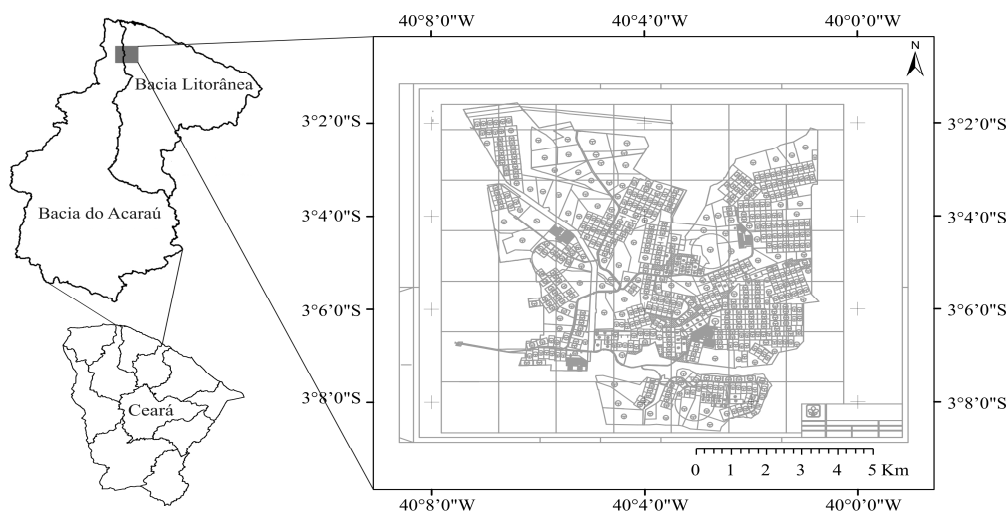
Diversos pesquisadores têm buscado identificar as interferências que ocorrem e prejudicam a aplicação eficiente de água no intuito de maximizar a eficiência dos sistemas de irrigação (Nascimento et al., 1999; Keller & Bliessner, 1990; Souza et al., 2005; Medeiros, 2003; Silva & Silva, 2003; Favetta & Botrel, 2001; Peixoto et al., 2005; Carvalho et al., 2006). Essas interferências vão desde a condição de nível educacional dos irrigantes, qualidade da água de irrigação, até as técnicas de manejo no campo.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o padrão da irrigação adotado no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú no Estado do Ceará, através da aplicação de questionários e da avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação e fazer uma análise integrada da similaridade dos irrigantes através da análise de agrupamento.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área em estudo

A área de estudo foi o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú com uma área total de 12.407 ha, sendo que a área implantada em funcionamento é de 2.088 ha. O Perímetro está localizado na região Norte do Estado do Ceará, (Figura 1). O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é Aw', tropical chuvoso. Em geral, os solos são profundos, bem drenados, de textura média ou média/leve e muito permeáveis.



**Figura 1.** Localização da área de estudo – Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará

O suprimento hídrico ocorre através de uma vazão contínua de aproximadamente  $1,15 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  para pequeno produtor e técnico e de  $1,3 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  para o irrigante tipo empresário, liberada pela Barragem Santa Rosa. O método de irrigação adotado é o localizada: microaspersão e gotejamento. A Tabela 1 apresenta as características da água usada na irrigação.

**Tabela 1.** Valores médios da análise das águas no período de estudo, com respectiva classificação (Lobato et al., 2008)

Fonte Hídrica	pH	CE	RAS <sub>0</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>0</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Class e
	-	dS m <sup>-1</sup>	-	-----			mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	-----			
Barragem Santa Rosa	7,3			1,5	0,1	1,3		1,4			C <sub>1</sub> S <sub>2</sub>
		0,29	1,54	1	7	0	0,62	1	1,46	0,14	

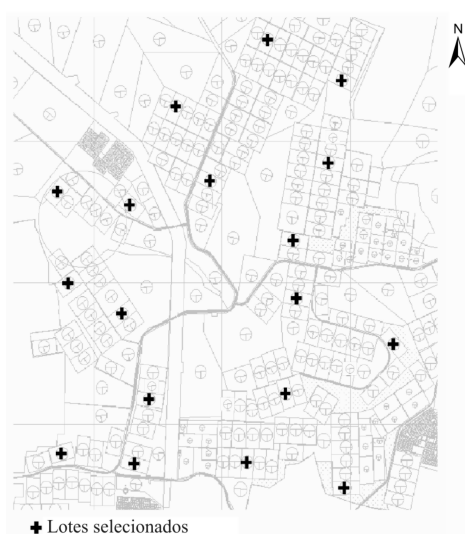
RAS<sup>0</sup> (RAS corrigida) e Ca<sup>0</sup> (Cálcio corrigido) de acordo com University of Califórnia Committee of Consultants – UCCC (1974).

