

Impactos Econômicos de Novas Tecnologias: Um Estudo de Caso da Embrapa Caprinos

Wander, Alcido Elenor¹; Magalhães, Marília Castelo²; Vedovoto, Graciela Luzia²; Martins, Espedito Cezario¹

Resumo

A avaliação de impactos de tecnologias permite o levantamento de informações extremamente relevantes para justificar os esforços direcionados à pesquisa e desenvolvimento no intuito de gerar novas tecnologias. Na pesquisa agropecuária brasileira, a avaliação de impactos das tecnologias geradas pela Embrapa está se tornando algo rotineiro. Assim que novas tecnologias passam a ser adotadas, avaliações *ex-post* são conduzidas para estimar os benefícios líquidos de sua adoção. Para tanto, num primeiro passo, os benefícios obtidos com a adoção, como aumento de produtividade, melhoria da qualidade, redução de custos etc. são estimados. Em seguida, são levantados os custos da geração, adaptação e transferência da tecnologia para os usuários. A diferença entre os benefícios da adoção e os custos de geração, adaptação e transferência representa o benefício líquido, expresso pelo valor presente líquido e pela taxa interna de retorno. Os resultados obtidos, até então, representam uma informação adicional para cada tecnologia, favorecendo sua adoção pelos beneficiários e permitindo o acesso a novas fontes de fomento à pesquisa e desenvolvimento. Um exemplo de tecnologia gerada com participação da Embrapa e adotada por produtores rurais no Semi-Árido é a terminação de cordeiros em confinamento, durante a estação seca, quando a base alimentar é reduzida e os preços da carne são elevados. A avaliação dos impactos econômicos dessa tecnologia determinou uma taxa interna de retorno de 32,0% para os investimentos feitos em pesquisa e desenvolvimento na Embrapa, o que é bem superior às alternativas disponíveis para aplicação do recurso.

Palavras-chave: pesquisa agropecuária, avaliação de impactos econômicos, Embrapa

Introdução

A avaliação de impactos econômicos de novas tecnologias fornece informações extremamente úteis para justificar os recursos investidos em pesquisa e desenvolvimento para gerar estas tecnologias. Sem a análise econômica, é difícil conhecer o valor social do conhecimento científico ou de novas tecnologias e fazer julgamentos sobre os *trade-offs* na alocação de escassos recursos para a pesquisa (Alston et al., 1995).

Na pesquisa agropecuária brasileira realizada na EMBRAPA é uma convenção avaliar os impactos econômicos das tecnologias geradas e adaptadas pela instituição. Dessa forma, quando as novas tecnologias são adotadas, a avaliação *ex-post* é iniciada para avaliar os benefícios líquidos da sua adoção.

Aspectos Conceituais - Método do Excedente Econômico

Este trabalho tem como base conceitual o método do excedente econômico, que tem como objetivo mensurar os benefícios sociais agregados de um projeto de pesquisa. Busca-se, através desse método, estimar os retornos dos investimentos, calculando uma variação nos excedentes do consumidor e produtor resultante de uma mudança tecnológica gerada pela pesquisa. A partir daí, o excedente econômico é utilizado junto com os custos da pesquisa

¹ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos (CNPC) da EMBRAPA, Sobral-CE.

² Técnica de Nível Superior da Secretaria de Gestão e Estratégia (SGE) da EMBRAPA, Brasília-DF.

para calcular o Valor Presente Líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) ou a relação Custo-Benefício (C/B) (Maredia et al., 2000).

A vantagem do método do excedente econômico sobre os outros, como os modelos econométricos e de programação, é que requer bem menos informação e ainda assim produz resultados úteis e bastante efetivos em mostrar os benefícios que a pesquisa agrícola gera.

A Figura 1 mostra o impacto da pesquisa sobre o excedente econômico. Quando a curva de oferta se desloca para a direita devido aos impactos positivos da pesquisa sobre ganhos de produtividade e redução de custos, o consumidor tem um ganho de $B + C$ (ou seja, o consumidor sempre ganha com a pesquisa, devido a redução de preços). Já o produtor perde a área B , devido a redução de preços, mas ganha a área A , devido ao aumento do consumo. O impacto sobre o produtor, ou seja, se ele ganha ou perde, dependerá das elasticidades da curva de demanda e oferta. Dessa forma, o benefício da pesquisa para a sociedade é a soma das áreas A e C .

