

# Crescimento da produtividade total dos fatores

## O papel do capital tecnológico<sup>1</sup>

Antonio Flavio Dias Avila<sup>2</sup>  
Robert E. Evenson<sup>3</sup>

### Introdução

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) publica dados sobre produção agrícola e pecuária, e sobre terras agrícolas e de pastagens, mão-de-obra utilizada na agricultura, fertilizantes, sementes, tratores e máquinas colheitadeiras e efetivo animal. Este artigo tem por objetivo utilizar esses dados para calcular as taxas de crescimento na produtividade total dos fatores (PTF) na produção agrícola, na produção animal e na produção agropecuária agregada em dois períodos: 1961/1980 e 1981/2001.

Evidentemente, esses cálculos têm limitações, decorrentes da natureza dos dados em que se baseiam. A primeira delas é que só foram computadas, aqui, as taxas de crescimento da PTF, e não se pode comparar os níveis da PTF entre países. A segunda e mais importante é que, neste artigo, não foram feitos ajustes por mudanças na "qualidade" dos insumos (embora, o tenhamos feito de forma indireta). Os cálculos da PTF contidos neste artigo devem ser considerados cálculos brutos.

Os cálculos brutos do crescimento da PTF, por terem uma qualidade padronizada, apre-

sentam uma vantagem em relação aos cálculos que figuram na literatura. Foi aplicada uma metodologia comum para calcular as ponderações da participação de todos os países, assim como um período comum a todos eles. O fato de não se terem realizado ajustes por qualidade dos insumos também contribuiu para essa padronização de cálculos.

Neste artigo, são detalhados os métodos usados nos cálculos; o resumo dos cálculos por região; a classificação dos dois sentidos do capital tecnológico (o capital de inovação e o capital de imitação); analisadas as mudanças no capital tecnológico; relacionadas as taxas de crescimento da PTF com o capital tecnológico. Foi incluída uma análise de decomposição estatística da PTF, que tem por finalidade identificar as origens do crescimento da PTF. Por fim, são apresentadas as conclusões.

### Métodos

Os índices de PTF podem derivar-se de várias formas. A derivação menos restritiva provém da relação contábil em que o valor dos produtos é igual ao valor dos insumos usados para produzir tais produtos.

<sup>1</sup> Este artigo faz parte do programa de pós-doutorado, desenvolvido no Economic Growth Center, da Universidade de Yale (New Haven, Connecticut, Estados Unidos), em 2002/2003.

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa, Secretaria de Gestão e Estratégia, Embrapa.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Economia, Economic Growth Center, da Universidade de Yale.

## Derivação da relação contábil

Seja:

$$\sum P_i Q_i = PQ = \sum R_j I_j = RI \quad (1)$$

Em que  $P_i$  é o preço dos produtos,  $Q_i$  as quantidades de produtos,  $R_j$  o preço dos insumos e  $I_j$  as quantidades dos insumos.  $P$  e  $R$  são os vetores dos preços,  $Q$  e  $I$ , os vetores dos produtos e dos insumos.

Essa relação contábil requer simplesmente que os insumos,  $I_j$ , recebam pagamentos,  $R_j$ , que esgotam o valor total de produção ( $\sum P_i Q_i$ ). Isso não requer que todos os produtores sejam tecnicamente eficientes no sentido de que produzam numa função de produção, nem que os produtores sejam eficientes em matéria de alocação.

Quando (1) se expressa em forma de "taxa de crescimento", a expressão resultante é:

$$\sum Q_i \frac{\partial P_i}{\partial t} dt + \sum P_i \frac{\partial Q_i}{\partial t} dt = \sum I_j \frac{\partial R_j}{\partial t} dt + \sum R_j \frac{\partial I_j}{\partial t} dt \quad (2)$$

São divididas ambas as partes de (2) por  $\sum P_i Q_i$  e multiplicados os dois termos da direita por  $R_j/R_j$  and  $I_j/I_j$ . Note-se que  $\frac{I_j R_j}{\sum I_j R_j} = C_j$  é a participação do fator  $j$ .

A taxa de crescimento numa variável se define como:

$$\hat{I}_j = \frac{1}{I_j} \frac{\partial I_j}{\partial t} dt$$

Em conseqüência,

$$\hat{P} + \hat{Q} = \sum C_j \hat{R}_j + \sum C_j \hat{I}_j = \hat{R} + \hat{I}$$

quando a PTF é constante.

O crescimento residual da PTF pode então medir-se de duas formas equivalentes, numa economia fechada em equilíbrio competitivo:

$$G_{TFP} = \hat{R} - \hat{P} \quad (3)$$

e

$$G_{TFP} = \hat{Q} - \hat{I} \quad (4)$$

No comércio internacional, a relação de preços não se mantém necessariamente, mas a relação  $\hat{Q} - \hat{I}$  se mantém em todas as economias.

Note-se que:

$$\hat{Q} = \sum_i S_i \hat{Q}_i \quad (5)$$

Em que  $S_i$  é a participação do produto  $i$  no produto total

e

$$\hat{I} = \sum_j C_j \hat{I}_j$$

Em que  $C_j$  é a participação do custo do insumo  $j$  no custo total.

Essa relação também pode derivar-se a partir de uma função de custo minimizada e, como resultado,  $G_{TFP}$  constitui também uma medida da redução do custo a preços constantes nos dois fatores.

## Taxas de crescimento da produção

Para os cálculos da FAO, foi efetuada uma aproximação para estimar  $\hat{Q}$ . A FAO publicou índices da produção da agricultura, da pecuária e da produção agregada de cada país para o período 1961/2001. Como a produção é afetada pelo clima, foram estabelecidas, primeiramente, médias móveis de 3 anos para cada índice, e, em seguida, foram estimados os seguintes índices para os períodos 1961/1980 e 1980/2001:

$$\ln(I_C) = a + \text{Ano } b_C$$

$$\ln(I_L) = a + \text{Ano } b_L \quad (6)$$

$$\ln(I_A) = a + \text{Ano } b_A$$

Os coeficientes  $b_C$ ,  $b_L$  e  $b_A$  são taxas geométricas de crescimento dos índices. Note-se, entretanto, que, na prática, os índices são índices de "Laspayres", que utilizam preços em dólares da FAO. Dadas as complexidades do número de produtos básicos e a variabilidade de ano para ano, admite-se que essa aproximação não se afasta muito do marco contábil. Nas tabelas 1a, 1b e 1c, são apresentadas as taxas de crescimento do produto correspondentes a 22 países latino-americanos, 21 países asiáticos e 37 países africanos.

