

# RENDIMENTO DO ALGODÃO HERBÁCEO EM FUNÇÃO DA FERTILIDADE NATURAL E ARTIFICIAL DOS SOLOS EM ALAGOAS

*J. Jackson L. Albuquerque (\*)*

*John H. Sanders (\*\*)*

## 1. INTRODUÇÃO :

A cultura do algodão herbáceo é bastante difundida no Estado de Alagoas, tendo grandes áreas plantadas na Região Sertaneja. O rendimento médio das lavouras do Estado, em 1971, atingiu apenas 198 kg/ha, situando-se abaixo da média brasileira, (455 kg/ha) segundo o FIBGE <sup>(2)</sup>.

Dentre os fatores que concorrem para esta pequena produtividade salienta-se a ausência do uso de corretivos e de adubos. Com efeito, o aumento da produtividade das culturas pode ser obtido através do uso de técnicas agrícolas como: sementes selecionadas, defensivos, combate à erosão, fertilizantes e corretivos.

Para os agricultores, a decisão mais importante que necessitam tomar referente ao uso de fertilizante é quanto à quantidade ótima que possibilite maximizar sua renda líquida, uma vez que a maioria das pesquisas tem dado ênfase a aspectos puramente agrônômicos e estatísticos.

Os retornos econômicos da adubação são funções de vários fatores, entre os quais climáticos, edafológicos e técnicos. Desta forma, é particularmente difícil estabelecer doses econômicas para diferentes condições de clima, solo, cultura e prática de manejo. Para conseguir estas doses necessita-se de uma função de produção que envolva outros fatores de produtividade, além da especificação dos níveis dos vários fertilizantes.

Várias pesquisas têm sido realizadas com diferentes culturas, para definir estas funções. No México, estudando uma função para

---

(\*) Departamento de Estatística e Matemática Aplicada da UFC.

(\*\*) Departamento de Economia Agrícola da UFC. — Convênio UFC/BNB/FUNDAÇÃO FORD.

milho, LAIRD et al <sup>(10)</sup> definiram a mesma como sendo do tipo quadrático, apresentando como variáveis independentes nitrogênio aplicado e no solo, umidade, textura e declive do solo, cultura prévia e pragas existentes, tendo estudado os efeitos linear, quadrático e as interações.

Estudos realizados com milho e trigo por de JANVRY <sup>(8)</sup>, na Argentina, mostraram que os retornos econômicos são bem calculados por meio de funções de produção que envolvam, além dos níveis de fertilizantes, variáveis de fertilidade que possibilitem mensurar as interações entre o fertilizante e a fertilidade do solo. De JANVRY em sua análise econométrica considerou também o problema do risco advindo de fatores climáticos.

Na região Nordeste, em virtude da pouca disponibilidade de dados experimentais de fertilidade, o Convênio FAO-ANDA-BNB-MA do Plano Trienal de Difusão de Fertilizantes, desde 1972, vem realizando uma série de ensaios de adubação mineral com as entidades de pesquisas e as associadas do sistema ABCAR, nos vários Estados, com a finalidade de estudar as respostas das várias culturas a este insumo.

Resultados estatísticos deste convênio apresentados por ALBUQUERQUE <sup>(1)</sup> mostraram que o fósforo é o nutriente mais carente na região, mormente para a cultura de algodão herbáceo. O autor calculou as doses econômicas através da equação de Mitscherlich, segundo PIMENTEL GOMES <sup>(12)</sup>, a qual não leva em consideração outro fator além da relação: preço do produto/preço do adubo. Análise conjunta dos ensaios não apresentou efeito significativo para o potássio, havendo no entanto efeito linear para nitrogênio e fósforo. Em virtude dos resultados obtidos, as recomendações de adubação devem ser principalmente para fósforo e nitrogênio. Com efeito, para o algodão herbáceo o fósforo apresenta alta influência no aumento da produtividade, pois, em São Paulo, estudos conduzidos por VERDADE et al <sup>(15)</sup> revelaram alta correlação entre o teor de fósforo no solo e o aumento da produção.

A absorção do fósforo pelas plantas, no entanto, é reduzida pela elevação dos teores de alumínio e da acidez do solo, como foi constatado por pesquisas de HOFFMANN <sup>(7)</sup>, GRANT et al <sup>(6)</sup> e LANCE e PEARSON <sup>(11)</sup>.

Outro fator que influencia negativamente na absorção do fósforo é o excesso de chuva antes do plantio, pois o aumento da umidade no solo produz um excesso de sais fosfatados de ferro, como observou CHANG e LIN <sup>(4)</sup>. Resultados semelhantes foram constatados por CHAKRAVARTI e KAR <sup>(3)</sup> e VYAS <sup>(16)</sup>, em diversos tipos de solos na Índia.