Para o cálculo amostral, utilizou-se a técnica probabilística, em que todos os elementos da população têm igual probabilidade, diferente de zero, de serem selecionados para compor a amostra. Considerando-se um erro amostral (d) de 20% com um desvio-padrão (Z) de 1,645 em um universo de 189 irrigantes (N) e com os percentuais dos elementos da amostra favoráveis (p) e desfavoráveis (q) de 50% para cada um, determinou-se o tamanho da amostra (n) pela equação apresentada por Fonseca & Martins (1996):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{d^2(N-1) + Z^2 pq} \quad (1)$$

Assim, para um universo de 189, a amostra calculada foi de 16 irrigantes, mas para se ter uma margem de segurança a mesma foi composta por 18 irrigantes.

A distribuição dos lotes selecionados para a aplicação dos questionários e para a realização das avaliações dos sistemas está identificada na Figura 2. A análise de campo foi realizada em dois períodos: setembro de 2006, com a aplicação dos questionários aos irrigantes, e julho de 2007, quando foram realizadas as avaliações dos sistemas de irrigação dos produtores em que haviam sido aplicados os questionários. Todos os lotes avaliados foram de pequeno produtor.



**Figura 2.** Lotes selecionados no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, para aplicação dos questionários e avaliações dos sistemas de irrigação

O questionário aplicado aos irrigantes seguia o padrão *cross-section*, com perguntas objetivas e fechadas, obtendo respostas diretas, de forma a padronizar os dados. As perguntas abordavam aspectos sócio-econômicos (nível de instrução, destino do lixo domiciliar, destino do esgoto sanitário) e os agrônômicos (uso e ocupação do solo, aplicação de técnicas de manejo e conservação do solo, manejo da irrigação, assistência técnica e uso de insumos agrícolas).

## 1.2 Avaliação dos sistemas de irrigação

Para se obter um melhor conhecimento da sustentabilidade do perímetro, foram efetuadas as avaliações dos sistemas de irrigação seguindo a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), a qual recomenda a obtenção das vazões em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, do primeiro emissor, dos emissores situados a 1/3 e 2/3 do comprimento e do último emissor. As linhas laterais são selecionadas da mesma forma: primeira, 1/3, 2/3 e última. Com esses valores foram determinados os seguintes coeficientes:

Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

$$CUC = \frac{100 \times \left( 1 - \sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}| \right)}{n \bar{q}} \quad (2)$$

onde: CUC – é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %;  $q_i$  - é a medida da vazão em cada emissor, em  $L.h^{-1}$ ;  $\bar{q}$  - é a media das vazões de todos os emissores, em  $L.h^{-1}$ ; e  $n$  - é o números de emissores.

Utilizou-se o critério da ASAE (1978), para interpretação dos valores de CUC, para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90% excelente, entre 80 e 90% bom, entre 70 e 80% razoável, entre 60 a 70% ruim e menor que 60% inaceitável.

Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

$$CUD = \left( \frac{qn}{\bar{q}} \right) \times 100 \quad (3)$$

onde: CUD – é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em %;  $qn$  - média dos valores das 25% menores vazões, em  $L h^{-1}$ ;

Merriam & Keller (1978), apresentaram o seguinte critério para interpretação dos valores de CUD, para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90% excelente, entre 80 e 90% bom, 70 e 80% regular e menor que 70% ruim.

A eficiência de aplicação ( $E_a$ ) dos sistemas de irrigação foi estimada pela equação de Merriam & Keller (1978).

$$E_a = K_s \times CUD \quad (4)$$

onde:  $E_a$  – é a eficiência de aplicação, em %;  $K_s$  - coeficiente de transmissividade.

Para este trabalho utilizou-se o valor de  $K_s$  de 90%, em virtude do clima semiárido, textura arenosa e profundidade das raízes das culturas menores que 75 cm (Keller & Karmeli, 1974). De acordo com Keller & Bliesner (1990) uma  $E_a$  ideal seria acima de 90%, aceitável entre 80 e 90% e menor que 80% inaceitável.

### 1.3 Análise de agrupamento

As avaliações dos sistemas de irrigação e as perguntas dos questionários aplicadas aos produtores relacionadas ao manejo da irrigação foram agrupadas com base no seu grau de semelhança, com o objetivo de classificá-las em grupos similares. Para a identificação dos grupos semelhantes, utilizou-se a análise de agrupamento (*cluster analysis*) através do processamento no software SPSS 16.0.

Os erros devido às escalas e as unidades das variáveis selecionadas foram evitados fazendo-se a normalização dos dados ( $x = 0, \sigma = 1$ ), pela seguinte relação:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i} \quad (5)$$

onde:  $X_{ij}$  - representa o valor da  $j$ -ésima observação da  $i$ -ésima variável,  $\bar{X}_i$  - é a média da variável  $X_{ij}$ ,  $S_i$  - representa o desvio padrão da variável  $X_{ij}$ , e  $Y_{ij}$  é a representação da  $j$ -ésima observação da  $i$ -ésima variável transformada.