### Taxas de crescimento dos insumos

No caso dos insumos, foi utilizado o mesmo procedimento para estimar as taxas de crescimento correspondentes aos dois períodos. Os insumos para a produção da agricultura e da pecuária foram os que se seguem:

a) Agricultura: área cultivada (temporária + permanente), mão-de-obra, agroquímicos (fertilizantes + defensivos), força animal, serviços de máquinas (tratores mais colheita-deiras).

b) Pecuária: área com pastagens (natural + artificial), mão-de-obra, agroquímicos (fertilizantes + defensivos + medicamentos), capital animal e ração.

A FAO produz uma série de dados para área cultivada e com pastagem, mão-de-obra e fertilizantes. No caso da força animal, foram utilizadas as séries do total de cavalos e mulas. Para serviços de máquinas, as séries correspondem a tratores e colheitadeiras. O capital animal está constituído pelo número de cabeças de gado.

As estimativas de ração provêm de Nin et al. (2003). Esses autores transformaram o total de ração consumida (para todos os produtos) da

**Tabela 1a.** Taxas de crescimento da produção agropecuária na América Latina e no Caribe, no período 1962/1981 e 1981/2001.

Região/país	Taxas de crescimento do produto agropecuário – %					
	Agricultura		Pecuária		Agregadas	
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)
<b>Cone Sul</b>	<b>2,79</b>	<b>2,98</b>	<b>1,74</b>	<b>2,95</b>	<b>2,16</b>	<b>2,80</b>
Argentina	2,86	4,43	1,24	0,92	1,86	2,18
Brasil	3,20	3,60	4,28	4,58	3,72	3,41
Chile	1,40	2,99	1,92	3,92	1,53	3,67
Paraguai	5,35	1,31	1,26	4,17	3,53	3,27
Uruguai	1,16	2,58	0,00	1,16	0,18	1,48
<b>Região Andina</b>	<b>2,43</b>	<b>2,65</b>	<b>3,95</b>	<b>2,92</b>	<b>3,00</b>	<b>3,09</b>
Bolívia	4,01	4,36	4,72	2,77	4,45	3,83
Colômbia	3,77	1,19	2,81	3,02	3,22	2,18
Equador	0,67	3,65	3,81	4,18	1,72	4,05
Peru	0,87	3,18	2,79	3,38	1,49	3,53
Venezuela	2,83	0,87	5,61	1,26	4,10	1,86
<b>América Central</b>	<b>3,60</b>	<b>1,32</b>	<b>4,35</b>	<b>2,84</b>	<b>3,87</b>	<b>1,89</b>
Costa Rica	4,76	4,26	5,74	3,14	5,15	3,77
El Salvador	2,95	-0,17	3,64	2,48	3,04	0,69
Guatemala	4,85	2,51	3,17	2,92	4,36	2,63
Honduras	3,26	1,32	3,73	4,14	3,40	2,28
México	3,10	1,71	4,76	2,35	3,53	1,96
Nicarágua	2,92	0,30	5,39	2,13	3,95	1,09
Panamá	3,39	-0,71	3,98	2,73	3,64	0,80

Continua...

Tabela 1a. Continuação.

Região/país	Taxas de crescimento do produto agropecuário – %					
	Agricultura		Pecuária		Agregadas	
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)
<b>Caribe</b>	<b>1,20</b>	<b>-0,71</b>	<b>2,78</b>	<b>0,77</b>	<b>1,48</b>	<b>-0,28</b>
Cuba	2,51	-3,11	2,25	-3,00	2,09	-3,09
Rep. Dominicana	2,32	-0,97	4,44	3,59	2,79	0,55
Haiti	1,68	-1,34	2,75	1,60	2,05	-0,67
Jamaica	-0,51	1,84	4,45	1,68	0,48	1,80
Trinidad eTobago	-1,33	0,82	5,46	-0,70	0,06	0,26
<b>Taxa média</b>	<b>2,55</b>	<b>1,57</b>	<b>3,56</b>	<b>2,38</b>	<b>2,74</b>	<b>1,89</b>

Tabela 1b. Taxas de crescimento da produção agropecuária na Ásia, no período 1962/1981 e 1981/2001.

Região/país	Taxas de crescimento do produto agropecuário – %					
	Agricultura		Pecuária		Agregadas	
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)
<b>Oriente Médio</b>	<b>2,56</b>	<b>2,38</b>	<b>3,04</b>	<b>2,82</b>	<b>2,42</b>	<b>2,71</b>
Afeganistão	1,64	0,01	1,92	3,82	1,81	2,15
Irã	4,74	4,16	3,26	4,30	4,06	4,15
Iraque	2,93	0,07	1,79	-3,42	2,18	-0,66
Jordânia	-3,67	3,61	3,09	5,81	-2,17	3,88
Arábia Saudita	4,62	3,20	6,76	5,09	4,17	4,46
Síria	4,25	2,72	3,92	2,52	4,08	2,66
Turquia	3,41	2,01	2,19	1,03	3,09	1,81
Iêmen	2,54	3,24	1,39	3,44	2,13	3,27
<b>Ásia Meridional</b>	<b>2,18</b>	<b>2,46</b>	<b>2,29</b>	<b>3,68</b>	<b>2,21</b>	<b>2,80</b>
Bangladesh	1,52	2,15	1,75	3,69	1,56	2,37
Índia	2,26	2,72	2,84	3,84	2,44	3,00
Nepal	1,51	3,66	2,65	2,29	1,85	3,26
Paquistão	3,63	3,13	2,75	6,00	3,29	4,47
Sri Lanka	2,01	0,62	1,45	2,58	1,91	0,89
<b>Sudeste da Ásia</b>	<b>2,28</b>	<b>3,00</b>	<b>2,41</b>	<b>5,32</b>	<b>2,27</b>	<b>3,47</b>
Camboja	-4,73	4,12	-1,96	6,20	-4,31	4,56
Indonésia	3,31	2,78	3,81	3,98	3,36	2,92
Laos	2,37	3,65	0,68	5,74	2,12	4,03
Malásia	4,68	2,15	6,23	7,00	4,84	3,44
Filipinas	3,88	1,62	3,84	4,97	3,80	2,30
Tailândia	4,34	1,91	3,32	4,09	4,15	2,20
Vietnã	2,14	4,80	0,96	5,27	1,90	4,84
<b>Ásia Oriental</b>	<b>2,85</b>	<b>-1,52</b>	<b>4,08</b>	<b>1,88</b>	<b>2,92</b>	<b>1,61</b>
China	3,14	3,74	5,31	8,28	3,25	5,20
Mongólia	1,80	-8,10	1,70	0,24	1,63	-0,13
Coréia do Norte	3,60	0,20	5,25	-2,87	3,88	-0,23
<b>Taxa média</b>	<b>2,38</b>	<b>2,15</b>	<b>2,96</b>	<b>3,55</b>	<b>2,40</b>	<b>2,80</b>