## 1.1. OBJETIVOS DOS ESTUDOS

O objetivo geral deste trabalho é o de ajustar a dados experimentais uma função de rendimento que possibilite estudar os efeitos isolados da fertilidade natural do solo (fósforo, potássio, alumínio e pH), e da fertilidade artificial (nitrogênio, fósforo e potássio aplicado) em regiões com diferença em pluviosidade por ocasião do plantio. Em virtude de não haver dados disponíveis sobre a matéria orgânica ou nitrogênio no solo, não foi possível estudar a interação destes com o nitrogênio aplicado.

Os objetivos específicos podem ser assim discriminados:

- a) estimar os rendimentos da produção devido aos nutrientes aplicados em diversos níveis de fertilidade original dos solos;
- b) determinação das quantidades dos nutrientes que maximize a receita líquida por hectare. Para tanto, utilizar-se-á a função de rendimento e os preços do produto e dos nutrientes utilizados. Serão elaborados tabelas para combinações ótimas dos nutrientes sob diferentes relações entre preço do nutriente e do produto (\*);
- c) determinação da taxa de retorno do capital aplicado com adubos sob várias relações de preço do nutriente e preço do produto e diferentes condições climáticas.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1. MATERIAL

Os dados de produção utilizados na pesquisa foram oriundos de 20 ensaios fatoriais 3x3x3 de adubação NPK, grupo W de Yates, em algodão herbáceo. Todos os ensaios foram realizados pela Secretaria de Agricultura de Alagoas, em 1972, como decorrência do Plano Trienal de Difusão de Fertilizantes. Os ensaios foram instalados nos municípios de Igaci, Arapiraca, Palmeira dos Índios e Santana do Ipanema, todos situados na Região Fisiográfica Sertaneja. Esta região apresentou 2 tipos de distribuição pluviométrica quanto ao mês de plantio. Assim, houve ensaios em zonas onde a pluviosidade por ocasião do plantio foi normal (48 mm), enquanto a outra apresentou alta precipitação (210 mm). A variedade utilizada em todos os ensaios foi a IAC — 31.

Os dados médios de fertilidade de solos dos vários ensaios constam no quadro seguinte.

---

\*: Não será levada em consideração a possível restrição de capital do agricultor, em virtude das facilidades criadas pela atual política creditícia no financiamento de insumos modernos.

VARIÁVEL	pH em H <sub>2</sub> O	p p m		m e %	
		P	K	Ca + Mg	Al
Desvio Padrão	0,28	0,95	2,77	0,29	0,076
Média	6,22	3,55	6,65	1,52	0,127

As doses dos nutrientes utilizadas (kg/ha) foram N (0-40-80); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0-60-120) e K<sub>2</sub>O (0-60-120), tendo como fonte de nitrogênio o sulfato de amônia; de fósforo, o superfosfato triplo e do potássio, o cloreto de potássio.

## 2.2. MÉTODOS

Para alcançar os objetivos deste trabalho utilizou-se uma função do tipo Ulveling-Fletcher <sup>(14)</sup>. Esta função é uma modificação da Cobb-Douglas, que permite estudar os efeitos independentes das variáveis, bem como suas interações. O modelo teórico foi expres-

so por:  $Y = A N_q^{b_1} P_q^{f_1(Po, Al, pH)} K_q^{f_1(Ko)} Al^{b_2} pH^{b_3} 10^{db_4}$

Onde:

Y = rendimento de algodão (kg/ha)

A, b<sub>i</sub> = coeficientes de regressão

N<sub>q</sub>, P<sub>q</sub> e K<sub>q</sub> = quantidades de nutriente aplicado (kg/ha)

Po e Ko = teores de fósforo e potássio no solo (p p m)

Al = teor de alumínio no solo (m e %)

p<sup>H</sup> = acidez do solo

f<sub>1</sub> = polinômio do primeiro grau

d = variável "dummy" entre as duas zonas. Assim d = 0 se a precipitação foi normal antes do plantio, e d = 1 se existe excesso de chuva. A variável "dummy" pode indicar outras diferenças entre as duas zonas, contudo, acredita-se que a diferença de pluviosidade antes do plantio foi a mais importante.

Inicialmente o modelo possuía 14 parâmetros, contudo, pelo método de SCHULTZ e GOGGAN <sup>(13)</sup>, o mesmo ficou reduzido a 7 parâmetros. Os outros coeficientes não foram sensíveis a esta modificação do modelo, indicando que a mesma não introduziu nenhum erro de especificação de acordo com KMENTA <sup>(9)</sup>.

