

ESTUDO DE MUDANÇAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE
AMENDOIM NA CAROLINA DO NORTE

Francisco Vera Filho (¹)

1 - PESQUISAS ANTERIORES SOBRE MUDANÇA TECNOLÓGICA

Cientistas, em geral e, particularmente, economistas têm devotado crescentes esforços no sentido de ampliar o conhecimento do processo de mudança tecnológica. Um pequeno número de pesquisas anteriores sobre mudança tecnológica será aqui revisto. Os estudos considerados a seguir constituem apenas uma pequena amostra dos disponíveis. No entanto, tais estudos foram considerados pelo autor como particularmente pertinentes à sua tese de doutoramento.

O estudo de GRILICHES (1957) constitui substancial contribuição para o conhecimento do processo de adoção tecnológica. Ele examinou as tendências da percentagem da área plantada com sementes híbridas de milho em relação à área total plantada com milho nos Estados Unidos. Como resultado ele identificou um bem definido padrão temporal quanto à adoção dos novos milhos híbridos. O processo de adoção ocorria vagarosamente quando de seu início após o que passava a ter lugar exponencialmente. No entanto, à medida em que a área plantada com variedades não híbridas atingia níveis baixos, a taxa de adoção se reduzia consideravelmente. Após considerar várias funções em forma de S, elegeu ele a logística como sendo a função que não apenas bem representava a observada trajetória de ajustamento como também continha parâmetros que possibilitavam sua interpretação no contexto da teoria econômica.

Griliches obteve excelentes ajustamentos com a função logística. Estimou ele os parâmetros de curva logística para cada um dos 31 estados produtores. Em qualquer dos casos a equação explicou no mínimo 89 por cento da variação em adoção. A média dos R^2 estimados para os 31 estados foi 0,97. Os resultados obtidos constituem substancial suporte empírico à assertiva de que a trajetória de ajustamento seguida por fazendeiros quando da adoção de milho híbrido pode ser representada por uma função logística.

Griliches aplicou a análise econômica para explicar as estimativas dos parâmetros da logística. A origem da função logística foi explicada em termos de variáveis relacionadas com a oferta de milho híbrido. Foi ela ex

(¹) Assessor da Presidência da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER).

plicada como sendo função da lucratividade de ingresso dos produtores de semente em uma área específica. O teto da logística e a taxa de mudança da proporção da área plantada com milho híbrido foram explicadas por variáveis da demanda. O sucesso de Griliches em demonstrar a possibilidade de explicação das estimativas dos parâmetros da função logística de adoção economicamente representa talvez o mais significativo aspecto de sua contribuição.

Griliches, no entanto, não foi o primeiro a sugerir que a proporção de adotantes de uma inovação através do tempo seguia uma distribuição em forma de S. ROGERS (1962), por exemplo, postula que desde TARDE, em 1903, sociólogos têm sugerido que a percentagem de adotantes de uma inovação obedece uma distribuição em forma de S, através do tempo. Ele cita Chaplin que, em 1928, foi um dos primeiros sociólogos que demonstrou empiricamente que a adoção de inovações seguia uma curva em forma de S. Mais ainda, ele se refere aos sociólogos Ryan e Gross como tendo investigado a difusão de milho híbrido nos Estados Unidos, em 1943. Uma das principais conclusões de Ryan e Gross foi que a adoção de sementes híbridas de milho observava, ao longo tempo, um padrão em forma de sino.

Rogers também enfatiza a importância da difusão de inovações para várias áreas de conhecimento. Segundo ele, sociólogos, antropólogos, economistas, especialistas em educação, dentre outros, têm tentado melhor entender o processo de difusão e adoção de inovações. No entanto, assinala ele, uma falta de comunicação interdisciplinar tem impedido aos pesquisadores de um determinado campo de conhecimento, familiarizarem-se com os resultados de pesquisas em outros campos de conhecimento. Tentando facilitar a identificação de conclusões semelhantes sobre difusão e adoção de inovações, Rogers apresenta uma revisão de 506 estudos diferentes.

LIONBERGER (1952) reviu estudos sobre difusão e adoção de inovações realizados até 1952. Estes estudos são relacionados com a adoção de inovações por parte de fazendeiros e unidades familiares.

Mais recentemente HUFFMAN (1974) estudou o processo de ajustamento quanto ao uso de fertilizantes na produção de milho. Concluiu ele que a taxa de adoção é função de variáveis econômicas. Estas variáveis foram educação dos fazendeiros, atividades de extensão (medidas em termos de visitas), área cultivada com milho por propriedade e uma medida da brecha entre nível atual e ótimo nível de aplicação de fertilizantes. A taxa de ajustamento foi estimada como sendo positivamente relacionada com o nível educacional dos fazendeiros, com as atividades de extensão e com a escala de produção de milho. As conclusões empíricas de Huffman suportam a assertiva de que atividades de extensão podem ser consideradas como uma efetiva variável instrumental quanto à motivação de aumentos nas taxas de adoção.

Mansfield contribuiu significativamente em termos de dar resposta a importantes indagações relativas à tecnologia industrial. Ele investi-

gou a relação entre os gastos de firmas com pesquisa e desenvolvimento e várias medidas do produto de invenções, bem como os efeitos do tamanho das firmas quanto à despesa com pesquisa e desenvolvimento. Ele, outrossim, analisou a alocação de recursos entre projetos alternativos, as características dos projetos selecionados com os respectivos resultados, os retornos dos projetos de pesquisa e desenvolvimento e as taxas de mudança tecnológica tanto ao nível de firma como da indústria.