**Tabela 1c.** Taxas de crescimento da produção agropecuária na África, no período 1962/1981 e 1981/2001.

Região/país	Taxas de crescimento do produto agropecuário – %					
	Agricultura		Pecuária		Agregadas	
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)
<b>Norte da África</b>	<b>2,62</b>	<b>2,93</b>	<b>4,17</b>	<b>3,84</b>	<b>2,93</b>	<b>3,28</b>
Argélia	-1,45	3,17	5,16	3,57	0,34	3,60
Egito	2,02	3,83	2,62	3,97	2,07	3,77
Líbia	7,11	2,57	7,18	3,65	6,94	2,95
Marrocos	2,08	2,27	2,38	3,58	2,04	2,83
Tunísia	3,35	2,80	3,51	4,43	3,25	3,27
<b>África Oriental</b>	<b>2,48</b>	<b>1,47</b>	<b>2,36</b>	<b>2,03</b>	<b>2,4</b>	<b>1,99</b>
Etiópia	1,69	3,50	0,32	1,43	1,11	2,67
Sudão	2,80	2,08	3,68	3,60	3,23	2,94
Uganda	2,29	2,90	3,20	2,86	2,29	2,96
Quênia	3,84	1,72	3,02	2,47	3,45	2,10
Madagascar	2,16	0,95	1,39	1,36	1,90	1,20
<b>África Central</b>	<b>2,25</b>	<b>1,74</b>	<b>2,74</b>	<b>2,31</b>	<b>2,29</b>	<b>1,80</b>
Camarões	2,73	2,38	3,84	3,14	2,99	2,54
Chad	-0,38	4,88	0,67	2,31	0,09	3,86
Rep. Dem. Congo	2,31	0,05	0,50	1,38	2,08	0,21
Rep. do Congo	1,10	1,56	2,88	2,17	1,39	1,68
Rep. Centro-Africana	2,40	1,74	5,00	4,38	2,94	2,71
Gabão	3,24	2,31	1,22	1,77	2,12	2,12
Ruanda	4,37	-0,74	5,05	1,02	4,44	-0,52
<b>África Ocidental</b>	<b>1,15</b>	<b>3,38</b>	<b>2,55</b>	<b>2,22</b>	<b>1,45</b>	<b>2,93</b>
Benin	2,25	6,99	4,14	2,63	2,61	6,23
Gâmbia	-0,94	0,07	2,34	0,71	-0,46	0,20
Guiné	1,45	3,50	1,47	3,04	1,45	3,43
Gana	0,24	5,90	3,76	1,31	0,63	5,33
Togo	1,09	4,06	2,01	3,05	1,20	3,82
Mauritânia	-1,76	4,48	0,43	1,08	0,23	1,51
Níger	0,52	3,92	1,00	1,89	0,71	3,15
Burkina Fasso	2,14	4,21	0,02	4,40	1,41	4,26
Costa do Marfim	4,63	3,40	4,57	2,59	4,63	3,36
Libéria	3,27	-1,19	3,80	1,01	3,32	-1,06
Mali	2,31	4,79	2,16	1,52	2,25	3,21
Nigéria	-0,09	6,42	5,11	1,79	0,70	5,60
Senegal	-0,61	1,44	2,20	4,41	-0,07	2,34
Serra Leoa	1,57	-0,65	2,63	1,71	1,69	-0,28
<b>Sul da África</b>	<b>2,00</b>	<b>1,79</b>	<b>2,43</b>	<b>1,41</b>	<b>1,90</b>	<b>1,52</b>
Angola	-2,52	3,51	2,54	2,42	-1,01	3,00
Botsuana	2,82	0,98	1,34	0,13	1,51	0,24
Malawi	3,58	3,09	5,28	2,07	3,74	2,91
Moçambique	0,68	2,37	2,32	0,73	0,91	1,92
Zimbábue	3,51	2,14	3,48	2,34	3,45	1,85
África do Sul	3,80	1,57	1,55	0,56	2,50	1,14
Zâmbia	3,17	1,72	3,94	2,34	3,50	2,00
Namíbia	1,72	1,92	1,45	0,77	1,48	0,95
Tanzânia	3,22	0,61	2,44	2,69	2,97	1,23
<b>Taxa média</b>	<b>1,76</b>	<b>2,24</b>	<b>2,51</b>	<b>1,95</b>	<b>1,86</b>	<b>2,11</b>

base de dados da FAO em megacalorias de energia metabolizável para ruminantes, por quilograma de ração (sem considerar a matéria seca), com base nas tabelas de composição de ração dos Estados Unidos e do Canadá (Dados nutricionais sobre ração estadunidense e canadense, 1982). Num segundo momento, transformaram o total de ração de cada país em toneladas equivalentes de milho, dividindo o total de energia pelo conteúdo de energia contido num quilograma de milho. No estudo, usou-se esse total de ração para estimar-se a taxa de crescimento anual de ração em cada um dos 78 países em desenvolvimento e em cada um dos períodos de análise.

### Participação do custo dos insumos

A base para estabelecer a participação do custo dos insumos foram os estudos realizados sobre o Brasil (AVILA; EVENSON, 1995) e a Índia (EVENSON; KISLEV, 1975), que indicavam cálculos precisos de participação. No caso da Índia, foram feitos cálculos sobre a produção de agricultura em 1970 e 1985. Para o Brasil, foram elaborados cálculos da produção da agricultura e da pecuária para 1970 e 1990, baseados nos dados do censo agropecuário.

Para calcular a participação da produção, foram aplicadas as participações ajustadas da Índia a países asiáticos e africanos, e as participações do Brasil a países latino-americanos. O processo de ajuste requereu a computação de coeficientes da quantidade de terras agrícolas para a quantidade de fertilizantes, a quantidade de sementes, o número de animais de carga e o número de tratores e colheitadeiras. Esses coeficientes de quantidade/área cultivada se expressaram em relação aos coeficientes do Brasil e da Índia. As participações do custo para o Brasil foram iguais àquelas medidas em estudos no Brasil. No caso de outros países latino-americanos, a participação de fertilizantes, sementes, animais de carga e serviços de máquinas foram computadas utilizando-se as comparações de cada país com as do Brasil. Todas

as participações de área cultivada e mão-de-obra se ajustaram de forma proporcional, de maneira que a soma das participações fossem iguais a 1.