O método do excedente econômico requer, assim, informações sobre o aumento de produtividade gerado pela pesquisa, preço de equilíbrio do produto avaliado, taxas de adoção, custos de adoção, espaço de tempo entre a realização da pesquisa e sua adoção, e elasticidade preço da demanda e oferta. A partir daí, é possível calcular a magnitude do deslocamento da curva de oferta resultante da adoção de inovações tecnológicas (Maredia et al., 2000).

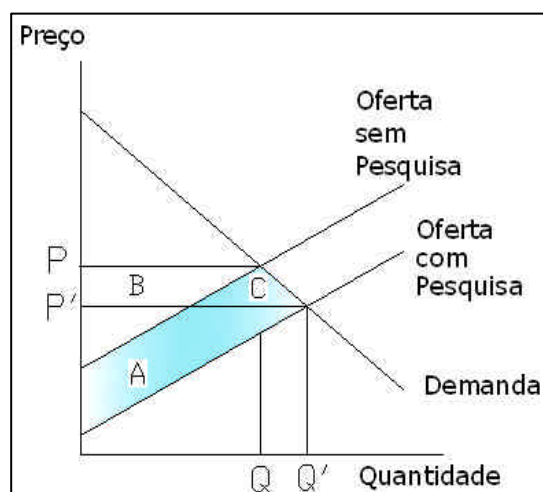


Figura 1. Impacto da pesquisa sobre o excedente econômico

No entanto, segundo Masters et al. (1996), análises de sensibilidade comprovam que as elasticidades da oferta e demanda têm pouca influência na determinação da variação do excedente econômico quando comparadas com outras variáveis, como por exemplo, preço, produtividade, quantidade, etc. Dessa forma, para mensurar o principal impacto da tecnologia Terminação de Cordeiro em Confinamento - a redução nos custos de produção – baseia-se em Ávila (2001), onde se considera a curva de oferta perfeitamente elástica e a curva de demanda perfeitamente inelástica.

Os ganhos gerados por redução de custos estão representados na Figura 2. Com a redução dos custos, insumos são poupados e assim a curva de oferta (S_0) se desloca para baixo (S_1). O excedente econômico gerado por essa hipótese é então a área $P_1 \times P_2 y$.

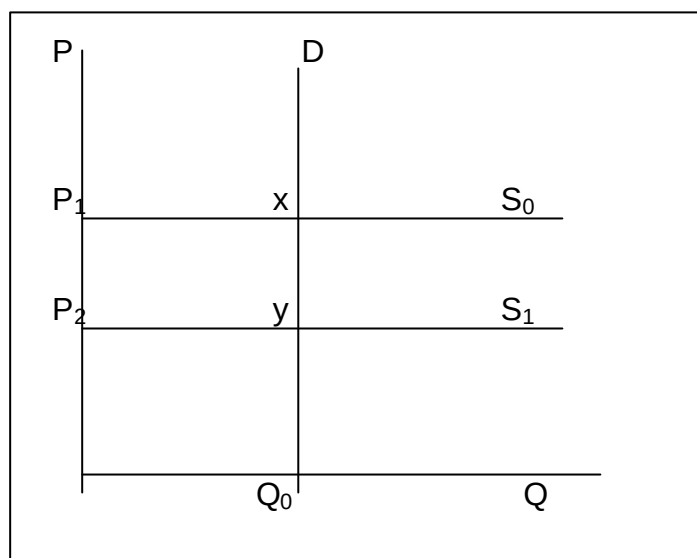


Figura 2. Ganhos gerados pela redução de custos.

Para que seja analisada a viabilidade da pesquisa, é necessário que o fluxo de ganhos sociais gerados seja comparado ao fluxo de custos da pesquisa em si, a uma taxa de desconto apropriada. Estes são os custos de geração da pesquisa como, por exemplo, a parcela do salário dos pesquisadores envolvidos correspondente ao tempo que gastaram na pesquisa em questão, veículos utilizados, infra estrutura, custos administrativos, etc. Frequentemente, programas de extensão também são necessários para acelerar a adoção, devendo também ser computados.

Resultados e discussão – Avaliação dos Impactos Econômicos da Tecnologia: Terminação de Cordeiros em Confinamento

O Semi-Árido concentra em torno de 55% do efetivo do rebanhos de ovinos do Brasil. Uma característica importante das áreas semi-áridas reflete-se em um regime hídrico com uma estação chuvosa relativamente curta (3 a 5 meses) seguida de uma longa estação seca (7 a 9 meses).