Mansfield construiu um modelo determinístico da taxa de imitação. Ele formulou a hipótese de que a proporção de inovadores dependia de:

- a) a proporção das firmas que estavam adotando a inovação;
- b) a lucratividade para a firma da inovação; e
- c) o investimento requerido para implementar a inovação.

Mansfield postulou que o crescimento, ao longo do tempo, do número das firmas que adotaram uma inovação obedecia a uma função logística. Seu modelo conduz à previsão de que o número de firmas que introduziram uma inovação, ao longo do tempo, deve representar uma aproximação da função logística; e que a taxa de imitação numa indústria em particular deve ser maior quando do maior for a lucratividade da inovação e menor os investimentos requeridos.

MANSFIELD (1968, p. 171-172) teceu as seguintes considerações sobre a velocidade de adoção de uma nova tecnologia:

"O período de tempo que uma firma espera antes de usar uma nova técnica tende a ser inversamente relacionado a seu tamanho e à lucratividade de seus investimentos na inovação ... O fato de que grandes firmas tendem a ser mais rápidas, em média, do que firmas menores não significa que grandes firmas sejam mais progressivas ... Quando o tamanho da firma e a lucratividade do investimento são mantidos constantes, não há tendência significativa para que o período de espera da firma seja inversamente relacionado com sua lucratividade, com sua taxa de crescimento, com sua liquidez, ou diretamente relacionado com a idade de seu presidente e sua trajetória de lucro ... A velocidade com a qual uma firma responde a uma oportunidade de investimento é diretamente relacionada com a lucratividade desta oportunidade".

2 - MODELO TEÓRICO

2.1 - Derivação do Modelo

A liberação de fatores de produção representa importante papel do setor agrícola quanto ao desenvolvimento econômico. Durante o processo de desenvolvimento econômico, fatores de produção gradualmente liberados pelo setor agrícola são realocados para a produção de bens e serviços não agrícolas. Mudança tecnológica na agricultura, portanto, constitui fator básico do desenvolvimento econômico. Representa uma área de estudo de substancial intê-

resse para economistas e outros cientistas sociais. A análise econômica feita por GRILICHES (1957) relativa à difusão de milho híbrido entre fazendeiros americanos representa substancial contribuição para o conhecimento de como mudanças tecnológicas têm lugar no setor agrícola.

Inovação tecnológica pode ser definida como a descoberta de técnicas que tornam possível produzir a mesma quantidade de produto com menor quantidade dos insumos utilizados com a tecnologia anteriormente disponível. Quando uma inovação tecnológica se torna disponível aos produtores, o processo de mudança tecnológica tem início. Os benefícios sociais são totalmente alcançados apenas quando a completa adoção da nova tecnologia tem lugar. Portanto, a taxa de difusão é de grande importância quanto à plena efetivação de mudanças tecnológicas.

Uma nova tecnologia é plenamente validada quando adotada com sucesso por algumas firmas de uma particular indústria. Pode-se dizer que soem tão tal tecnologia ultrapassou seu estágio experimental ⁽²⁾.

Quando certa tecnologia passou seu estágio experimental, quanto tempo levou até que todas as firmas da respectiva indústria se beneficiaram totalmente da inovação tecnológica? Quais os fatores que influenciaram o período de tempo requerido para o ajustamento à nova tecnologia? Estas são indagações relevantes com relação ao processo de mudança tecnológica.

O modelo desenvolvido nesta análise pressupõe que os processos de ajustamento tecnológico na agricultura podem ser matematicamente representados por $P_t = \frac{K}{-(a+bt)^{i+e}}$. A variável dependente P_t é a proporção da área total cultivada sob a nova tecnologia. K é assíntota superior da função e portanto é igual ou inferior à unidade. K é interpretado como sendo o nível de equilíbrio a longo prazo. Longo prazo é interpretado como o período de tempo requerido para que o processo de ajustamento seja completado. A variável tempo é representada por t . O parâmetro b é o coeficiente da taxa de adoção. O parâmetro a é a constante de integração que posiciona a curva em relação ao eixo das abcissas. Uma ilustração gráfica da função logística é apresentada na figura 1.

O trabalho de Griliches representa substancial suporte para a assertiva de que a trajetória de ajustamento pode ser representada por uma função logística, pelo menos no caso de adoção de milho híbrido. Aparentemente não existe nenhuma razão "a priori" para crer que o padrão de ajustamento observado no caso de milho híbrido não seja também representativo do processo de mudança tecnológica em geral, não importando qual o produto ou inovação

(²) Griliches define uma tecnologia como disponível para adoção apenas quando pelo menos dez por cento da terra é cultivada com a nova tecnologia. Se a proporção de adotantes for inferior a 0,10 a tecnologia é considerada como estando em seu estágio experimental.

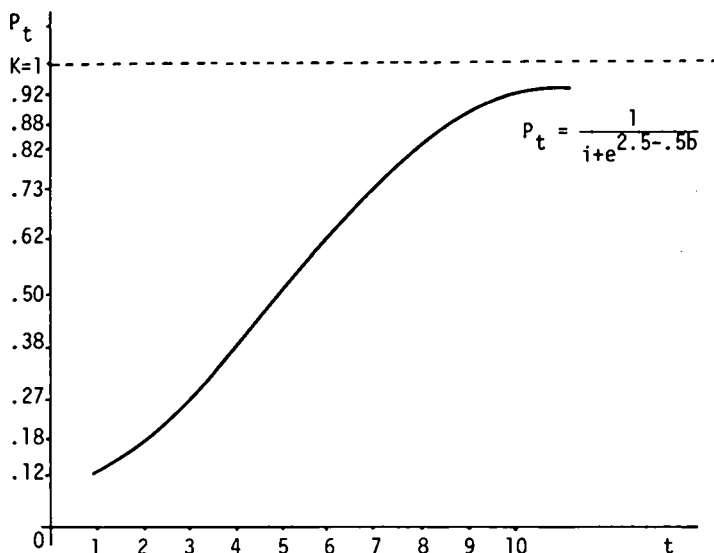


FIGURA 1. - Função Logística

tecnológica. Em outras palavras, não é de se esperar que o padrão de ajustamento seja peculiar a milho híbrido. De fato, as variáveis exógenas, em relação às quais tanto a constante de integração a quanto a taxa de mudança b dependem, não são intrinsecamente relacionadas a uma cultura específica ou a uma determinada tecnologia. Realmente, os estudos revistos fortemente embasam a assertiva de que o processo de adoção de inovação, em geral, pode ser representado por funções de trajetória logística.