Para obter as participações correspondentes à Ásia e à África, foi aplicado o mesmo procedimento, utilizando-se como comparação as participações da Índia.

No caso das participações da pecuária, só se mediram cuidadosamente as participações correspondentes ao Brasil. O processo de ajuste supôs a criação de coeficientes de quantidade/valor da produção em dólares reais dos Estados Unidos para fertilizantes, capital animal e ração. As participações de fertilizantes, capital animal e ração foram ajustadas comparando-se esses coeficientes de quantidade/valor com as participações correspondentes às do Brasil. As participações de terras com pastagens e mão-de-obra se ajustaram proporcionalmente, de maneira que a soma fosse igual a 1.

No caso de insumos com taxas excepcionalmente elevadas de crescimento, foi necessário realizar um ajuste adicional, para refletir o fato de que durante um período de 20 anos a participação média superestima as participações geométricas médias. Para realizar esse ajuste, foram comparadas as taxas de crescimento dos insumos com as taxas de crescimento da produção<sup>4</sup>.

Para o crescimento agregado da PTF, foram utilizadas as participações da pecuária e da agricultura nos valores agregados, para ponderar o crescimento da PTF correspondente à agricultura e à pecuária (PRASAD; COELLI, 2003).

## Estimativas da PTF por região e país

### América Latina e Caribe

Na Tabela 2, são apresentadas as estimativas do crescimento da PTF da agricultura, da pecuária e do agregado em países de América Latina e do Caribe. Também se mostra o crescimento médio da PTF em ambos os períodos. As taxas de crescimento regional da PTF estão ponderadas por área cultivada.

<sup>4</sup> Para as diferenças de crescimento de insumo-produto, o ajuste foi: 2%: 0,91; 3%: 0,83; 4%: 0,75; e 5%: 0,68.

No período 1961/2001, só três países latino-americanos (Uruguai, Guatemala e Panamá) experimentaram taxas de crescimento da PTF inferiores a 1% (que equivalem aproximadamente à taxa de diminuição dos preços reais dos produtos básicos agrícolas no período (EVENSON; ÁVILA, 2005), Fig. 1. Os países do Cone Sul mostraram os melhores resultados em matéria de PTF, enquanto os países do Caribe, os piores (em grande medida, como conseqüência da deficiente produtividade da agricultura no período 1981/2000). Os resultados da PTF agregada, assim como os correspondentes à agricultura e à pecuária,

foram melhores nos países do Cone Sul e na Região Andina no período 1981/2001. Na América Central e no Caribe, o período 1981/2001 mostrou taxas de crescimento da PTF mais lentas que no período 1961/1980.

Geralmente esses resultados são similares aos obtidos por outros autores para os países da América Latina, como Avila e Evenson (1995), e Gasquez e Conceição (2001) para o Brasil, Madrid-Aris (1997) para Cuba, Lema e Parrellada (2000) para a Argentina, e Romano (1993) para a Colômbia.

**Tabela 2.** Taxas de crescimento da PTF na América Latina e no Caribe, nos períodos 1961/1980 e 1981/2001.

Região/país	Taxas de crescimento da PTF agrícola (%)						
	Agricultura		Pecuária		Agregadas		
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	Média (%)
<b>Cone Sul</b>	<b>1,49</b>	<b>3,14</b>	<b>0,72</b>	<b>2,51</b>	<b>1,02</b>	<b>2,81</b>	<b>1,92</b>
Argentina	3,08	3,93	0,90	0,43	1,83	2,35	2,09
Brasil	0,38	3,00	0,71	3,61	0,49	3,22	1,86
Chile	1,08	2,22	0,24	1,87	0,69	2,05	1,37
Paraguai	3,97	-1,01	-0,36	1,29	2,63	-0,30	1,17
Uruguai	1,29	2,02	-0,32	0,53	0,01	0,87	0,44
<b>Países Andinos</b>	<b>1,11</b>	<b>1,71</b>	<b>1,73</b>	<b>1,92</b>	<b>1,41</b>	<b>1,81</b>	<b>1,61</b>
Bolívia	1,73	3,14	2,81	1,39	2,30	2,33	2,31
Colômbia	2,01	1,27	0,49	2,24	1,37	1,73	1,55
Equador	-0,74	2,24	0,98	2,51	-0,16	2,34	1,09
Peru	-0,83	1,86	1,86	2,14	0,36	1,98	1,17
Venezuela	2,42	0,87	3,41	1,07	3,03	0,99	2,01
<b>América Central</b>	<b>1,65</b>	<b>1,05</b>	<b>2,77</b>	<b>1,53</b>	<b>2,17</b>	<b>1,32</b>	<b>1,74</b>
Costa Rica	2,86	2,09	1,10	0,75	1,74	1,19	1,47
El Salvador	1,22	-0,87	1,99	1,00	1,77	0,32	1,05
Guatemala	3,31	0,53	0,90	-0,28	1,38	-0,08	0,65
Honduras	1,54	-0,39	2,07	1,91	1,91	1,25	1,58
México	1,53	1,43	3,02	1,63	2,26	1,51	1,89
Nicarágua	1,33	-0,70	2,94	1,92	2,25	0,99	1,62
Panamá	2,29	-1,33	1,61	1,49	1,93	0,02	0,97
<b>Caribe</b>	<b>0,74</b>	<b>-2,05</b>	<b>1,20</b>	<b>0,64</b>	<b>0,98</b>	<b>0,29</b>	<b>0,64</b>
Cuba	0,88	-2,88	-0,26	-1,03	0,12	-1,69	-0,78
Rep. Dominicana	0,99	-1,15	1,88	2,60	1,62	0,89	1,25
Haiti	0,60	-1,04	3,44	1,80	2,73	1,00	1,87
Jamaica	-0,65	1,32	3,28	-0,35	2,07	0,29	1,18
Trinidad e Tobago	-0,88	0,16	3,00	-1,39	1,80	-0,80	0,50
<b>Taxa Média</b>	<b>1,45</b>	<b>2,26</b>	<b>1,39</b>	<b>2,13</b>	<b>1,36</b>	<b>2,24</b>	<b>1,80</b>

Na Fig. 1, são mostradas as taxas de crescimento da PTF correspondentes às sub-regiões da América Latina e do Caribe.