Um exemplo de tecnologia gerada com participação da Embrapa e adotada por produtores rurais no Semi-Árido é a terminação de cordeiros em confinamento, durante a estação seca, quando a base alimentar é reduzida e os preços da carne são elevados. Os resultados da avaliação de impactos econômicos dessa tecnologia serão apresentados a seguir.

Durante a estação seca, a escassez de alimentos para os animais reduz e limita a produtividade animal. A fim de manter a regularidade na produção de carne durante os meses da estação seca, muitas vezes, os produtores compram alimentos disponíveis em outras regiões. Desta forma, a produção de carne nas zonas semi-áridas durante a estação seca torna-se extremamente onerosa.

Após quatro (04) anos de pesquisas, a EMBRAPA passou a recomendar um sistema de acabamento onde os cordeiros são mantidos em regime de confinamento durante a estação seca. Confinando-se os cordeiros na estação seca, reduz-se consideravelmente a necessidade de alimentos e melhora-se o desempenho animal, permitindo uma redução dos custos de produção de carne nesta estação.

Como mencionado, para realizar a avaliação dos impactos econômicos são estimados os ganhos da adoção (ex.: aumento da produtividade, melhoria da qualidade, redução de custos etc.). para serem comparados aos custos ocorridos durante a geração, adaptação e transferência da tecnologia.

A geração e a adaptação da tecnologia às condições dos agricultores foi realizada entre 1995 e 1998. A Embrapa iniciou o processo de transferência desta tecnologia em 1999. A Tabela 1 mostra, de forma detalhada, a estimativa dos custos de geração e transferência da tecnologia.

A mão-de-obra representa o principal componente dos custos durante a fase de pesquisa. Durante os primeiros três anos de geração da tecnologia os custos envolvendo a mão-de-obra de pesquisadores, técnicos agrícolas e manejadores representou mais de 70% do total anual dos custos de geração da tecnologia.

Os custos com trabalho contemplam o envolvimento de dois pesquisadores M.Sc., um técnico agrícola e um manejador de animais. O tempo de dedicação ao projeto foi de 20 e 15% para os dois pesquisadores, 20% para o técnico agrícola e 30% para o manejador. As atividades relacionadas ao projeto concentraram-se nos meses da estação seca, ou seja, de julho a dezembro. Os percentuais já foram ajustados para os 12 meses do ano.

O cálculo do gasto anual para cada categoria de mão-de-obra foi feito a partir do seguinte modelo:

$$GAE_i = \left\{ \left[SM_i + \left(SM_i * \frac{40}{100} \right) \right] * 13 \right\} * \frac{TDP}{100}$$

Onde:

GAE_i = Gasto Anual da Embrapa com trabalhadores da categoria "i",

SM_i = Salário Médio do grupo dos trabalhadores da categoria "i",

TDP = Percentual de tempo dedicado ao projeto (%).

Desta forma obtivemos os seguintes gastos anuais para a Embrapa:

$$\text{Pesquisadores M.Sc.:} = \left\{ \left[2.933,74 + \left(2.933,74 * \frac{40}{100} \right) \right] * 13 \right\} * \frac{35}{100} = 18.687,92$$

$$\text{Técnico agrícola:} = \left\{ \left[1.854,36 + \left(1.854,36 * \frac{40}{100} \right) \right] * 13 \right\} * \frac{20}{100} = 6.749,87$$

$$\text{Manejador:} = \left\{ \left[940,32 + \left(940,32 * \frac{40}{100} \right) \right] * 13 \right\} * \frac{30}{100} = 5.134,15$$

Somando-se os gastos anuais com as três categorias obtém-se R\$ 30.571,94, os quais, depois de multiplicados por quatro anos, totalizam R\$ 122.287,76.

Durante a fase de geração da tecnologia (1995 a 1998), os custos operacionais anuais abrangeram gastos com alimentação (volumosos, concentrados), medicamentos, vermífugo, combustível e energia. Estes gastos referem-se ao acabamento em confinamento de um total de 30 animais por ano. Foram confinados 30 animais por ano na estação seca (julho a dezembro) dos anos de execução do projeto. Assim, foram computados gastos anuais de R\$ 87,50 com alimentos volumosos, R\$ 520,00 com alimentos concentrados (milho + farelo de soja + sal mineral), R\$ 50,00 com medicamentos diversos, R\$ 30,00 com vermífugos, R\$ 500,00 com combustível e R\$ 56,00 com energia elétrica, totalizando R\$ 1.243,50 ao ano. Ao final de quatro anos os gastos operacionais somaram R\$ 4.974,00.