Se o processo de ajustamento tecnológico observa uma trajetória logística, então certas variáveis necessariamente observam bem definidos padrões. O restante desta seção examina tais relações. A discussão se limita aos desenvolvimentos tecnológicos que conduzem a aumentos no rendimento por hectare, muito embora o mesmo raciocínio possa ser aplicado em termos de retornos ou lucros.

Ajustamentos tecnológicos ou técnicos não ocorrem instantaneamente. Portanto, os rendimentos médios observados não mudam abruptamente dos níveis tradicionais para os associados à completa adoção de nova tecnologia. Rendimentos médios crescem em relação direta à taxa de adoção. O rendimento médio da igéssima área no período de tempo t (t é um ponto durante o processo de adoção) é definido pela seguinte média ponderada:

$$Y_{it} = P_t Y_h + [1 - P_t] Y_L + [Y_H - Y_L] P_t$$

onde:

- Y_{it} = rendimento médio por unidade da terra i no período de tempo t ;
 P_t = proporção da área cultivada com a tecnologia de alto rendimento no ano t .
 Y_H = rendimento associado à tecnologia de alto rendimento;
 Y_L = rendimento da tecnologia de baixo rendimento.

Fontes de variabilidade não relacionadas com a adoção tecnológica não são aqui consideradas, pois o objetivo é enfocar o impacto da mudança tecnológica na média e variância do rendimento por hectare.

Sendo P_t definido pela função logística, se segue que

$$Y_{it} = Y_L + [Y_H - Y_L] \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

e que a taxa de mudança dos rendimentos com relação ao tempo é:

$$\frac{dY_{it}}{dt} = [Y_H - Y_L] b P_t - \frac{[Y_H - Y_L]}{K} b P_t^2$$

O rendimento médio cresce com a adoção. Além disto, a taxa de mudança em rendimento ao longo do tempo aumenta até quando $P_t = \frac{K}{2}$. A taxa de mudança nos rendimentos atinge seu máximo neste ponto e decresce posteriormente.

O processo de mudança tecnológica em si gera uma nova fonte de variação nos rendimentos observados na área i . Isto pode ser verificado intuitivamente quando considerando o fato de que mudança tecnológica não ocorre ao mesmo tempo em todo lugar. Portanto, algumas áreas (aquelas cultivadas com a nova tecnologia) irão produzir com altos rendimentos em relação ao rendimento obtido na área restante. Conseqüentemente, a variação de rendimentos entre áreas será afetada. Esta variabilidade pode ser expressa como se segue:

$$\sigma_{it}^2 = \frac{P_t N [Y_H - Y_{it}]^2 + N [1 - P_t] [Y_L - Y_{it}]^2}{N - 1}$$

Outrossim, a variabilidade dos rendimentos gerada pelo processo de adoção crescerá durante a fase inicial do processo de adoção e desaparecerá ao término do mesmo. Isto pode ser facilmente verificado ao assumir a inexistência de outras fontes de variação além da relativa ao processo de adoção. Anteriormente à iniciação do processo de adoção, cada um dos hectares de uma certa área estaria produzindo com o mesmo baixo rendimento. Nenhuma variabilidade em rendimentos existiria face a que $P_t = 0$ e $Y_{it} = Y_L$. À medida em que algum dos hectares cultivados começam a ser cultivados sob a nova tecnologia,

uma variância em rendimentos entre hectares é gerada. Esta variância em rendimentos devida à adoção tecnológica cresce com P_t para os valores de P_t até que $P_t = 5$. Aqui ela atinge seu máximo a partir do qual declina.

Isto pode ser demonstrado quando considerando a soma dos quadrados devida à adoção.

$$SS_{ait} = N [Y_H - Y_L]^2 (P_t - P_t^2)$$

onde:

SS_{ait} = soma dos quadrados devida à adoção na área i e no ano t ;

N = número total de hectares cultivados na área i ;

Y_H , Y_L e P_t = como definido anteriormente.

Pode ser facilmente demonstrado que a soma dos quadrados devida à adoção atinge o máximo quando $P_t = 5$ em qualquer padrão de adoção. O mesmo ocorre quando a trajetória de ajustamento é aproximada por uma função logística.

Face a que a variância em rendimentos devida à adoção obedece a um padrão claramente definido ao longo do tempo e dada a premissa de que a função logística propriamente representa o processo de mudança tecnológica, existem relações observáveis que indicam não apenas a adoção de uma nova tecnologia ou técnica, mas também a duração do processo de adoção. Por exemplo, a taxa de mudança em relação ao tempo da soma dos quadrados devida à adoção, será positiva durante a primeira metade ($0 \leq P_t \leq .5$) do processo de adoção tecnológica e negativa durante a segunda. Portanto, a taxa de mudança em relação ao tempo da soma dos quadrados devida à adoção é positiva desde que $0 \leq P_t \leq .5$. No ponto em que 50 por cento de adoção teve lugar $\frac{SS_{ait}}{SS_{ait}} = 0$. De pois deste ponto ela torna-se negativa. A taxa de mudança da soma dos quadrados devida à adoção não depende da magnitude de $N[Y_H - Y_L]^2$, (isto é, a magnitude da diferença entre os rendimentos das tecnologias moderna e tradicional).