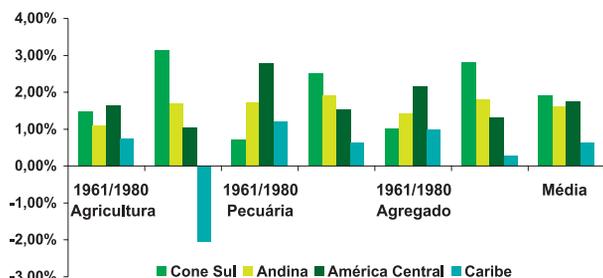


Fig. 1. Taxa de crescimento da produtividade total da agricultura em regiões da América Latina e do Caribe, no período 1962/1981 e 1982/2001.

## Ásia

A Tabela 3 mostra as taxas de crescimento da PTF correspondentes aos países asiáticos, calculadas para os dois períodos de 1961/1980 e 1981/2001, e para a agricultura, a pecuária e em nível agregado.

Como previsto, a China foi o país que apresentou a maior taxa de crescimento da PTF, especialmente no segundo período, com uma taxa de 4,76% anual. Por sua vez, taxas negativas no primeiro período no Sudeste Asiático e no segundo período no Oriente Médio são também consistentes, em decorrência dos conflitos em tais regiões. Da mesma forma, os bons resultados do Vietnã, da Camboja e do Laos no período 1981/2001 eram também esperados.

Os resultados obtidos também são similares aos calculados para países asiáticos, como a Índia (EVENSON et al., 1999), a Tailândia (KRASACHAT, 2002), a Malásia (SHAMSUDIM et al., 1999) e o Vietnã (NGOC et al., 2001).

As taxas da PTF para as economias asiáticas durante o período 1961/2001 são mais elevadas que as observadas na América Latina. Isso se deve principalmente aos excelentes resultados da China em matéria de PTF. As economias de Ásia Meridional mostraram resultados semelhantes em matéria de PTF em comparação com as dos países do Cone Sul e da América Latina.

Os resultados da PTF variam por período. O Oriente Médio mostrou resultados excelentes no período 1961/1980, mas resultados deficientes

Tabela 3. Taxas de crescimento do índice de PTF na Ásia, nos períodos 1962/1981 e 1981/2001.

Região/país	Taxas de crescimento da PTF agrícola – %						
	Agricultura		Pecuária		Agregadas		Média (%)
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	
<b>Oriente Médio</b>	<b>2,68</b>	<b>0,79</b>	<b>1,76</b>	<b>1,23</b>	<b>2,39</b>	<b>0,98</b>	<b>1,68</b>
Afganistão	0,63	-0,94	0,94	2,54	0,71	-0,05	0,33
Irã	3,32	2,32	2,37	5,00	2,71	3,17	2,94
Iraque	2,53	-0,06	1,25	-5,81	2,00	-1,24	0,38
Arábia Saudita	4,54	1,22	5,05	3,41	3,58	2,16	2,87
Síria	0,55	2,45	2,62	0,67	1,10	1,94	1,52
Turquia	3,40	0,12	1,43	-0,07	3,06	0,08	1,57
Iêmen	1,07	2,50	0,53	2,21	0,93	2,43	1,68
<b>Ásia Meridional</b>	<b>1,42</b>	<b>2,14</b>	<b>2,34</b>	<b>2,76</b>	<b>1,71</b>	<b>2,34</b>	<b>2,03</b>
Bangladesh	-0,23	1,06	0,75	2,65	-0,01	1,30	0,65
Índia	1,54	2,33	2,63	2,66	1,92	2,41	2,16
Nepal	0,20	2,42	1,36	1,11	0,50	2,10	1,30
Paquistão	1,48	1,32	1,17	3,98	1,18	2,54	1,86
Sri Lanka	-0,39	-1,21	-2,19	1,30	-0,93	-0,92	-0,93

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Região/país	Taxas de crescimento da PTF agrícola – %						
	Agricultura		Pecuária		Agregadas		Média (%)
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	
<b>Sudeste da Ásia</b>	<b>2,16</b>	<b>0,34</b>	<b>1,61</b>	<b>2,13</b>	<b>2,37</b>	<b>0,61</b>	<b>1,49</b>
Camboja	-6,14	2,27	-0,66	0,54	-5,75	1,96	-1,89
Indonésia	3,95	-0,78	3,08	2,41	4,43	-0,39	2,02
Laos	1,74	1,95	-0,01	3,43	1,20	2,52	1,86
Malásia	2,95	0,67	3,80	3,70	3,62	1,39	2,51
Filipinas	1,62	-1,13	1,87	3,29	1,89	-0,30	0,79
Tailândia	1,61	1,04	-0,76	1,26	1,18	1,08	1,13
Vietnã	-0,52	3,94	0,22	0,76	-0,37	3,26	1,45
<b>Ásia Oriental</b>	<b>1,39</b>	<b>3,49</b>	<b>2,56</b>	<b>6,52</b>	<b>1,75</b>	<b>4,70</b>	<b>3,22</b>
China	1,39	3,63	2,58	6,59	1,76	4,76	3,26
Mongólia	0,37	-9,48	1,09	-0,02	0,31	-0,54	-0,12
<b>Taxa média</b>	<b>1,71</b>	<b>2,02</b>	<b>2,20</b>	<b>3,45</b>	<b>1,92</b>	<b>2,50</b>	<b>2,21</b>

em 1981/2001. O mesmo ocorreu com os países do Sudeste da Ásia.

Sete países (Afeganistão, Iraque, Bangladesh, Sri Lanka, Camboja, Filipinas e Mongólia) mostraram taxas de crescimento da PTF inferiores a 1%. Todos esses países estavam sujeitos a conflitos civis no período. A Fig. 2 mostra as taxas sub-regionais de crescimento da PTF.

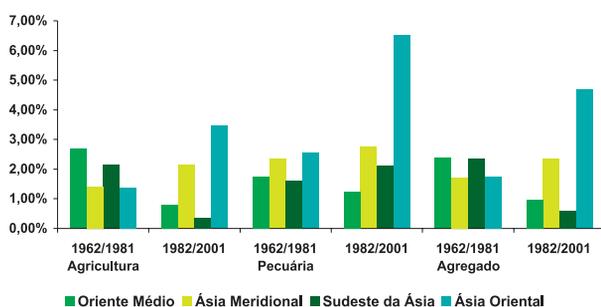


Fig. 2. Taxas de crescimento da produtividade total da agricultura em regiões da Ásia, no período 1962/1981 e 1982/2001.

### África

A Tabela 4 mostra as taxas de crescimento da produtividade da PTF agrícola em cinco sub-regiões africanas e em nível agregado.