A análise estatística das 540 observações deu como melhor modelo:

$$Y = 126.900 N_q^{0,025} P_q^{[-1,185 + 0,209 (pH)]} Al^{-0,381} pH^{-3,130} 10^{-0,20d} \quad (1)$$

(8,74)      (2,44)      (5,80) (6,36)      (11,59)      (4,27)      (10,11)

Os números entre parenteses abaixo de cada coeficiente são os valores de t para os mesmos. Como se observa, todos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade. O modelo ajustado foi altamente significativo com  $F = 108,4$  e o coeficiente de determinação múltipla corrigido igual a 0,545.

Das variáveis do modelo, as mais importantes pelo coeficiente de regressão parcial estandarizado foram, em ordem decrescente, a interação do pH com fósforo aplicado (4,11); fósforo aplicado (—3,74) e alumínio (—0,38).

### 3.1. RETORNO DEVIDO AO NITROGÊNIO E FÓSFORO

Os aumentos percentuais da produção em virtude da aplicação de nitrogênio obtêm-se pela derivada parcial do  $\log Y$  em relação a  $\log N_q$ .

Desta maneira:

$$\frac{d(\log Y)}{d(\log N_q)} = 0,025$$

Pela expressão acima verifica-se que a produção aumentará de 0,25% por cada 10% de aumento na quantidade de nitrogênio aplicado. O aumento percentual na produção devido a aplicação de fósforo será obtido pela expressão abaixo:

$$\frac{d(\log Y)}{d(\log P_q)} = -1,185 + 0,209 (pH)$$

Como se observa, os aumentos da produção devido ao fósforo são variáveis e dependem do pH do solo. Em virtude dos ensaios

terem apresentado pH variando de 5,7 a 6,6, calculou-se estes aumentos para vários valores de pH, como mostra o quadro abaixo:

$\frac{H}{P}$	5,7	6,0	6,3	6,6
$\frac{d Y/Y (*)}{d P_q / P_q}$	0,0062	0,0685	0,1312	0,1944

(\*) Porcentagem de aumento de produção por 1% de aumento no fósforo aplicado.

Verifica-se que o aumento da produção varia de 0,062 a 1,94% por 10% de aumento na quantidade de fósforo aplicado. Os reduzidos retornos em pH baixos decorre do fato de que solos ácidos produzem insolubilização do fósforo químico, não permitindo uma absorção pela planta, conforme pesquisas de FUZATTO e FERRAZ <sup>(5)</sup> em São Paulo e HOFFMANN <sup>(7)</sup>.

### 3.2. EFEITO DO ALUMÍNIO NA PRODUÇÃO

Outro elemento bastante prejudicial ao rendimento é o teor de alumínio no solo, como foi comprovado por LANCE e PEARSON <sup>(11)</sup>. No modelo, foi corroborado este fato com o coeficiente negativo do alumínio. Nem alumínio, nem fósforo do solo tiveram efeito significativo com o fósforo aplicado. Em virtude deste fato, Al e Po foram removidos da expressão  $P_q$   $f_i$  (Al, Po, pH).

A remoção destas variáveis não produziu efeitos nos demais coeficientes.

### 3.3. EFEITO DO pH E DO FÓSFORO NO RENDIMENTO

Os autores utilizaram o modelo abaixo para determinar os rendimentos em função do fósforo aplicado em diferentes níveis de acidez, para as duas regiões. Desta maneira, o modelo utilizado baseado na equação (1) ficou reduzido a:

$$Y = B 10^{-0,20 d P_q [-1,185 + 0,209 (pH)]_{pH} - 3,129} \quad (2)$$

Onde:

$$\log B = 5,104 + 0,025 \log N_q - 0,381 \log Al$$

$N_q$  = dose de nitrogênio usada (50 kg/ha)

$Al$  = teor médio de alumínio no solo (0,127 m e %)

$$d = \begin{cases} 0 & \text{para região I (precipitação normal)} \\ 1 & \text{para região II (precipitação excessiva)} \end{cases}$$

O sinal negativo para a variável "dummy" descrita em 2.2. confirma os resultados obtidos por CHANG e LIN <sup>(4)</sup> e CHAKRAVARTI e KAR <sup>(3)</sup>, ou seja, um excesso de chuva antes do plantio decresce os rendimentos devido o aumento excessivo de umidade do solo.