Tabela 1. Estimativa de gastos da Embrapa com pessoal, custeio, capital na geração e transferência da tecnologia "Terminação de cordeiros em confinamento", em R\$.

Custos	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Custos com trabalho												
Pesquisadores	18.687,92	18.687,92	18.687,92	18.687,92								
Téc. Agrícola	6.749,87	6.749,87	6.749,87	6.749,87								
Manejador	5.134,15	5.134,15	5.134,15	5.134,15								
Soma parcial	30.571,94	30.571,94	30.571,94	30.571,94								
Custos operacionais												
Volumoso (feno)	87,50	87,50	87,50	87,50								
Concentrados	520,00	520,00	520,00	520,00								
Medicamentos	50,00	50,00	50,00	50,00								
Vermífugos	30,00	30,00	30,00	30,00								
Combustível	500,00	500,00	500,00	500,00								
Energia elétrica	56,00	56,00	56,00	56,00								
Soma parcial	1.243,50	1.243,50	1.243,50	1.243,50								
Custos de capital												
Máquinas / equipamentos	350,00	350,00	350,00	350,00								
Instalações	400,00	400,00	400,00	400,00								
Soma parcial	750,00	750,00	750,00	750,00								
Custos de transferência				15.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	11.200,00	12.544,00	14.049,28	15.735,19
Custos administrativos	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.720,00	7.526,40	8.429,57	9.441,12
Custo total	42.565,44	42.565,44	42.565,44	57.565,44	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00	17.920,00	20.070,40	22.478,85	25.176,31

(cont...)

Custos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Custos de transferência	17.623,42	19.738,23	22.106,81	24.759,63	27.730,79	31.058,48	34.785,50	38.959,76	43.634,93
Custos administrativos	10.574,05	11.842,94	13.264,09	14.855,78	16.638,47	18.635,09	20.871,30	23.375,86	26.180,96
Custo total	28.197,47	31.581,16	35.370,90	39.615,41	44.369,26	49.693,57	55.656,80	62.335,62	69.815,89

Para os custos de transferência e administração nos anos 2003-2015 foi considerado um aumento de 12% a.a. sobre 2002.

Os custos de capital referem-se, basicamente, ao capital físico usado durante a execução do projeto. Nele incluem-se o triturador forrageiro (máquinas) e o aprisco (instalações). Dividindo-se o valor da máquina e da instalação pela sua respectiva vida útil obtém-se a depreciação anual, a qual somada aos custos anuais de manutenção irá compor o custo anual de cada item do capital físico. Assim, foram obtidos custos anuais de R\$ 350,00 para máquinas e R\$ 400,00 para instalações, totalizando R\$ 750,00 anuais. Desta forma, após quatro anos de pesquisa foram gastos R\$ 3.000,00.

Os custos relacionados à transferência da tecnologia começaram a ocorrer durante o último ano da fase de geração da tecnologia (1998). Os principais custos de transferência foram publicações, dias de campo etc., que totalizaram R\$ 15.000,00 naquele ano. Depois de iniciado o processo de transferência da tecnologia considerou-se custos anuais de R\$ 10.000,00. Após o ano de 2002, os custos foram acrescidos em 12% a.a.

Os custos administrativos abrangem setores de apoio da Unidade, os quais colaboraram na execução do projeto e, conseqüentemente, na geração da tecnologia. Entre estes setores destaca-se o Setor de Compras, de Patrimônio, Financeiro e de Transportes. Foram estimados custos ao redor de R\$ 10.000,00 por ano para o período de geração da tecnologia, que correspondem a parcela de contribuição destes setores para a execução das pesquisas. Para os anos de transferência (1999 em diante) o envolvimento do setor administrativo diminuiu, sendo estimado em aproximadamente R\$ 6.000 ao ano. Foi considerado um aumento nos custos administrativos de 12% a.a. após 2002.

Desta forma, somando-se os gastos totais do período de 1995 a 1998 para os diferentes itens, chegou-se a um custo total de geração e divulgação da tecnologia de, aproximadamente, R\$ 185.261,76. Para os anos de 1999 a 2002 os gastos foram de R\$ 16.000 com transferência de tecnologia e custos administrativos.