O algoritmo utilizado na definição dos agregados foi o método Ward. Como as variáveis classificatórias escolhidas são variáveis reais e, portanto, são mensuradas em uma escala de intervalo, convencionou-se adotar uma medida de distância com propriedades métricas, tendo a escolha recaído no quadrado da distância Euclidiana, por ser essa a mais utilizada, Equação 6 (Everitt, 1993).

$$de = \left[ \sum_{j=1}^n (P_{p,j} - P_{k,j})^2 \right]^{0,5} \quad (6)$$

onde:  $de$  é a distância euclidiana; e  $P_{p,j}$  e  $P_{k,j}$  são as variáveis quantitativas  $j$  dos irrigantes  $p$  e  $k$ , respectivamente.

O dendrograma gerado pela análise fundamentou-se nas variáveis apresentadas na Tabela 2. Na definição de um número ótimo de agrupamentos, empregou-se “o coeficiente de aglomeração” (CA), calculado pela Equação 7, partindo-se do princípio que aumentos repentinos no valor do coeficiente de aglomeração representam fusão de elementos diferentes, no dendrograma aparecem como maiores distâncias (Dillon & Goldstein, 1984).

$$CA = \sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \frac{1}{n_j} \left( \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} \right)^2 \right) \quad (7)$$

onde: CA: é o coeficiente de aglomeração;  $X_{ij}$ : é o valor da amostra  $i$  individual em cada grupo  $j$ ;  $k$ : total de amostras em cada estágio;  $n_j$ : é o número de amostras do grupo.

**Tabela 2.** Variáveis usadas na análise de agrupamento

Variáveis estudadas	Unidade
Grau de instrução	-
Destino do lixo domiciliar	-
Ações com a vegetação mediante o desmatamento	-
Utilização de proteção na aplicação dos agroquímicos	-
Desvio padrão	L h <sup>-1</sup>
Coefficiente de variação	%
Coefficiente de Uniformidade de Christiansen	%
Coefficiente de Uniformidade de Distribuição	%
Eficiência de aplicação	%
Experiência com irrigação	-
Forma de determinação da hora de irrigar	-
Medida do volume de água aplicado	-

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Perfil do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará

Pode-se observar que 38,89% dos irrigantes são analfabetos, 22,22% possuem baixa escolaridade, 1º grau incompleto, ou seja, 61,11% dos irrigantes apresentam baixa ou nenhuma escolaridade (Tabela 3). Esta baixa escolaridade justifica a pouca eficácia de políticas públicas voltadas para a promoção do desenvolvimento, uma vez que o baixo nível educacional é um fator limitante de alcance às informações, comunicação, capital humano e social, adoção de tecnologias e desenvolvimento (Lacerda & Oliveira, 2007; Lopes et al. 2009a).

Identificou-se que 55,56% do lixo domiciliar é coletado, 22,22% é queimado e 22,22% é jogado a céu aberto. A coleta de lixo na área rural ainda é insuficiente. Resultados semelhantes foram observados por Lacerda & Oliveira (2007) estudando a agricultura irrigada e a qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará, Brasil.

**Tabela 3.** Frequências relativas e absolutas das perguntas aplicadas aos produtores do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará

Item	Variáveis	Respostas	Quantidade	(%)
1	Grau de instrução	Analfabeto	7	38,89
		1º grau incompleto	4	22,22
		1º grau completo	3	16,67
		2º grau completo	2	11,11
		Superior completo	2	11,11
2	Destino do lixo domiciliar	Queimado	4	22,22
		Coletado	10	55,56
		Céu aberto	4	22,22
3	Ações com a vegetação mediante o desmatamento	Queima em toda área	4	22,22
		Faz coivaras e queima	11	61,11
		Faz coivaras e deixa em decomposição	1	5,55
		Outros	2	11,11
4	Experiência com irrigação	Com experiência de irrigação	4	22,22
		Sem experiência de irrigação	14	77,78
5	Medida do volume de água aplicado	Sim	15	83,33
		Não	3	16,67
6	Forma de determinação da hora de irrigar	Sensor	0	0,00
		Tensiômetro	2	11,11
		No olho	16	88,89
		Outros	0	0,00
7	Utilização de proteção na aplicação dos agroquímicos	E.P.I*	11	61,11
		Usa parcial	3	16,67
		Não usa	4	22,22
8	Opinião sobre o Perímetro	Boa	9	50,00
		Regular	7	38,89
		Ruim	2	11,11

\* Equipamento de proteção individual

Também foi observado que os produtores, em sua maioria, buscam, mesmo que de forma inconsciente, manter algum controle das queimadas. Constatou-se que 61,11% dos produtores entrevistados fazem uso do encoivramento para realização da queima.

Verificou-se que 77,78% dos irrigantes não possuíam experiências com a agricultura irrigada antes de chegarem ao perímetro. No entanto, 83,33% dos produtores afirmaram medir a quantidade de água aplicada na irrigação, o que é uma boa prática de saber quanto irrigar.