2.2 - A Extensão e o Processo de Adoção Tecnológica

Segundo WELCH (1970) o valor da educação resulta do "efeito-trabalhador" e do "efeito alocativo". O primeiro relaciona-se com o aumento da habilidade individual de mais produzir dada uma certa quantidade dos outros fatores. O segundo, isto é, o "efeito alocativo" relaciona-se com aprimoramentos na habilidade de adquirir, de codificar e classificar informações técnicas e de mercado. O "efeito alocativo" leva em conta o aprimoramento do componente gerencial do fator humano.

O desenvolvimento tecnológico gera um estado de desequilíbrio que

resulta do processo de gradual mudança da prevalecente tecnologia para uma mais avançada. A taxa de adoção da nova tecnologia é representada pelo parâmetro b da função logística. Portanto, b deve ser dependente do componente a locativo do fator humano. HUFFMAN (1974) identificou a taxa de adoção como sendo função do nível educacional de fazendeiros, da disponibilidade de informação (extensão) e do incentivo de escala (área plantada).

Dado que a taxa de adoção tecnológica é uma função de atividades de extensão, infere-se que a efetividade de tais atividades em acelerar o processo de adoção de uma nova tecnologia condiciona-se à oportunidade do esforço de extensão. Por exemplo, a alocação de recursos para extensão com o objetivo de acelerar o processo de adoção quando certa inovação não se encontra acessível para os usuários em potencial pode ser considerada como sendo acentuadamente ineficaz. Por outro lado, agentes de extensão não podem informar sobre uma inovação inexistente.

3 - RESULTADOS EMPÍRICOS

Segundo o modelo apresentado, o processo de mudança tecnológica que aumenta a produtividade da terra, gera um novo componente na variância de rendimentos entre áreas.

Com o objetivo de verificar a possibilidade de detectar a ocorrência de alterações na variância de rendimento entre municípios produtores de amendoim, no Estado de Carolina do Norte, ao longo do tempo, foram calculadas médias quinzenais da soma dos quadrados de rendimentos. Estas médias apresentaram tendência de crescimento a partir de 1950. Atingiram um máximo em torno de 1955 para posteriormente declinar, conforme ilustra a figura 2.

Esta evidência empírica, quando analisada no contexto do modelo, apresenta-se consistente com a hipótese de que um processo de mudança tecnológica, na cultura do amendoim, teria se iniciado por volta de 1950 e sido completado por volta de 1960.

Buscando verificar a ocorrência ou não de mudança tecnológica na década dos cinquenta, conforme sugeriam os dados observados, especialistas estaduais na produção de amendoim foram entrevistados e publicações do serviço de extensão foram examinadas. Resultou a constatação de que, de fato, sõ a partir de 1950 substanciais mudanças tecnológicas tiveram lugar no cultivo de amendoim. As inovações introduzidas relacionavam-se com vários aspectos da produção. Dentre elas, incluem-se novas variedades, fertilização, espaçamento, rotação de culturas, pesticidas e maquinaria. Aumentos no Índice produção não são atribuíveis a inovações isoladas. Resultam eles de uma combinação de novas práticas que foram introduzidas gradualmente e modificadas ao longo do tempo. A validade de certa inovação apresenta-se condicionada à sua adoção conjuntamente com outras inovações.

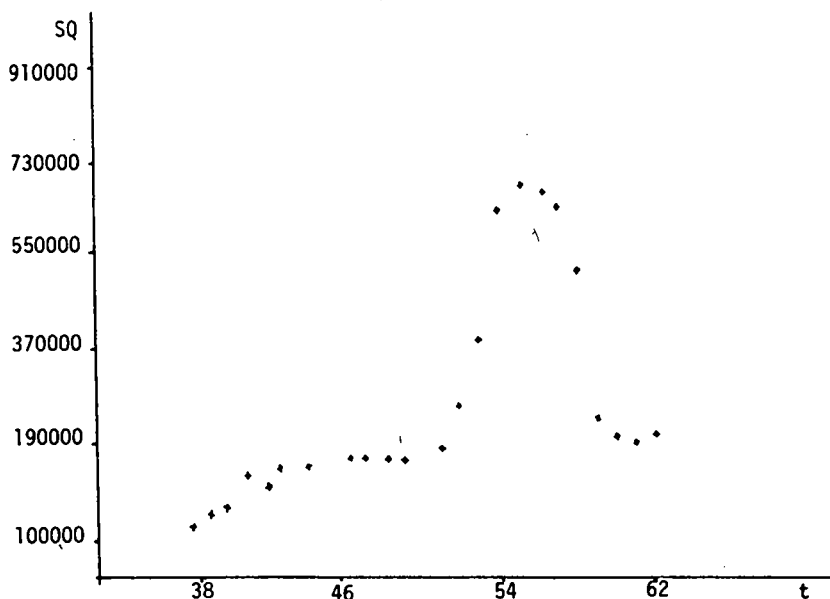


FIGURA 2. - Médias Quinquenais da Soma dos Quadrados dos Rendimentos entre Municípios Produtores de Amendoim, Estado de Carolina do Norte, USA.

3.1 - Exame de Curvas de Adoção por Municípios

Ao invés de estimar curvas de adoção com base na proporção de adotantes, buscou-se estimar tais curvas a partir do índice parcial de produtividade rendimento.