O gráfico 1 mostra os rendimentos do algodão nos dois regimes pluviométricos sujeitos a diferentes níveis de acidez e diferentes doses de fósforo aplicado. Como se observa no gráfico, quando não se aplica fósforo a produção é superior em solos de pH mais baixo. Este fato sugere que o algodão herbáceo prefere solos mais ácidos. Nos solos de pH baixo (5,7), em ambos os regimes pluviométricos praticamente não houve resposta à aplicação de fósforo, provavelmente devido a insolubilização do mesmo, conforme mostrou GRANT et al. <sup>(6)</sup> e HOFFMANN <sup>(7)</sup>, havendo, no entanto, alta resposta para o fósforo à medida que o pH do solo aumenta.

### 3.4. DOSES ÓTIMAS DE NITROGÊNIO E FÓSFORO

Sendo o pH do solo um dos fatores limitantes do rendimento, em virtude do mesmo em baixo níveis dificultar a absorção dos nutrientes pelas plantas, para determinar as doses econômicas para o nitrogênio e o fósforo calculou-se as mesmas nos diversos níveis de pH. Para tanto, na equação (1) conservou-se como constante apenas o teor de alumínio no solo.

O novo modelo foi expresso por:

$$Y = C 10^{-0,20d} N_q^{0,025} P_q [-1,185 + 0,209 (pH)] pH^{-3,129} \quad (3)$$