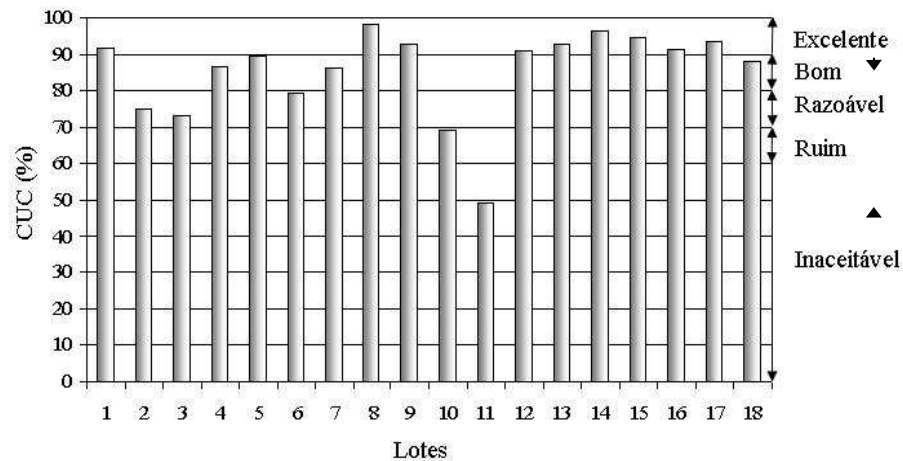
Observa-se, também, que 88,89% dos irrigantes (Tabela 3), não empregam nenhum tipo de equipamento para determinar o conteúdo de água no solo, indicando a falta de um bom manejo da irrigação. Dentre os métodos e equipamentos existentes para determinar o conteúdo de água no solo, o tensiômetro é o único que é usado e por apenas 11,11% dos irrigantes. Em estimativa das necessidades hídricas do coqueiro-anão (*Cocos nucifera.*) no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Lopes et al. (2007) verificaram que, o produtor, por não usar nenhum método de determinação da umidade do solo, usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico e afete a produção. Miranda & Gomes (2006) afirmam que, independente do sistema de irrigação utilizado, para alcançar uma eficiência de aplicação satisfatória é necessário determinar, da forma mais exata possível, o momento adequado para irrigar (quando) e a quantidade de água necessária (quanto), para maximizar a produtividade da cultura.

Verifica-se pela Tabela 3, que 61,11% dos produtores usam equipamentos de proteção individual – EPI, completo durante o manuseio dos agroquímicos e 22,22% não usam nem um tipo de proteção. Como justificativas para a não utilização de equipamento de proteção individual, os agricultores alegam o desconforto dos equipamentos, o custo e a dificuldade no manuseio. Os outros 16,67% usam apenas parcialmente os equipamentos de proteção individual. Resultados semelhantes foram observados por Lacerda & Oliveira (2007). Uma informação importante a ser adicionada é o fato de que 50% dos entrevistados consideraram a situação atual do perímetro boa e 38,89% regular, o que mostrou ainda certo grau de aceitação por parte dos irrigantes das atuais condições do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

## 5.2 Avaliação dos sistemas de irrigação

Na Figura 3, são apresentados os resultados das avaliações dos sistemas de irrigação, para o parâmetro Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para os 18 lotes avaliados. O CUC variou de 49,20 a 98,18% para os lotes 11 e 8, respectivamente. Segundo a classificação da ASAE (1978) os lotes 1, 8, 9, e 12 a 17 são considerados como excelentes, correspondendo a 50% dos lotes avaliados. Peixoto et al., (2005) encontraram resultados semelhantes, onde os lotes avaliados foram classificados com excelentes. Já os lotes: 10 e 11 apresentaram o CUC classificado como ruim e inaceitável, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Barreto Filho et al. (2000); Carvalho et al. (2006).

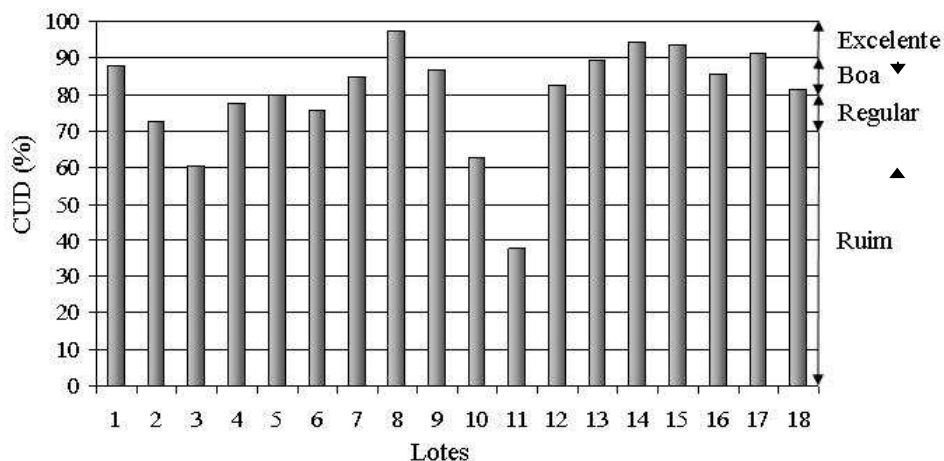




**Figura 3.** Resultados das avaliações dos sistemas de irrigação para o parâmetro Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), segundo a classificação da ASAE (1978)

No Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, 28% dos lotes avaliados estão funcionando de forma inadequada com relação ao Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC.