O rendimento médio de uma determinada área pode ser expressado como uma média ponderada dos rendimentos obtidos sob cada tecnologia prevalente em cada subconjunto da área total.

Assumindo a existência de dois níveis tecnológicos, um de baixo rendimento e o outro de alto rendimento, tem-se que o rendimento médio pode ser expresso pela fórmula seguinte.

$$Y_{it} = Y_L + (Y_H - Y_L) P_t$$

onde:

Y_{it} = rendimento médio por acre na área i em t (tempo);

P_t = proporção da área i cultivada sob a tecnologia de rendimento alto em t ;

Y_H = produção por acre associada à tecnologia de alto rendimento na área i ;

Y_L = produção por acre da tecnologia de baixo rendimento na área i .

Dada a premissa de que o processo de adoção obedece ao padrão logístico, tem-se então que:

$$\frac{Y_{it} - Y_{Li}}{Y_{Hi} - Y_{Li}} = \frac{K}{i + e^{(a_i + b_{it})}}$$

A não existência de séries históricas de rendimento por propriedade, conduziu a que os municípios viessem a ser considerados como subconjuntos da área produtora de amendoim no Estado. Como aproximação do rendimento baixo, foi utilizada a média quinquenal do início do período histórico, enquanto que a média trienal dos últimos anos da série foi usada como aproximação para Y_H .

Dois períodos de tempo foram considerados, a saber: de 1934 a 1972 e de 1945 a 1972. Este último foi incluído com o objetivo de identificar-se os incomuns baixos rendimentos que prevaleceram durante a Segunda Grande Guerra alteravam substancialmente os resultados e também porque quando ajustando funções de tendência, taxas de crescimento distintas tinham sido estimadas.

Os parâmetros da equação seguinte foram estimados para cada um dos onze municípios produtores.

$$\frac{Y_{it} - Y_{iL}}{Y_{iH} - Y_{iL}} = \frac{K_i}{i + e^{-(a_i + b_{it})}} + \epsilon_{it}$$

Os parâmetros deste sistema não linear foram estimados pelo método de Gauss-Newton. Os resultados estão sumarizados nos quadros 1 a 5.

QUADRO 1. - Estimativas de Parâmetros das Funções Logísticas Ajustadas, 1939-69

Município	a	K	b	Data em que $P_{t_i} = .10R_i$	Data em que $P_{t_i} = .90R_i$	r^2
Bertie	-21.55579351 (9.02935037) ^a	.76492515 (.08807981)	.38823097 (.16605052)	1949.86	1963.11	.75
Chowan	-13.80297617 (4.42846566)	.94229829 (.19567829)	.23461030 (.08283470)	1949.47	1971.38	.78
Edgecombe	-30.09489236 (13.74356192)	.81505738 (.09064217)	.51635924 (.23906642)	1954.03	1963.99	.77
Gates	-11.71186613 (3.29493509)	.98573392 (.23804963)	.19707660 (.06410184)	1948.28	1974.37	.81
Halifax	-24.36890801 (8.00755872)	.91339765 (.08562871)	.42543435 (.14260101)	1952.12	1964.20	.84
Hertford	-16.67000241 (5.44393888)	.76446504 (.07659526)	.30965333 (.10437450)	1946.72	1963.24	.78
Martin	-20.31691575 (6.86878105)	.96642326 (.12311125)	.34923148 (.12237480)	1951.88	1966.61	.80
Northampton	-14.13291343 (3.20084871)	1.01137753 (.12448133)	.24506689 (.06001334)	1948.70	1969.68	.88
Perquimans	-16.52373909 (6.52576213)	1.03461965 (.17376679)	.28905066 (.12010392)	1949.56	1967.35	.73
Washington	-18.00027089 (6.87501237)	.95241140 (.15190636)	.31098199 (.12435230)	1950.82	1967.35	.76

a) Erros-padrões.

QUADRO 2. - Estimativas de Parâmetros das Funções Logísticas Ajustadas, 1946-69

Município	a	K	b	Data em que $P_{ti} = .10R_i$	Data em que $P_{ti} = .90R_i$	r^2
Bertie	-21.64661859 (10.04494839) ^a	.76364457 (.09683594)	.38931384 (.18442223)	1949.96	63.17	.72
Chowan	-14.07501533 (4.99796531)	.93857395 (.20789373)	.23883225 (.09290280)	1949.73	71.26	.77
Edgecombe	-26.87847799 (10.61282978)	.82742797 (.09006254)	.46420963 (.18645594)	1953.17	64.24	.81
Gates	- 9.40339736 (2.86487649)	1.10423810 (.38679908)	.15588042 (.05969873)	1946.23	79.21	.79
Halifax	-20.98896222 (6.64639980)	.93073750 (.09355391)	.36877543 (.11999023)	1950.96	64.90	.83
Hertford	-16.37610975 (6.36772512)	.76676266 (.08771388)	.30412167 (.12184180)	1946.62	63.53	.71
Martin	-25.16950436 (10.67625574)	.94358613 (.12812071)	.42841200 (.18598588)	1953.62	65.62	.79
Nash	-734.68860081 (2.57527303)	.73604132 (.06020826)	13.15240121 (.00000000)	1955.69	1956.08	.70
Northampton	-13.20341121 (3.40223235)	1.02822913 (.14901329)	.22910806 (.06439578)	1948.04	70.48	.84
Perquimans	-16.55487755 (7.04296225)	1.03872596 (.18733803)	.28880371 (.12926560)	1949.71	67.52	.72
Washington	-16.26792152 (5.97562201)	.97106673 (.16075806)	.28206268 (.10953864)	1949.89	68.11	.76

a) Erros-padrões.