Além disso, espera-se que no período de 2003 a 2015 os gastos com transferência da tecnologia e administração aumentem 12,0% ao ano em relação aos custos de 2002.

Estimativa dos impactos econômicos da adoção da tecnologia

Os principais ganhos obtidos com a adoção desta tecnologia no Semi-Árido brasileiro estão ligados à redução dos custos do acabamento. Os custos de produção anteriores (sem a tecnologia) e posteriores (com a tecnologia) à adoção foram estimados com base nas informações obtidas junto a agricultores do Semi-Árido nordestino (Tabela 2)

Tendo em vista que a maior parte das pesquisas relacionadas à adaptação desta tecnologia para as condições da Zona Semi-Árida e boa parte de sua transferência foram feitas pela Embrapa, atribuiu-se a ela uma participação de 60% nos resultados obtidos (Tabela 3)

Tabela 2. Ganhos de Redução de Custos Regionais.

Ano	Unidade de medida (UM)	Custo anterior (R\$/UM) (A)	Custo atual (R\$/UM) (B)	Economia obtida (R\$/UM) (C= (A – B))
2001	Carcças de 12 kg	47,00	44,00	3,00
2002		48,00	45,00	3,00
2003*		53,76*	50,40*	3,36*
2004*		60,21*	56,45*	3,76*
2005*		67,44*	63,22*	4,22*
2006*		74,18*	69,54*	4,64*
2007*		81,60*	76,49*	5,11*
2008*		89,76*	84,14*	5,62*
2009*		98,74*	92,55*	6,19*
2010*		108,61*	101,81*	6,80*
2011*		119,47*	111,99*	7,48*
2012*		131,42*	123,19*	8,23*
2013*		144,56*	135,51*	9,05*
2014*		159,02*	149,06*	9,96*
2015*		174,92*	163,97*	10,95*

* Projeção feita considerando-se uma expectativa de aumento nos custos de produção ao redor de 12% a.a. para ambas as situações (com e sem a adoção da tecnologia).

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3. Benefícios Econômicos Regionais.

Ano	Participação Embrapa - % (D)	Ganho Líquido Embrapa – R\$/UM E = (C x D)/100	Unidade de medida – UM	Nível de adoção - UM (F)	Benefício Econômico – R\$ G = (E x F)
2001	60	1,80	Carcças de 12 kg	100.000	180.000,00
2002	60	1,80		110.000	198.000,00
2003*	60	2,02		121.000	244.420,00
2004*	60	2,26		133.100	300.806,00
2005*	60	2,53		146.410	370.417,30
2006*	60	2,78		161.051	447.721,78
2007*	60	3,07		177.156	543.868,92
2008*	60	3,37		194.872	656.718,64
2009*	60	3,71		214.359	795.271,89
2010*	60	4,08		235.795	962.043,60
2011*	60	4,49		259.375	1.164.593,75
2012*	60	4,94		285.313	1.409.446,22
2013*	60	5,43		313.844	1.704.172,92
2014*	60	5,98		345.228	2.064.463,44
2015*	60	6,57		379.751	2.494.964,07

* Projeções de ganho líquido feitos a partir da Tabela 1; Projeções de nível de adoção feitas considerando-se incrementos de 10% ao ano no nível de adoção da tecnologia para o período 2003-2015.

Fonte: Dados da pesquisa.

O nível de adoção da tecnologia foi estimado em 2001 para 1,0% dos animais abatidos, ou seja, 100.000 animais acabados em confinamento, o que gerou um ganho de adoção de R\$ 180.000 naquele ano. Já em 2002 considerou-se que houve um aumento de 10% no número de animais terminados em confinamento gerando ganhos de adoção de R\$ 198.000. Esta taxa de aumento do nível de adoção da tecnologia de 10% foi considerada até o ano de 2015 gerando ganhos de adoção na ordem de R\$ 2,5 milhões o ano de 2015 (Tabela 2).

Análise Benefício - Custo

Segundo Gittinger (1982), a diferença entre os ganhos e os custos da geração e transferência representam o benefício líquido da tecnologia, explicado pela taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e análise benefício-custo (BC). A fim de permitir os cálculos com valores atualizados usou-se, neste trabalho, uma taxa de desconto de 12%. Os resultados obtidos até então servem como informação adicional para cada tecnologia a fim de promover a sua adoção pelos beneficiários e acessar novas fontes de financiamento para pesquisa.