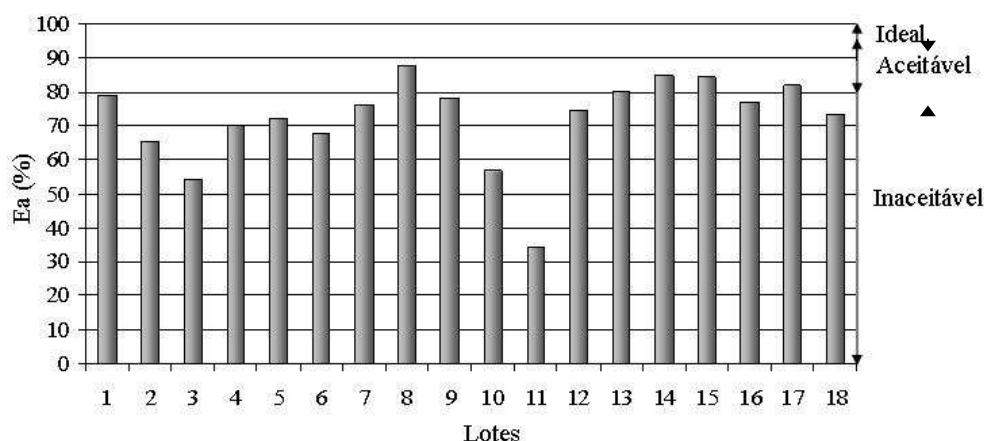
Já com relação ao CUD (Figura 4), os sistemas de irrigação apresentaram coeficientes variando de 37,83%, classificado como ruim, até 97,30%, classificado como excelente, para os lotes 11 e 8, respectivamente. Segundo a classificação de Keller & Karmeli (1974) os lotes 8, 14, 15 e 17, Figura 4, são considerados como excelente do ponto de vista da uniformidade de distribuição espacial da água, correspondendo a 22,22% dos lotes avaliados. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2005), avaliando sistemas localizados, onde 38,7% apresentaram valores de CUD acima de 90%; outros 38,88% apresentaram uniformidade de distribuição boa; 22,22% com CUD regular; e 16,68% são classificados como ruim.



**Figura 4.** Resultados das avaliações dos sistemas de irrigação para o parâmetro Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), segundo a Classificação de Keller & Karmeli (1974)

Do ponto de vista da eficiência de aplicação ( $E_a$ ), os lotes avaliados delineiam um perfil preocupante (Figura 5). Verifica-se que os valores de  $E_a$  variaram de 34,05 e 88,03%, para os lotes 11 e 8, respectivamente, expressando que nenhum lote se enquadrava na condição de  $E_a$  ideal. Apenas para os lotes 8, 13, 14, 15 e 17 a eficiência de aplicação apresentou

valores aceitáveis, de acordo com Keller & Bliesner (1990), correspondendo a 28% dos lotes. Os outros 72% dos lotes estão com uma eficiência de aplicação inaceitável, abaixo do valor recomendado que é de pelo menos 80%. Resultados semelhantes foram encontrados por Reis et al. (2005), avaliando a uniformidade e da eficiência de aplicação de água nos projetos de irrigação por gotejamento, no terço inferior da bacia do Rio Itapemirim (ES), onde 90% dos sistemas avaliados apresentaram baixa eficiência de aplicação.



**Figura 5.** Resultados das avaliações dos sistemas de irrigação para o parâmetro eficiência de aplicação (Ea), segundo a classificação do Keller & Bliesner (1990)

Esses valores baixos da uniformidade de distribuição da água e da baixa eficiência de aplicação da água, observados no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, ocorrem em virtude de várias causas: problemas de vazamentos nas linhas laterais; obstrução nos emissores; forma como esses emissores são desobstruídos (alteram o orifício dos emissores); utilização de diferentes modelos de emissores na mesma parcela; problemas de dimensionamento hidráulico; falta de manutenção nos sistemas; assistência técnica descontínua; e sem conhecimentos técnicos em irrigação (os técnicos são especialistas em determinadas culturas). Todos estes fatores resultam no baixo nível na agricultura irrigada. Lopes et al., (2009b), estudando os indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, observaram que os principais indicadores eram o baixo nível de escolaridade e a falta de adoção das técnicas corretas de produção agrícola.