No período 1961/2001, os resultados da PTF na África foram inferiores aos da Ásia e da América Latina. Duas regiões, a África Oriental e a Central, mostraram taxas de crescimento da PTF inferiores a 1%. Dos 37 países africanos, apenas sete produziram um crescimento da PTF superior a 2%, dos quais quatro são do Norte da África. Por sua vez, 15 dos 32 países de África Sub-Sahariana não mostraram crescimento da PTF superiores a 1%.

Na África, em geral, as taxas da PTF para agricultura e a pecuária foram similares. Os resultados em matéria de PTF foram melhores no período 1981/2001, particularmente na África do Norte e na África Ocidental.

Os resultados apresentados na Tabela 3 conferem com aqueles obtidos em outros estudos desenvolvidos no continente africano, como, por exemplo, em Wiebe et al. (2002) e Piese et al. (2001).

A Fig. 3 mostra o crescimento da PTF na África, por região.

Na Tabela 5, são apresentados os índices médios de crescimento da PTF na agricultura e na pecuária e de crescimento agregado nas três regiões do mundo. Isso representa uma síntese dos

**Tabela 4.** Taxas de crescimento do índice de PTF na África, nos períodos 1961/1980 e 1981/2001.

Região/país	Taxas de crescimento da PTF agrícola – %						
	Agricultura		Pecuária		Agregadas		Média (%)
	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	1961/1980 (%)	1981/2001 (%)	
<b>África do Norte</b>	<b>0,78</b>	<b>1,88</b>	<b>2,20</b>	<b>2,12</b>	<b>1,29</b>	<b>1,98</b>	<b>1,63</b>
Argélia	-1,76	2,86	4,08	2,49	0,27	2,69	1,48
Egito	1,26	3,07	1,54	2,89	1,33	3,03	2,18
Líbia	5,86	1,31	3,15	-0,38	5,13	0,76	2,95
Marrocos	0,64	0,83	0,36	1,56	0,56	1,10	0,83
Tunísia	2,40	1,84	2,29	3,21	2,37	2,40	2,39
<b>África Oriental</b>	<b>0,35</b>	<b>0,62</b>	<b>0,75</b>	<b>0,97</b>	<b>0,68</b>	<b>0,95</b>	<b>0,82</b>
Etiópia	0,14	1,95	-0,37	0,74	-0,06	1,52	0,73
Sudão	1,47	0,75	1,31	1,24	1,38	1,07	1,22
Uganda	-0,09	0,53	1,76	1,43	0,26	0,67	0,46
Quênia	1,96	-0,16	1,64	1,09	1,80	0,50	1,15
Madagascar	0,29	-0,92	0,62	0,59	0,41	-0,37	0,02
<b>África Central</b>	<b>0,97</b>	<b>0,54</b>	<b>1,18</b>	<b>1,32</b>	<b>1,09</b>	<b>0,68</b>	<b>0,89</b>
Camarões	2,09	1,74	2,50	1,80	2,17	1,75	1,96
Chade	-1,41	3,85	0,84	2,48	-0,26	3,39	1,56
Rep. Dem. Congo	0,85	-1,41	-0,56	0,32	0,52	-1,00	-0,24
Rep. Congo	-0,87	-0,41	1,83	1,12	-0,24	-0,05	-0,14
Rep. Centro-Africana	1,42	0,76	2,98	2,36	1,78	1,14	1,46
Ruanda	1,54	-3,57	3,90	-0,14	1,76	-3,18	-0,71
<b>África Ocidental</b>	<b>0,99</b>	<b>3,22</b>	<b>1,73</b>	<b>1,13</b>	<b>1,19</b>	<b>2,93</b>	<b>2,06</b>
Benin	0,51	5,25	3,50	1,99	1,25	4,68	2,96
Guiné	0,51	2,56	1,05	2,63	0,63	2,58	1,60
Gana	-1,34	4,32	2,31	-0,14	-0,84	3,93	1,54
Togo	-0,15	2,82	1,09	2,14	0,16	2,70	1,43
Mauritânia	-0,56	5,67	0,69	1,33	-0,25	4,90	2,32
Níger	-2,27	1,13	0,73	1,62	-1,13	1,30	0,09
Burkina Fasso	0,35	2,42	-0,89	3,49	-0,02	2,73	1,35
Costa do Marfim	1,85	0,62	2,81	0,82	1,91	0,63	1,27
Mali	1,47	-2,99	3,14	0,35	2,45	-1,45	0,50
Nigéria	1,83	4,31	1,58	0,94	1,76	3,75	2,75
Senegal	-1,52	4,98	3,98	0,65	0,19	3,46	1,83
Serra Leoa	-1,71	0,34	1,37	3,58	-0,95	0,91	-0,02
<b>Sul da África</b>	<b>2,06</b>	<b>1,12</b>	<b>1,60</b>	<b>0,26</b>	<b>1,80</b>	<b>0,79</b>	<b>1,30</b>
Angola	1,03	0,82	-0,05	-1,08	0,66	0,23	0,44
Botswana	-3,90	2,13	0,78	0,65	-2,25	1,58	-0,34
Malawi	0,64	-1,21	-0,29	-1,50	0,54	-1,24	-0,35
Moçambique	1,56	1,07	4,07	0,87	1,92	1,04	1,48
Zimbábue	-1,75	-0,06	0,40	-1,19	-1,16	-0,40	-0,78
África do Sul	4,11	2,74	3,05	1,91	3,61	2,32	2,96
Zâmbia	1,95	-0,28	-0,42	-1,41	1,12	-0,70	0,21
Namíbia	2,00	0,56	3,81	2,21	2,64	1,18	1,91
Tanzânia	-0,59	-0,40	-0,55	-1,23	-0,58	-0,63	-0,61
<b>Taxa média</b>	<b>1,03</b>	<b>1,74</b>	<b>1,49</b>	<b>1,09</b>	<b>1,20</b>	<b>1,68</b>	<b>1,44</b>

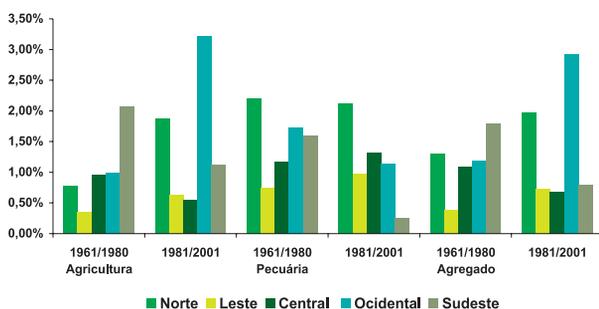


Fig. 3. Taxas de crescimento da produtividade total da agricultura em regiões da África, nos períodos 1962/1981 e 1982/2001.

resultados obtidos nas três regiões, classificados por classe de PTF.