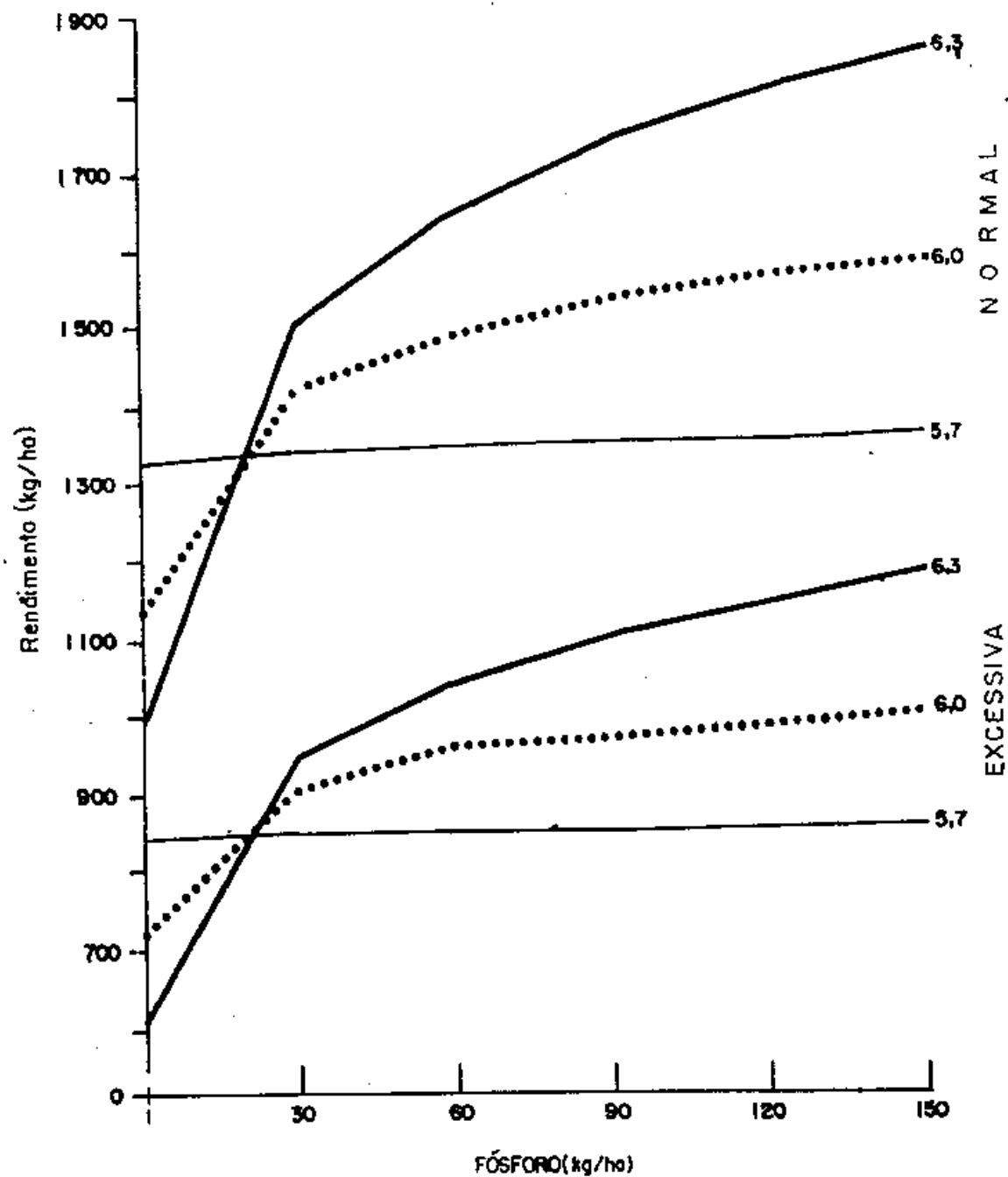
Onde:  $\log C = 5,104 - 0,381 \log Al$

O uso ótimo do nutriente é determinado pelos preços do produto e dos fertilizantes. Sendo  $P_y$  o preço do produto e  $P_x$  o preço do nutriente,  $dy$  e  $dx$  os aumentos do produto e nutriente, usar-se-á doses adicionais de nutriente, enquanto o acréscimo  $P_y \frac{dy}{y}$  no valor da produção for maior ou igual ao do acréscimo  $P_x \frac{dx}{x}$  nas despesas de adubação. Em outras palavras, enquanto o rendimento marginal foi maior ou igual ao custo marginal, ou seja,

$$P_y dy \geq P_x dx \quad \text{ou} \quad \frac{dy}{dx} \geq \frac{P_x}{P_y}$$

Os preços do algodão foram deflacionados para o tempo decorrido entre a compra do nutriente e a venda do produto. Na presente

Gráfico 1 - RENDIMENTO (kg/ha) DO ALGODÃO EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE FÓSFORO APLICADO (kg/ha) PARA DIFERENTES NÍVEIS DE pH, EM REGIÕES DE PRECIPITAÇÃO NORMAL E EXCESSIVA ANTES DO PLANTIO.



Obs: Teor médio de Al = 0,127 me % e nitrogênio aplicado = 50 kg/ha



pesquisa este tempo foi de nove meses. Desta maneira, as fórmulas para as doses ótimas de nitrogênio e fósforo são, respectivamente:

$$\frac{dY}{d Nq} = 0,025 \frac{Y}{Nq} = \frac{Pn}{Py/(1+r)} \quad 9/12 \quad (4)$$

$$\frac{dY}{d Pq} = [-1,185 + 0,209 (pH)] \frac{Y}{Pq} = \frac{Pp}{Py/(1+r)} \quad 9/12 \quad (5)$$

Onde:

$Pn$  e  $Pp$  = preços do nitrogênio e fósforo na época do plantio (Cr\$/kg)

$Py$  = preço do produto (Cr\$/kg).

$r$  = taxa de juro entre a compra do adubo e a venda do produto.

Utilizando os preços dos nutrientes (nitrogênio e fósforo) e do produto a diferentes níveis do pH, após substituição nas equações (1), (4) e (5) tem-se três equações com três incógnitas  $Y$ ,  $Nq$  e  $Pq$ . Resolvendo o sistema pelos métodos algébricos convencionais obtêm-se as doses ótimas, e o rendimento cujos resultados constam nas tabelas 1 a 5. As doses econômicas dos vários nutrientes foram calculadas para as relações de preço do nutriente/preço do produto de 1:1; 2:1; 3:1; 4:1 e 5:1. A relação 3:1, por exemplo, significa que o produtor necessitará de 3 kg do produto para comprar 1 kg do nutriente. Os autores acreditam que, em 1974, a relação dos preços deverá estar em torno de 3:1.

Como se verifica pelas Tabelas 1 a 5, à medida que a relação de preços aumenta, para um mesmo nível de pH e regime de chuva, a dose econômica do nutriente decresce. Assim, para pH = 6,3 e pluviosidade normal, a quantidade ótima de fósforo varia de 260 kg/ha para relação 1:1 a 39 kg/ha na relação 5:1. No regime de pluviosidade excessiva as doses são menores em ambas as relações de preço acima citadas. As Tabelas 1 a 5 mostram que o uso do fósforo deve ser evitado (\*) em solos com pH abaixo de 6,1 para qualquer relação de preços, exceto na relação 1:1, onde em solos de pH igual a 5,9 justifica o uso do nutriente. A dose ótima de nitrogênio foi praticamente zero para as várias relações de preços, diferindo somente na relação 1:1.

(\*) Doses de nutriente abaixo de 30 kg/ha devem ser evitadas pela insignificante resposta pelas culturas.