Estes resultados indicam a necessidade da capacitação dos irrigantes, uma vez que, como a pesquisa indicou, 77,78% dos irrigantes não tinham experiência com a agricultura irrigada e verificou deficiências como o uso de indicadores do momento correto para irrigar.

Deve-se ressaltar ainda que a estrutura física do Perímetro é moderna, e a implantação do mesmo é recente (a partir de 2001). Destaca-se que todos os sistemas do Perímetro são de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), que são sistemas modernos. Teoricamente deveriam ter uma alta eficiência no uso da água. Porém, como fica constatado neste trabalho, o manejo da irrigação é inadequado.

Analisando-se a matriz de correlação das variáveis investigadas (Tabela 4), identifica-se alta correlação existente entre as variáveis CUC, CUD e Ea. Essa alta correlação ocorre em virtude do parâmetro de entrada para determinar os coeficientes é a vazão dos emissores. De acordo com Wu & Gitlin (1983) afirmam que a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação localizado depende, principalmente, da variação da vazão ao longo da linha lateral a qual é afetada principalmente pelo dimensionamento hidráulico do sistema, pelo coeficiente de variação de fabricação dos gotejadores, pela temperatura e entupimento

dos gotejadores. Resultados semelhantes foram observados por Favetta et al. (1993) estudando a correlação entre três métodos de estimativa da uniformidade de distribuição em irrigação localizada.

**Tabela 4.** Matriz de correlação das variáveis CUC, CUD e Ea

	CUC	CUD	Ea
CUC	1,000	0,978	0,978
CUD	0,978	1,000	1,000
Ea	0,978	1,000	1,000

Os coeficientes CUC e CUD é a distribuição da água na parcela irrigada, segundo López et al. (1992), é mais frequente o uso do coeficiente de uniformidade de distribuição, pois, possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água.

### 5.3 Análise de agrupamento

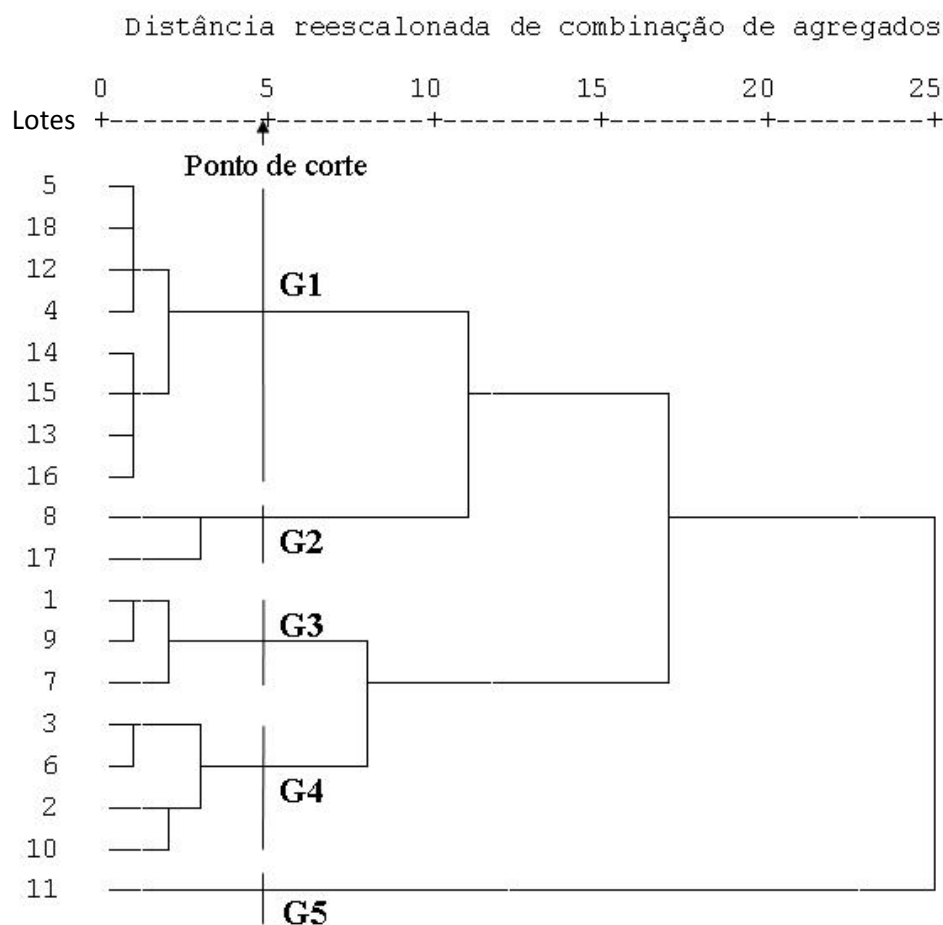
A semelhança dos produtores do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, foi avaliado pelo emprego da técnica de análise multivariada, análise de agrupamento. O número de grupos definido depende do maior ou menor grau de homogeneidade que se desejar impor ao grupo formado (Andrade et al., 2008).