A Tabela 5 mostra os deficientes resultados dos países africanos, em que mais de 20% dos países registraram crescimento negativo da PTF e outros 20%, taxas de crescimento da PTF inferiores a 1%. Os países de Ásia mostraram os melhores resultados (30% dos países registraram taxas de PTF superiores a 2%). No conjunto, os países de América Latina e do Caribe também mostraram bons resultados e mais de 80% dos países apresentaram taxas de crescimento da PTF superiores a 1%, exceto Cuba, que apresentou índices negativos.

## Definição do capital tecnológico

Na interpretação dos resultados da PTF agrícola dos países em desenvolvimento, foram utilizados pelo menos três tipos específicos de capital relativos a recursos humanos: o capital humano, o social e o tecnológico.

O *capital humano* é uma expressão que foi usada durante muitos anos. Geralmente se

mede em anos de escolaridade cursados pelos trabalhadores da força de trabalho.

O *capital social* é uma expressão introduzida recentemente, com o objetivo de captar as relações sociais em comunidades e países. A medição do capital social não está padronizada, mas deve ser feita em termos de organização, afiliação e participação.

O *capital tecnológico* é uma expressão de uso limitado, empregada para descrever a capacidade de uma região ou de um país para inventar novas tecnologias e inovar ou comercializar essas tecnologias (ou “capital de inovação”). Também se utiliza para descrever a capacidade de dominar tecnologias produzidas fora da região ou do país (ou “capital de imitação”).

No setor agrícola, é bem conhecido que as variedades agrícolas desenvolvidas pelos programas de genética vegetal dos centros internacionais de pesquisa agrícola (CIIA) e pelos sistemas nacionais de pesquisa agrícola (SNIA) têm um alto grau de “especificidade geográfica”. Os resultados de campo de uma variedade dependem do solo, do clima e das condições de mercado. Por exemplo, as variedades modernas da *Revolução Verde* (VM) mostram um alto grau de sensibilidade ao solo e às condições climáticas. Tipicamente, as VMs desenvolvidas pelos CIIAs são adotadas em vários países atendidos pelos mandados de tais centros. Por sua vez, as VMs dos SNIA têm limitada utilidade fora da região para a qual foram produzidas. Evenson e Gollin (2000) informam que só 6% das VMs de arroz desenvolvidas pelos SNIA foram aplicadas num segundo país. As variedades de arroz desenvolvidas pelo Instituto Internacional de Pesquisa

Tabela 5. Cálculos da PTF agregada regional classificada por classes de PTF.

Regiões	0% > PTF	0% < PTF < 1%	1% < PTF < 2%	PTF + 2%	Total
LAC	1	4	14	3	22
Ásia	3	4	8	6	21
África	8	8	14	7	37
Total	12	16	36	16	80

de Arroz (Irri) foram aplicadas em vários países asiáticos, mas têm escassa adoção na América Latina e na África.

Entretanto, muitos programas de desenvolvimento agrícola têm por finalidade alcançar reduções de custo com base na PTF mediante a adoção de tecnologias ou capital de imitação. Os programas de extensão agrícola, em particular, não foram elaborados com o objetivo de produzir inovações, mas, sim, de melhorar a adoção de tecnologias pelos agricultores.

No caso da tecnologia industrial, a maior parte dos observadores percebe baixos graus de especificidade geográfica, exceto nas classes de produtos industriais. O primeiro tipo se vincula à especificidade geográfica dos produtos agrícolas e às instituições. Nas economias rurais pobres com limitado desenvolvimento institucional e de mercado, pode existir uma reduzida demanda de produtos industriais. Essa limitada demanda pode significar limitação dos incentivos para dominar a tecnologia. A segunda classe de produtos com especificidade geográfica são os produtos desenvolvidos com o fim de poupar mão-de-obra em economias com salários elevados. Esses produtos têm escassa ou nenhuma demanda nas economias com salários baixos. Mas têm mercados internacionais.

Um dos maiores enigmas da experiência do desenvolvimento é que poucos países alcançaram um crescimento impulsionado pelo capital de imitação na indústria depois de terem realizado um crescimento impulsionado pelo capital de inovação na agricultura. Isso se explica, em parte, pelas duas classes de demanda vinculadas à especificidade geográfica acima tratadas, ainda que uma considerável parte da explicação consista no fato de não terem investido em tecnologia industrial.

Para os propósitos deste exercício, foram definidos dois índices: um índice de capital de inovação e um índice de capital de imitação.

O primeiro se baseia em dados sobre investimento em pesquisa agrícola e pesquisa

industrial. São definidas três classes de investimentos em pesquisa agrícola correspondentes a dois períodos: 1961/1980 e 1981/2001.

Os dados, provenientes do *International Service for National Agricultural Research* (Isnar), se expressam em termos de pesquisadores agrícolas/superfície cultivada e com base em tais dados são constituídas três classes:

a) Pesquisadores agrícolas/área cultivada – menos de 0,02.

b) Pesquisadores agrícolas/área cultivada – entre 0,02 a 0,04.

c) Pesquisadores agrícolas/área cultivada – igual ou maior que 0,04.

Para as atividades de pesquisa e desenvolvimento industrial, foram utilizados dados da Unesco – Banco Mundial sobre I&D/PIB, para definir as três classes:

a) I&D/PIB – menos de 0,003.

b) I&D/PIB – entre 0,003 e 0,005.

c) I&D/PIB – igual ou maior que 0,005.

O índice de capital de imitação também se baseia em dois componentes: escolaridade da população trabalhadora (masculina) e coeficientes de extensionistas/área cultivada.

As classes para escolaridade dos trabalhadores são as seguintes:

a) Menos de 4 anos.

b) Entre 4 e 6 anos.

c) Igual ou maior que 6 anos.

As classes para os coeficientes de extensionistas/terras de cultivo são:

a) Menos de 0,06.

b) Entre 0,06 e 0,4.

c) Igual ou maior que 0,4.

No caso do índice de capital de inovação, a soma da classe de pesquisadores agrícolas com a classe de P&D industrial definem o índice em cada período.

A Tabela 6 mostra as classificações de países por classe de inovação para os dois períodos 1961/1980 e 1981/2001 (a classe 22 indica o país que se encontrava na classe de inovação 2, em ambos os períodos). As classes de imitação estão entre parêntesis nos dois períodos.