### 3.5. *Rendimento e Taxa de Retorno*

O rendimento esperado do algodão varia segundo o pH do solo e o regime pluviométrico antes do plantio. Utilizando as doses ótimas de nitrogênio e fósforo na equação <sup>(1)</sup> obtem-se os rendimentos que variaram de 2.848 kg/ha (relação 1:1 com precipitação normal e pH = 6,6) até 798 kg/ha (relação 5:1 com precipitação excessiva e pH = 5,7).

As taxas de retorno do capital investimento na adubação do algodão herbáceo foram calculadas pela expressão:  $R = (V - C)/C$ .

Onde:

V = receita total obtida no nível ótimo menos a obtida pela equação <sup>(3)</sup> sem usar adubo;

C = custo total da adubação no nível ótimo, sem incluir outros custos adicionais, como mão-de-obra de aplicação de adubo e colheita do aumento da produção.

Os retornos foram todos positivos para os vários níveis de pH e regimes de chuva. Tal fato significa que o uso das doses econômicas de nitrogênio e fósforo para as condições consideradas resultará em lucro, levando em conta as qualificações mencionadas anteriormente. Com pH igual a 6,3, as taxas de retorno para os nutrientes variaram de 147 a 260%, dependendo da relação preço do nutriente preço do produto.

## 4. CONCLUSÃO

Baseados nos resultados do trabalho podemos concluir:

1. A adubação nitrogenada proporcionou efeitos positivos, na maioria dos ensaios. No entanto, o aumento advindo da aplicação de 1% de nitrogênio é de apenas 0,025% na produção.

2. O fósforo foi o nutriente mais importante da produção, produzindo por cada 1% da quantidade aplicada um aumento na produção de 0,0062 a 0,1944%, variando com o pH do solo.

3. O potássio não teve efeito significativo na produção de algodão herbáceo.

4. O pH e o alumínio tiveram efeito negativo na produção, sendo que houve interação positiva entre o pH do solo com o fósforo aplicado.

5. A variável "dummy" para as duas regiões foi significativa. A interpretação deste efeito foi que o excesso da chuva antes do plantio teve efeito negativo na produção.

6. As doses econômicas de nitrogênio e fósforo e a estimativa da produção decrescem com o aumento da acidez e da relação preço do nutriente/preço do produto agrícola.

7. Fósforo só deve ser utilizado em solos de pH igual ou maior do que 6,1, enquanto nitrogênio não deve ser utilizado em relações de preço acima de 1:1.

#### AGRADECIMENTOS :

Os autores agradecem ao Prof. Antonio Clécio F. Thomaz, do Serviço de Processamento de Dados da Universidade Federal do Ceará, pelos serviços de computação, e ao Convênio ANDA-BNB-MA pelos dados cedidos.

Tabela 1

Estimativa do Rendimento sem adubo ( $Y_0$ ) e com adubo ( $Y_1$ ), dose econômica (kg/ha) de nitrogênio e do fósforo, retorno de capital (R) em dois regimes de chuva e diversos níveis de pH em algodão herbáceo para relação preço do nutriente/preço do produto agrícola igual a 1:1

Pluviosidade antes do Plantio	pH	Rendimento sem adubo ( $Y_0$ )	Rendimento com adubo ( $Y_1$ )	Dose Econômica (kg/ha)		Aumento do Rendimento ( $Y_1 - Y_0$ )	Retorno do Capital (%)
				N	P2 O5		
Normal	5,7	1.202	1.322	33	7	120	200
	5,9	1.079	1.433	36	67	354	244
	6,1	973	1.657	42	147	684	263
	6,3	879	1.996	50	260	1.117	260
	6,6	760	2.848	71	549	2.088	237
Excessiva	5,7	762	838	21	4	76	204
	5,9	684	909	23	42	224	244
	6,1	617	1.051	26	93	436	266
	6,3	558	1.266	32	165	708	259
	6,6	482	1.806	45	348	1.324	237

Tabela 2

**Estimativa do Rendimento sem adubo ( $Y_0$ ) e com adubo ( $Y_1$ ), dose econômica (kg/ha) de nitrogênio e do fósforo, retorno de capital (R) em dois regimes de chuva e diversos níveis de pH em algodão herbáceo para relação preço do nutriente/preço do produto agrícola igual a 2:1**

Pluviosidade antes do Plantio	pH	Rendimento sem adubo ( $Y_0$ )	Rendimento com adubo ( $Y_1$ )	Dose Econômica (kg/ha)		Aumento do Rendimento ( $Y_1 - Y_0$ )	Retorno do Capital (%)
				N	P2 O5		
Normal	5,7	1.202	1.295	16	3	93	144
	5,9	1.079	1.356	17	30	277	195
	6,1	973	1.506	18	62	533	233
	6,3	879	1.750	22	114	870	219
	6,6	760	2.348	30	226	1.588	210
Excessiva	5,7	762	821	10	2	59	145
	5,9	684	860	11	19	175	192
	6,1	617	955	12	40	338	225
	6,3	558	1.115	14	72	557	224
	6,6	482	1.489	18	143	1.007	213