QUADRO 3. - Valores de t Correspondentes a Diferenças entre Taxas de Mudanças Estimadas, 1938-69

Município	Bertie	Chowan	Edgecombe	Gates	Halifax	Hertford	Martin	Northampton	Perquimans
Bertie	-								
Chowan	3.8726**								
Edgecombe	2.5221*	6.6474**							
Gates	6.4071**	1.8877 ^{ns}	8.0648**						
Halifax	.9554 ^{ns}	6.3512**	1.9062 ^{ns}						
Hertford	2.2948*	3.0204**	4.7440**	5.0744**	3.6602**				
Martin	1.0475 ^{ns}	4.1349**	3.5688**	6.0719**	2.1971**	1.3316 ^{ns}			
Northampton	4.9200**	.5367 ^{ns}	7.0578**	2.8547**	6.8011**	2.9924**	4.2532**		
Perquimans	2.5218*	1.9473 ^{ns}	4.4447**	3.6653**	3.6661**	.6654	1.7802 ^{ns}	1.7566**	
Washington	2.0207*	2.7228**	4.2178**	4.4943**	3.1902**	.0437 ^{ns}	1.1489	2.6312*	.6566

$a_{H_0} : b_i = b_j$; onde b_i e b_j são taxas de mudança dos municípios i e j .

$$t = \frac{\bar{b}_i - \bar{b}_j}{\sqrt{S^2_p \left(\frac{1}{(b_i - \bar{b}_i)^2} + \frac{1}{(b_j - \bar{b}_j)^2} \right)}}$$

para 56 graus de liberdade: $t_{.05} = 2.017$

$t_{.01} = 2.695$

* significante ao nível de ,05

** significante ao nível de ,01

ns não significante

QUADRO 4. - Valores de t Correspondentes a Diferenças entre Taxas de Mudanças Estimadas, 1945-69

Município	Bertie	Chowan	Edgecombe	Gates	Halifax	Hertford	Martin	Northampton	Perquimans
Bertie	-								
Chowan	4.1702**								
Edgecombe	1.5556 ^{ns}	5.9450**							
Gates	7.6585**	4.3899**	9.5303**						
Halifax	.5228 ^{ns}	4.5605**	2.3657**	9.2877**					
Hertford	2.2210*	3.0096**	1.2810 ^{ns}	6.8708**	2.1008*				
Martin	.8109 ^{ns}	5.0632**	.7235 ^{ns}	8.5458**	1.4681 ^{ns}	3.1304**			
Northampton	5.0184**	.4715 ^{ns}	7.0308**	4.9533**	5.7383**	3.2408**	5.9895**		
Perquimans	2.3350*	1.6497 ^{ns}	3.7567**	5.5829**	2.2723*	.4594 ^{ns}	3.1384**	2.2902*	
Washington	2.7315**	1.5920 ^{ns}	4.4232**	5.9491**	2.7784**	.7399 ^{ns}	3.6393**	2.2970*	.2077 ^{ns}

para 40 graus de liberdade: $t_{.05} = 2.021$

$t_{.01} = 2.704$

* significativa ao nível de ,05

** significativa ao nível de ,01

ns não significativa

QUADRO 5. - Estimadas Datas de Origem e Conclusão do Processo de Mudança

Município	$P_t = 0,10$		$P_t = 0,90$	
	39-69	46-69	39-69	46-69
Bertie	1949.86	1949.96	1961.18	1961.25
Chowan	1949.47	1949.73	1968.20	1968.13
Edgecombe	1954.03	1953.17	1962.54	1962.63
Gates	1948.28	1946.23	1970.58	1974.42
Halifax	1948.28	1946.23	1970.58	1974.42
Hertford	1946.74	1946.62	1960.93	1961.07
Martin	1951.88	1953.62	1964.47	1963.88
Nash		1955.69		1956.03
Northampton	1948.70	1948.04	1966.64	1967.22
Perquimans	1949.56	1949.71	1964.67	1964.93
Washington	1950.82	1949.89	1964.95	1965.43

4 - IMPLICAÇÕES RELATIVAS À POLÍTICA AGRÍCOLA

4.1 - Benefícios Sociais Decorrentes de um Aumento na Taxa de Adoção Tecnológica

Um aumento na taxa de adoção para um município em particular gera uma nova função logística que intercepta, de baixo para cima, a curva original. A adicionada proporção de adoção, em dado momento, é dada pela proporção de adoção correspondente à nova logística menos a proporção de adoção correspondente à curva com taxa de adoção inalterada. A adicionada proporção de adoção multiplicada pela diferença entre rendimento mede a quantidade adicionada ao produto por acre em certo momento. Esta quantidade adicionada multiplicada pelo preço do produto corresponde a uma medida em dólares dos benefícios sociais resultantes da mudança tecnológica no caso de uma curva de demanda totalmente elástica.

Um esquema de análise dos benefícios sociais inerentes a um aumento na taxa de adoção é apresentado a seguir:

\bar{P}_{it}^* : proporção da área total no município i , cultivada sob a tecnologia de alto rendimento em t , dado um aumento da taxa de adoção;

\bar{P}_{it} : proporção da área total no município i , cultivada sob a tecnologia de alto rendimento em t , dado a original taxa de adoção.

A figura 3 ilustra o caso de duas curvas de adoção \bar{P}_{it}^* e \bar{P}_{it} . Nesta figura, t_0 corresponde ao ponto no tempo quando a taxa de adoção foi elevada de b para b^* .