Para definir o número de grupos, tomou-se como base a primeira grande variação entre os coeficientes de dois grupos consecutivos (13,91) (Tabela 5). Ainda pela Tabela 5, observam-se os coeficientes reescalados, onde o menor coeficiente corresponde a 1 e o maior a 25; fica explícito que o ponto ótimo de corte é na distância de valor logo acima de 4,95, após a formação dos 5 (cinco) grupos, pois a partir desta, há um maior distanciamento na medida de similaridade para a formação de posteriores agrupamentos.

**Tabela 5.** Variação do coeficiente de aglomeração para a análise hierárquica de agrupamentos

Nº de agrupamentos	Coefficientes	Diferença entre coeficientes	Distância reescalada
17	0,02	0,03	1,00
16	0,05	0,06	1,01
15	0,11	0,09	1,02
14	0,19	0,22	1,03
13	0,41	0,55	1,07
12	0,96	1,19	1,17
11	2,15	1,26	1,38
10	3,41	2,70	1,60
9	6,11	2,74	2,08
8	8,85	3,46	2,56
7	12,32	4,55	3,17
6	16,86	5,55	3,97
5	22,42	<b>13,91</b>	<b>4,95</b>
4	36,33	20,33	7,41
3	56,66	31,45	11,00
2	88,11	47,89	16,55
1	136,00		25,00

O dendrograma dos produtores do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, Figura 6, expressa a formação dos cinco grupos distintos. O grupo 1 – G1 é formado pelos produtores em que os sistemas de irrigação estão funcionando com um CUC variando de excelente a bom (Figura 3), CUD bom (Figura 4) e com Ea aceitável para os lotes 13, 14, 15 e os demais lotes estão funcionando com uma Ea, próxima dessa faixa (Figura 5). Esse grupo está em consonância com o observado em campo (Tabela 3), onde 22,22% dos irrigantes já tinham experiência com a técnica da irrigação, e outros 22,22% tinham conhecimentos da técnica da irrigação, esse grupo é de maior sustentabilidade no Perímetro. Já o grupo 2 – G2 é formado apenas pelos lotes 8 e 17, em que ambos apresentam bom desempenho dos sistemas de irrigação, apesar dos produtores não terem experiência com a irrigação, nem conhecimentos técnicos em irrigação (Tabela 6).



**Figura 6.** Dendrograma referente às variáveis analisadas no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará

O grupo 3 – G3 é formado pelos lotes 1, 7 e 9 o qual apresentaram um desempenho dos sistemas de irrigação para todos estes lotes classificado com bom (Tabela 6). Os fatores que influenciaram nesse grupo foram destino do lixo domiciliar, onde 22,22% dos produtores queimam o lixo, e uso de proteção na aplicação de produtos químicos, 16,67% usam o equipamento de proteção individual parcialmente (Tabela 3).

Em relação ao grupo 4 – G4 é formado por quatro lotes que são eles 2, 3, 6 e 10 que apresentam um CUC classificado como razoável para os lotes avaliados (Tabela 6). Os lotes que formam este grupo apresentam eficiência de aplicação da água abaixo de 70% (Figura 5).

No grupo 5 - G5 é formado apenas pelo lote 11, o qual apresentou o pior desempenho entre os sistemas de irrigação, com valores de 49,20%, 37,83% e 34,83%, respectivamente, para o CUC, CUD e Ea (Tabela 6).

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios para os cinco grupos formados pela análise de agrupamento (Figura 6) para as variáveis CUC, CUD e Ea.

**Tabela 6.** Média das variáveis CUC, CUD e Ea para os grupos dos lotes do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará

Grupos	Número de lotes	CUC	CUD	Ea	Classificação		
					CUC	CUD	Ea
1	8	91,24	85,52	76,97	Excelente	Bom	Inaceitável
2	2	95,88	94,19	84,77	Excelente	Excelente	Aceitável
3	3	90,28	86,43	77,79	Excelente	Bom	Inaceitável
4	4	74,13	67,92	61,13	Razoável	Ruim	Inaceitável
5	1	49,20	37,83	34,05	Inaceitável	Ruim	Inaceitável

Os grupos 1 e 3 apresentam CUC excelente, CUD bom e valores de Ea próximos aos valores aceitáveis que é de pelo menos 80% (Keller & Bliesner, 1990). Verifica-se que em termos médios o grupo 2 apresentou melhor desempenho dos sistemas de irrigação. Já para os grupos 4 e 5 observa-se que os lotes avaliados apresentaram os piores desempenho dos sistemas de irrigação, com valores ruim para CUC e baixos valores de Ea (Tabela 6).