A Figura 3 apresenta a análise de BC, TIR e VPL. Conforme pode ser visto na Figura 3, o fluxo dos benefícios líquidos passa a ser positivo logo após o início da adoção da tecnologia em 2001. Com uma TIR de 32,0% a tecnologia “acabamento de cordeiros em confinamento” representa uma opção eficiente de alocação de recursos.

ANÁLISE BENEFÍCIO/CUSTO			
Tecnologia: Terminação de cordeiros em confinamento			
Unidade: Embrapa Caprinos			
Anos	FLUXO DE BENEFÍCIOS	FLUXO DE CUSTOS	FLUXO DE BENEFÍCIOS LÍQUIDOS
1 (1995)	0,00	93.533,61	(93.533,61)
2 (1996)	0,00	85.546,14	(85.546,14)
3 (1997)	0,00	79.591,92	(79.591,92)
4 (1998)	0,00	105.837,12	(105.837,12)
5 (1999)	0,00	24.518,23	(24.518,23)
6 (2000)	0,00	22.328,57	(22.328,57)
7 (2001)	180.000,00	20.225,71	159.774,29
8 (2002)	198.000,00	16.000,00	182.000,00
9 (2003)	244.420,00	17.920,00	226.500,00
10 (2004)	300.806,00	20.070,40	280.735,60
11 (2005)	370.417,00	22.478,85	347.938,15
12 (2006)	447.721,78	25.176,31	422.545,47
13 (2007)	543.868,92	28.197,47	515.671,45
14 (2008)	656.718,64	31.581,16	625.137,48
15 (2009)	795.271,89	35.370,90	759.900,99
16 (2010)	962.043,60	39.615,41	922.428,19
17 (2011)	1.164.593,75	44.369,26	1.120.224,49
18 (2012)	1.409.446,22	49.693,57	1.359.752,65
19 (2013)	1.704.172,92	55.656,80	1.648.516,12
20 (2014)	2.064.463,44	62.335,62	2.002.127,82
21 (2015)	2.494.964,07	69.815,89	2.425.148,18
Valores passados corrigidos pelo IGP-DI, preços de dezembro de 2002;			
Valores referentes ao período 2003-2015 referem-se aos valores de 2002 acrescidos de 12% a.a.			
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)			32%
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (em Mil reais)			R\$ 1.724,28
Taxa de desconto de 12%			
Comentários			
A tecnologia foi gerada nos anos 1 (1995) a 4 (1998), tendo sido lançada no ano 5 (1999) e sua adoção por parte dos usuários começou no ano 7 (2001). Assim, a partir do início da adoção, foram considerados 15 anos (2001-2015).			

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3. Análise Benefício-Custo, -Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL) da tecnologia “Acabamento de Cordeiros em Confinamento”.

Conclusões e perspectivas

Os impactos econômicos de novas tecnologias são mensuráveis e fornecem informações importantes para os tomadores de decisão sobre as opções de alocação de recursos.

As instituições de pesquisa deveriam concentrar seus esforços em atividades das quais se esperam a obtenção de tecnologias que incrementem a produtividade, reduzam custos e melhorem a qualidade dos produtos.

No Nordeste brasileiro o acabamento de cordeiros em confinamento durante a estação seca representa uma opção tecnológica eficiente.

Referências

Alston, Julian M., Norton, George W., Pardey, Philip G. *Science under Scarcity*. Wallingfor, UK: Cab International. 1998. (First published in 1995 by Cornell University Press).

Ávila, Antônio Flávio Dias. *Avaliação dos Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais da Pesquisa da Embrapa: Metodologia de Referência*. 2001. Embrapa, SEA.

Gittinger, James Price. *Economic Analysis of Agricultural Projects*. 2nd edition. Baltimore, London: The Johns Hopkins University Press. 1982. (EDI Series in Economic Development).

Maredia, Mywish, Byerlee, Derek, Anderson Jock. *Ex Post Evaluation of Economic Impacts of Agricultural Research Programs: A Tour of Good Practice*. Paper presented to the Workshop on "The Future of Impact Assessment in CGIAR: Needs, Constraints, and Options", Standing Panel on Impact Assessment (SPIA) of the Technical Advisory Committee, Rome, May 3-5, 2000.

Masters, William et al. *The Economic Impact of Agricultural Research: A Practical Guide*. Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN. 1996.