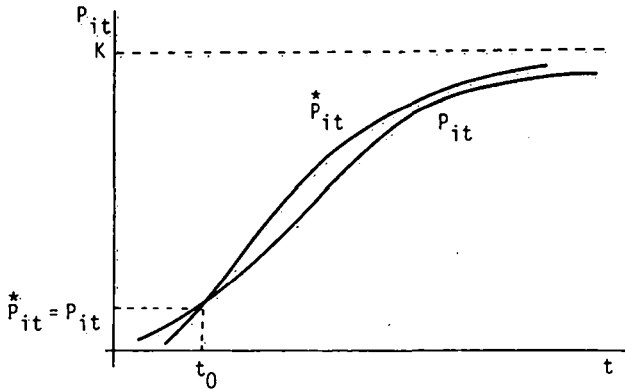


FIGURA 3. - Curvas de Adoção \dot{P}_{it}^* e P_{it} .

As expressões correspondentes a ambas curvas são:

$$P_{it} = \frac{R_i}{i + e^{-(\hat{a}_i + \hat{b}_{it})}} \quad \text{e} \quad \dot{P}_{it}^* = \frac{R_i}{i + e^{-(\hat{a}_i^* + \hat{b}_{it}^*)}}$$

sendo que $\hat{a}_i^* = \ln \left[\frac{P_{it_0}}{K_i - P_{it_0}} \right] - \hat{b}_{it_0}$

O valor presente dos benefícios sociais resultantes de um aumento na taxa de adoção no igêsimo município pode ser expressado como se segue:

$$\begin{aligned} PVSB_i = & \int_{t_0}^{\infty} \pi_{it} \dot{P}_{it}^* A_{it} [Y_{iH} - Y_{iL}] e^{-r(t-\bar{t}_0)} dt - \\ & - \int_{t_0}^{\infty} \pi_{it} P_{it} A_{it} [Y_{iH} - Y_{iL}] e^{-r(t-\bar{t}_0)} dt \end{aligned}$$

onde:

PVSB = valor presente dos benefícios sociais;

π_{it} = preço do produto no igêsimo município em t;

\dot{P}_{it}^* e P_{it} = como definido previamente;

A_{it} = área total plantada no igêsimo município em t;

$[Y_{iH} - Y_{iL}]$ = estimado acréscimo em rendimento devido à adoção tecnológica.

O quadro 6 apresenta uma estimativa de benefícios sociais decorrentes de um acréscimo de 0,01 na taxa de adoção em diversos períodos. Ela ilustra a importância da oportunidade (tempo) quando se processa o aumento na

QUADRO 6. - Estimativas de Valor Atual de Benefícios Sociais por Acre que Resultariam de um Acréscimo de Um por Cento na Taxa de Adoção Ocorrido em Anos Alternativos

Município	1950	1952	1954	1956	1958	1960	1962	1964	1966	1968	1970
Bertie	4.70	3.19	1.95	1.07	.53	.24	.11	.04	.02	.01	.00
Chowan	10.38	8.12	6.12	4.42	2.89	2.01	1.28	.78	.47	.28	.16
Edgecombe	6.07	4.55	3.12	1.87	.94	.39	.14	.05	.02	.01	.00
Gates	10.32	8.24	6.39	4.81	3.50	2.46	1.68	1.12	.73	.47	.29
Halifax	6.53	4.73	3.13	1.84	.94	.43	.18	.07	.03	.01	.00
Hertford	4.42	2.92	1.79	1.02	.55	.29	.14	.07	.04	.02	.01
Martin	8.63	6.51	4.59	2.99	1.78	.96	.49	.23	.11	.05	.02
Nash	4.54	2.99	1.44	.01	-	-	-	-	-	-	-
Northampton	8.64	6.59	4.81	3.35	2.22	1.41	.86	.51	.29	.17	.09
Perquimans	8.07	5.92	4.20	2.77	1.70	.99	.55	.29	.15	.08	.04
Washington	7.36	5.54	3.93	2.60	1.59	.91	.49	.25	.13	.06	.04

taxa de adoção.

4.2 - Diferenças de Taxa de Adoção e "Data de Origem" Municipais

A seguir é analisado porque alguns municípios apresentaram taxas de adoção mais elevadas e porque certos municípios iniciaram o processo de mudança tecnológica anteriormente a outros.

A taxa de mudança b é uma variável de demanda. É, por conseguinte, dependente dos custos e retornos, para fazendeiros, inerentes à adoção. O retorno ao investimento em mudança tecnológica depende da importância da cultura em particular para o fazendeiro. Aqueles que devotam grande parte de suas fazendas ao cultivo da cultura, em particular, auferem maiores benefícios como resultado da adoção tecnológica relativa à considerada cultura, do que aqueles que cultivam apenas pequena parte da fazenda com tal cultura. Dos que mais se beneficiam, por conseguinte, se espera maior taxa de adoção. A cota de amendoim por fazenda foi utilizada como "proxy" para a magnitude da produção ao nível de fazenda.

A demora em iniciar o processo de adoção relaciona-se com a taxa de adoção. Isto porque o custo de inovar decresce ao longo do tempo dada a redução da incerteza associada com a inovação. O segundo produtor, ao adotar uma inovação, o faz com menor grau de incerteza que o primeiro a adotar. Portanto, mais tarde se inicia o processo de adoção, maior será a taxa de adoção. Como "proxy" para a variável retardo na adoção foi utilizada a diferença ($\times 2$) entre o tempo em que determinado município atingiu a proporção .10 e o tempo em que o primeiro município a adotar atingiu tal proporção. A data de origem ou de início do processo de adoção é definida como sendo igual a $\frac{-2.2-\bar{a}}{\bar{b}}$.

Os resultados obtidos são apresentados nos quadros 7 e 8.

4.3 - Data de Origem

"Data de origem" é definida como sendo o ponto no tempo quando a proporção $\bar{P}_t = 10$ foi alcançada.