Tabela 3

**Estimativa do Rendimento sem adubo ( $Y_0$ ) e com adubo ( $Y_1$ ), dose econômica (kg/ha) de nitrogênio e do fósforo, retorno de capital (R) em dois regimes de chuva e diversos níveis de pH em algodão herbáceo para relação preço do nutriente/preço do produto agrícola igual a 3:1**

Pluviosidade antes do Plantio	pH	Rendimento sem adubo ( $Y_0$ )	Rendimento com adubo ( $Y_1$ )	Dose Econômica (kg/ha)		Aumento do Rendimento ( $Y_1 - Y_0$ )	Retorno do Capital (%)
				N	P2 O5		
Normal	5,7	1.202	1.278	11	2	76	95
	5,9	1.079	1.317	11	20	238	156
	6,1	973	1.440	12	42	468	189
	6,3	879	1.626	14	69	747	200
	6,6	760	2.098	17	135	1.338	193
Excessiva	5,7	762	810	7	1	48	100
	5,9	684	835	7	13	151	152
	6,1	617	913	8	27	296	182
	6,3	558	1.043	9	54	485	156
	6,6	482	1.331	11	85	849	194

Tabela 4

Estimativa do Rendimento sem adubo ( $Y_0$ ) e com adubo ( $Y_1$ ), dose econômica (kg/ha) de nitrogênio e do fósforo, retorno de capital (R) em dois regimes de chuva e diversos níveis de pH em algodão herbáceo para relação preço do nutriente/preço do produto agrícola igual a 4:1

Pluviosidade antes do Plantio	pH	Rendimento sem adubo ( $Y_0$ )	Rendimento com adubo ( $Y_1$ )	Dose Econômica (kg/ha)		Aumento do Rendimento ( $Y_1 - Y_0$ )	Retorno do Capital (%)
				N	P2 O5		
Normal	5,7	1.202	1.267	8	2	65	63
	5,9	1.079	1.289	8	15	211	129
	6,1	973	1.388	9	31	416	160
	6,3	879	1.548	10	50	669	179
	6,6	760	1.936	12	93	1.176	180
Excessiva	5,7	762	804	5	1	42	75
	5,9	684	817	5	10	133	120
	6,1	617	880	5	20	264	164
	6,3	558	982	6	32	424	179
	6,6	482	1.228	8	59	746	178

Tabela 5

Estimativa do Rendimento sem adubo ( $Y_0$ ) e com adubo ( $Y_1$ ), dose econômica (kg/ha) de nitrogênio e do fósforo, retorno de capital (R) em dois regimes de chuva e diversos níveis de pH em algodão herbáceo para relação preço do nutriente/preço do produto agrícola igual a 5:1

Pluviosidade antes do Plantio	pH	Rendimento sem adubo ( $Y_0$ )	Rendimento com adubo ( $Y_1$ )	Dose Econômica (kg/ha)		Aumento do Rendimento ( $Y_1 - Y_0$ )	Retorno do Capital (%)
				N	P2 O5		
Normal	5,7	1.202	1.259	6	1	57	62
	5,9	1.079	1.267	6	12	188	109
	6,1	973	1.300	7	24	328	112
	6,3	879	1.486	7	39	607	147
	6,6	760	1.281	9	70	1.061	169
Excessiva	5,7	762	798	4	1	36	44
	5,9	684	803	4	7	119	116
	6,1	617	856	4	15	239	152
	6,3	558	943	5	25	385	157
	6,6	482	1.155	6	45	673	164

## BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ALBUQUERQUE J. J. L. de 1973 — Resultados das Análises Estatística e Economia Através do Convênio ANDA/UFC/BNB dos Ensaio Realizados no Nordeste em 1972. (Relatório Técnico).
2. BRASIL (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) — 1972 — Anuário Estatístico do Brasil — 1971. 831 pg.
3. CHAKRAVARTI, S. N. e A. K. KAR — 1970 — Effect of Water-logging on Redox Potencial Available Phosphorus and pH in Some Indian Acid Soils. Jour. Indian Soc. Soil Sci. 18 (3): 249-257.
4. CHANG, T. C. e H. C. LIN — 1970 — The Influence of Soil Moisture Condition on the Fixation of Phosphates. Soil Fert. Taiwan. 75.
5. FUZATTO, M. G. e C.A.M. FERRAZ — 1966 — Correlação entre Resposta do Algodoeiro à Adubação e a Percentagem de Saturação de Bases em Vários Tipos de Solos no Estado de São Paulo. Bragantia 25 (21): 237-240.
6. GRANT, E. A. al. — 1972 — Effect of Rate of Placement of Phosphorus, pH and Temperature on the Early Growth, Phosphorus, Boron and Zinc Content of Corn. Can. J. Plant Sci. 52 (1): 35-40.
7. HOFFMANN, W. — 1964 — The Complex Effect of pH, Phosphorus Fixation and Soluble Al and Fe in Moor-marsch Soil and Plant Growth. Z. Pflernahr, Dung, 107: 223.
8. JANVRY, A. de — 1972 — Optimal Level of Fertilization Under Risk: The Potencial for Corn and Wheat Fertilization Under Alternative Price Policies in Argentina. Amer. Jour. Agr. Econ. 54 (1): 1-10.
9. KIMENTA, J. — 1971 — Elementos of Econometrics. Macmillan Co. New York. 655 pg.
10. LAIRD, R. J. et al. — 1969 — Análise Combinado de Resultados de Experimentos com Fertilizantes y Obtencion de uma Ecuacion General que Permite Estimar Recomendaciones Específica para Prática de Fertilizaciones. Inst. Nacional Investigaciones Agrícolas. Chapingo, Mexico. Folheto Técnico n. 55.
11. LANCE, J. C. e R.W. PEARSON — 1969 — Effect of Low Concentration of Aluminum on Growth and Nutrient Uptakse by Cotton Roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 95-98.
12. PIMENTEL GOMES, F. — 1953 — The Use of Mitscherlich's Regression Law in the Experiments with Fertilizers. Biometrics 9:498 — 516.

13. SHULTZ, E. F. e J. F. GOGGANS — 1961 — A Systematic Procedure for Determining Potent Independent Variables in Multiple Regression Discriminant Analysis. Tech. Bull. n. 336. Auburn University.
14. ULVELING, E. F. e L. B. FLETCHER — A Cobb-Douglas Production Function with Variable Returns to Scale. Amer. Jour. Agr. Econ. 52:322-326.
15. VERDADE, F. C. et alli — 1966 — Níveis de Fertilidade do Solo para Cultura Algodoeira. II — Correlação Entre Produção e o Teor de Fósforo no Solo Bragantia 25 (1): 41-56.
16. VYAS, K.K. — 1964 — Availability and Uptake of Phosphorus by Wheat Under Different Moisture and Organic Matter Levels. Curr. Sci. India, 33: 756.

## SUMMARY

Utilizing 540 observations from the Sertaneja region of Alagoas (Brazil), cotton yields were regressed upon the three macro chemical nutrients and various variables measuring initial soil fertility for two different rainfall regimes. Aluminium and pH significantly affected cotton yields and pH had a significant positive effect on the uptake of phosphorus. Without fertilizer cotton yields varied inversely with pH levels indicating a preference of cotton for slightly more acidic soils. Both applied nitrogen and phosphorus had significant effects on yields; however, potassium had no effect. Using multiple regression the optimal levels of use of nitrogen and phosphorus were calculated for different factor/product price relationships (1:1 up to 5:1). The use of phosphorus in soils with a pH of less than 6,1 was not economical in most cases and nitrogen was recommended only in the case of a very favorable nutrient/product price ratio (1:1).

## SUMÁRIO

Utilizando 540 observações provenientes da região sertaneja de Alagoas (Brasil), as produções de algodão retrocederam nos três nutrientes macro-químicos e diversas variáveis medindo a fertilidade inicial do solo para dois regimes diferentes de precipitação pluviométrica. Alumínio e pH afetaram substancialmente as produções de algodão e o pH teve um efeito positivo significativo sobre o rendimento do fósforo. Sem fertilizante a produção de algodão variou de maneira inversa, com os níveis pH indicando uma preferência do algodão por solos ligeiramente mais ácidos. Tanto o nitrogênio como o fósforo aplicados tiveram bons efeitos sobre a produção; contudo, o potássio não teve qualquer efeito. Usando a regressão múltipla, os níveis ótimos de uso de nitrogênio e fósforo foram calculados para diferentes relacionamentos de preço de fator/produto (1:1 até 5:1). O uso de fósforo em solos com um pH de menos de 6,1 não foi econômico na maioria dos casos e o nitrogênio somente foi recomendado no caso de uma relação de preço nutriente/produto muito favorável (1:1).