Esses grupos (G3, G4 e G5) estão de acordo com o identificado em campo (Tabela 3), onde 77,78% dos produtores não tinham experiência com irrigação antes de se tornar irrigante, 88,89% não usa nenhuma tecnologia para o monitoramento da água no solo, pelo fato dos mesmos acreditarem que essas tecnologias têm um valor econômico elevado, requerendo conhecimentos técnicos especializados e que sua adoção não proporciona ganhos econômicos compensadores (Lopes et al., 2009b). A baixa escolaridade é um fator limitante de alcance às informações, comunicação, capital humano e social, adoção de tecnologias e desenvolvimento (Lacerda & Oliveira, 2007; Lopes et al. 2009a). Lopes et al., (2009b), observaram que os fatores que mais estavam influenciando no sucesso da parcela irrigada era o conhecimento da técnica da irrigação, experiência com irrigação.

## 6 CONCLUSÕES

O manejo da irrigação existente no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, é inadequado. Os irrigantes não determinam quando irrigar.

Os sistemas de irrigação dos irrigantes do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, funcionam com baixo desempenho da uniformidade de distribuição da água e baixa eficiência de aplicação da água.

Os produtores do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, tem a necessidade de cursos práticos, palestras e da ação da extensão rural, onde o agricultor aprenda as técnicas de produção agrícola praticando.

A análise de agrupamento se mostrou eficiente ferramenta para a distinção dos grupos dos irrigantes homogêneas na área estudada.

Os grupos em condição sustentável são de proprietários que tem conhecimento técnico e já tinham experiência com agricultura irrigada.

## 7 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; SOUZA, I. H.; LEÃO, R. A. O.; GUERREIRO, M. J. Land use effects in groundwater composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil) by multivariate techniques. **Environmental Research**, New York, v. 106, p. 170-177, 2008.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers**. Field evaluation of microirrigation systems: ASAE EP458. ASAE Standards 1997. ed.44. St. Joseph, p.908-914, 1997.
- BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO J.; MATOS, J. A.; GOMES, E. M. Desempenho de um Sistema de Irrigação por Microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.309-314. 2000.
- CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; PEREIRA, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, v.11, n.1, p.36-46. 2006.
- DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis methods and applications**. New York: John Wiley e Sons, 1984. 587p.
- EVERITT, B. S. **Cluster analysis**. 3rd ed. London: Heinemann Educational Books, 1993. 122p.
- FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de Sistemas de Irrigação Localizada: Validação de Equações. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.427-430. 2001.
- FAVETTA, G.M.; BOTREL, T.A.; FRIZZONE, J.A. Correlação entre três métodos de estimativa da uniformidade de distribuição em irrigação localizada. **Engenharia Rural**, v.4, p.117-134, 1993.
- FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996, 320p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.17, n.4. 1974.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p
- LACERDA, N. B.; OLIVEIRA, T. S. Agricultura irrigada e a qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 216 - 223, 2007.

- LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v.39, n.1, p. 167-172, 2008.
- LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M. AQUINO, D. N.; LOPES, J. F. B. Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, usando análise multivariada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 02, p. 185-193, 2009a.
- LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; LOBATO, F. A. O.; MENDONÇA, M. A. B. Indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, empregando a análise multivariada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 01, p. 17-26, 2009b.
- LOPES, F.B; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, D. N.; LOBATO, F. A. O.; LOPES J. F. B.; MENDONÇA, M. A. B. **Desempenho de sistemas de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira**. In: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação & Conferência sobre Recursos Hídricos do Semi-Árido Brasileiro, 1., 2007, Sobral – CE. **Anais...** 1 CD ROM.
- LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2 ed. Madrid: Centro Nacional de Tecnologia de Regadios, 1992. p.217-229.
- MEDEIROS, S.S. Avaliação do manejo de irrigação no perímetro irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 80 – 84, 2003.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**. Engineering Department, Utah State University. 1978.
- MIRANDA, F. R.; GOMES, A. R. M. **Manejo da irrigação do coqueiro-anão**. Circular técnica – EMBRAPA, Fortaleza – CE. 2006. 6p.
- NASCIMENTO, T.; SOARES, J. M.; AZEVEDO, C. A. V. de. Caracterização hidráulica do microaspersor RAIN-BIRD QN-14. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.30-33. 1999.
- PEIXOTO, J. F. S.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação Platô de Neopolis. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Vol.5, n.2, Campina Grande, 2005.
- REIS, E. F. dos; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia da Agricultura**, Viçosa-MG, v.13, n.2, 74-81, 2005.
- SILVA, R. A. da; SILVA, A. M. da. Avaliação das características hidráulicas do microdifusor autocompensante DAN JET 7200. **Revista Ciência e Agrotecnologia**., Lavras. V.27, n.4, p.873-878, 2003.

SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M.; SILVA, E. L. Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software “*bubbler*”. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.264-271, 2005.

SOUZA, L. C. O.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S. L. de. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.541–548, 2006.

UCCC – UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS.  
**Guidelines for interpretation of water quality for agriculture**. Davis: University of California, 1974. 13 p.