Esta variável serve como "proxy" de quando um novo pacote tecnológico passou a estar disponível. A data de origem é uma variável de oferta. A data de origem depende de variáveis relacionadas com a esperança de lucro por parte dos ofertantes de inovações em relação a uma área em particular. A lucratividade associada à introdução de inovações em uma área em particular depende dos retornos e dos custos associados à introdução de inovações na área. Por exemplo, Griliches sugere que "a lucratividade relativa de ingresso em uma área depende do tamanho do mercado respectivo, dos custos de comercialização, do custo de inovar naquela área, e (dada uma taxa de juros positiva) da taxa de adoção esperada.

QUADRO 7. - Regressão de b em Termos de Cota por Fazenda (X_1) e Retardamento na Adoção (X_2)

Variável	X_1	X_2	R^2
Coefficiente estimado	.075170	.02975603	.77726291
Desvio-padrão	(.00508769)	(.00782816)	

$$\text{Modelo: } b = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2$$

onde:

b = a estimativa do parâmetro b da função logística;

X_1 = cota por fazenda;

X_2 = retardamento na adoção;

B_i = coeficiente estimado.

Matriz de Correlação entre as Variáveis b, X_1 e X_2

	b	X_1	X_2
b	1.000	.563480	.796968
X_1		1.000	.248915
X_2			1.000
b, X_1 , X_2 como definido na tabela anterior			

A área cultivada com amendoim por fazenda (x_4) é usada como "proxy" para o tamanho do mercado, e a distância por estrada de rodagem em relação ao município que apresentou menor data de origem foi usada como aproximação do custo de inovar. Os resultados são apresentados no quadro 8.

5 - RESUMO E CONCLUSÕES

Pesquisas anteriores têm sugerido que o processo de adoção tecnológica pode ser representado por funções logísticas. Outrossim, análise econômica pode ser aplicada na explicação dos parâmetros do modelo. O início do processo de adoção tem sido explicado por variáveis de oferta, enquanto que a taxa de adoção tem sido explicada por variáveis de demanda.

Estimativas de quando inovações tecnológicas apresentam-se disponíveis e das respectivas taxas de adoção, representam importantes variáveis objetivas no que tange ao desenvolvimento econômico. A coleta de dados relativos à proporção de adotantes de uma nova tecnologia ao longo do tempo, apresenta

QUADRO 8. - Regressão da Data de Origem em Termos de Acres Colhidos por Fazenda (X_4) e Distância por Estrada ao Município com a Menor Data de Origem (X_5)

Variável	X_4	X_5	R^2
Coefficiente estimado	-.05496737	.11142550	.82375370
Desvio-padrão	(.02576573)	(.01927118)	

$$\text{Modelo: } t_{.10} = B_3 + B_4X_4 + B_5X_5$$

onde:

$$t_{.10} = \frac{-2.2-a}{b};$$

X_4 = acres colhidos por fazenda;

X_5 = distância por estrada do igésimo município ao município com menor data de origem;

B_i = parâmetros a serem estimados.

Matriz de correlação das variáveis $t_{.10}$, X_4 e X_5

	$t_{.10}$	X_4	X_5
$t_{.10}$	1.000	-.295359	.850581
X_4		1.0000	.024914
X_5			1.0000

$t_{.10}$, X_3 , X_4 conforme definição anterior

sérias dificuldades. Em geral, a adoção de uma inovação tecnológica, mormente na agricultura, não se relaciona à inclusão na função de produção de um unicamente identificado novo insumo. Mesmo no caso do milho híbrido, estudado por Griliches, muitas variedades de milho híbrido foram consideradas. Portanto, milho híbrido é um termo relativo a um conjunto de novos insumos. Este conjunto necessariamente inclui informações quanto às novas variedades e como utilizá-las. Mesmo quando não levando em conta estas sérias dificuldades conceituais, a coleta de dados sobre a proporção de inovadores é tanto custosa quanto demorada.

Neste estudo foram estimadas funções logísticas relativas a mudanças de processos produtivos por municípios com base em índices parciais de produtividade. Isto foi conseguido através da construção de um modelo logístico.

Outrossim, é apresentado um esquema analítico de estimativa do valor atual dos benefícios sociais decorrentes de simulados aumentos na taxa de adoção tecnológica.

Finalmente, os parâmetros das funções logísticas estimadas foram explicadas estatisticamente dentro do contexto da teoria econômica. A aplicabilidade do modelo construído ao estudo de mudança tecnológica, em geral, apresenta-se, no entender do autor, promissora. Tal aplicabilidade, no entanto, só poderá vir a ser plenamente testada como resultado da utilização mais ampla do modelo no estudo do processo de mudança tecnológica.

LITERATURA

1. GRILICHES, Z. 1957. "Hybrid corn: An Exploration in the Economics of Technological Change". "Econometrics", 25 (4):501-522.
2. HAYAMI, Y. & V.W.RUTTAN. 1971. "Agricultural Development: An International Perspective". Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
3. HUFFMAN, W.E. 1974. "Decision Making: The Role of Education". "American Journal of Agricultural Economics", 56 (1): 85-96.
4. LIONBERGER, H.F. 1952. "The Diffusion of Farm and Home Information as an Area of Sociological Research". "Rural Sociology", 17; 132-140.
5. MANSFIELD, E. 1968. "Industrial Research and Technological Innovation". W.W.Norton and Company, New York.
6. ROGERS, E. 1962. "Diffusion of innovations". Macmillan and Company, New York.
7. SCHULTZ, T.W. 1964. "Transforming Traditional Agriculture", Yale University Press, New Haven, Conn.