Os oito países da classe de inovação 22 não tinham efetivamente capital de inovação durante o período 1961/2001. Cinco desses países também não tinham capital de imitação. Sete deles são países africanos, e todos foram afetados por conflitos civis. Todos eles são países de pobreza coletiva.

Os nove países da classe de inovação 23 investiram o suficiente em pesquisa agrícola que

o alçaram à classe 3 no período 1981/2001. Nenhum deles investiu em pesquisa e desenvolvimento industrial. A maioria tem algum capital de imitação. Todos eles são africanos. Um país, o Mali, se deslocou duas classes de capital de inovação, e outro, o Sudão, passou da classe de inovação 3 à classe de inovação 2. Todos os países das classes de inovação 22, 23, 24 e 32 não herdaram virtualmente nada em matéria de capital de inovação dos países que os colonizaram. Nenhum tem competitividade industrial. Alguns deles têm capital de imitação, mas grande parte se baseia em programas de extensão de ONGs.

A classe de inovação 33 tem 12 membros, enquanto a classe de inovação 34 tem 14.

**Tabela 6.** Classes de inovação/imitação 1970 (primeiro dígito) 1990 (segundo dígito).

Innov 22	Innov 23	Innov 24	Innov 32	Innov 33	Innov 34	Innov 44
Afganistão (22)	Benin (34)	Mali (34)	Sudão (22)	Camarões (45)	Argélia (34)	Botswana (45)
Angola (22)	Burkina Fasso (44)			Rep.Dominicana (45)	Bangladesh(34)	Colômbia (46)
Camboja (22)	Guiné (33)			Haiti (23)	Equador (45)	Egito (35)
República Africana(44)	Mauritânia (33)			Honduras (34)	Gana (35)	Gâmbia (33)
Chade (33)	Marrocos (44)			Laos (33)	Guiana (44)	Iraque (33)
Rep. Dem. Congo (23)	Nicarágua (34)			Líbia (44)	Malauí (44)	Jamaica (35)
Etiópia (23)	Níger (33)			Mongólia (44)	Panamá (56)	Quênia (55)
Moçambique (22)	Ruanda (44)			Nepal (34)	Paraguai (44)	Arábia Saudita (44)
Namíbia (22)	lêmen (23)			Nigéria (34)	Senegal (33)	Serra Leoa (44)
				Togo (23)	Sri Lanka (56)	Uruguai (45)
				Tunísia (34)	Síria (35)	
				Vietnã (33)	Tanzânia (34)	
				Zâmbia (44)	Venezuela(45)	
					Zimbábue(45)	

Innov 45	Innov 46	Innov 43	Innov 55	Innov 56	Innov 66
Bolívia (33)	México (45)	Costa do Marfim (44)	Argentina (44)	Chile (45)	Brasil (46)
Costa Rica (44)	Paquistão (45)	Madagascar (44)	Maurício (56)	El Salvador (35)	China (56)
Guatemala (34)			Filipinas (66)	Índia (35)	África do Sul (56)
Indonésia (45)					
Irã (34)					
Malásia (55)					
Peru (46)					
Tailândia (46)					
Turquia (46)					
Uganda (34)					

Obs: as classes de imitação estão entre parêntesis.

A maioria desses países tem maior capital de imitação que capital de inovação. Isso reflete a difundida noção de que capital de imitação é menos oneroso que capital de inovação. Mas só quatro dos 26 países das classes 33 e 34 de capital de inovação (Camarões, Zâmbia, Gana e Venezuela) declararam significativos investimentos em pesquisa e desenvolvimento industrial. Os demais têm passado da classe de capital de inovação 2 para a classe 3, ou da classe 3 para a classe 4 mediante o fortalecimento de seus programas de pesquisa agrícola.

Dos 26 países das classes de capital de inovação 33 e 34, sete são países latino-americanos, e sete são asiáticos.

No primeiro período, 24 países se encontravam na classe de inovação 4. Desses, 12 incrementaram seu capital de inovação e dois o reduziram. Os países que permaneceram na classe 4 investiram pouco em pesquisa e desenvolvimento industrial (só Quênia e Egito declararam significativos investimentos em pesquisa e desenvolvimento industrial). Todos os países que alcançaram crescimento, o fizeram investindo em pesquisa e desenvolvimento industrial, assim como ocorreu com todos os países das classes de inovação 55, 56 e 66. Em consequência, dos 82 países classificados na Tabela 5, só 25 tinham significativos investimentos em pesquisa e desenvolvimento industrial.

Nove países começaram nas classes de capital de inovação 5 e 6, e todos alcançaram um extraordinário desenvolvimento econômico durante o período 1961/2001.

## Mudanças no capital tecnológico

Do primeiro ao segundo período, a classe de inovação decresceu em quatro países, permaneceu sem mudanças em 36, melhorou uma classe em 36 países e duas classes em três países. Quanto às classes de imitação, 36 países permaneceram sem mudanças, 32 aumentaram uma classe e 11 mostraram melhoras de duas classes.

Questiona-se, então, se a melhoria na classe de inovação estaria relacionada estreitamente a uma melhora na classe de imitação? Ou se a melhoria estaria relacionada aos níveis de classes de inovação e imitação do primeiro período?

Além das classes de inovação e imitação, existem outras duas variáveis indicadoras para os dois períodos. Uma delas é o índice de competitividade industrial construído pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (Onudi). A segunda é uma classificação de um importante índice institucional – o indicador da efetividade de patentes de Park e Ginnarte.

A Tabela 7 indica as Estimativas Tobit das mudanças em cada um dos quatro índices, à medida que se relacionam com os níveis do período 1 dos quatro índices.

Essas estimativas indicam o seguinte:

a) As melhorias em todos os índices, exceto em direitos de patentes, estão sujeitas a rendimentos decrescentes. Os valores elevados do período 1 se relacionam com menores valores de melhoria.

b) As melhorias na imitação agrícola se relacionam com elevados níveis na capacidade de inovação agrícola, mas não com elevados níveis de competitividade industrial em direitos de patentes.

c) As melhorias na inovação agrícola não se relacionam estreitamente com os níveis de outros índices.

d) As melhorias na competitividade industrial e nos direitos de patentes se relacionam com os níveis de imitação agrícola. Isso parece estar vinculado principalmente a um efeito da escolaridade.

A melhoria na inovação agrícola não está estreitamente relacionada aos níveis de outros índices.

As melhorias na competitividade industrial e os direitos de patentes se relacionam com os níveis de imitação agrícola. Isso parece ser principalmente um efeito da escolaridade.

**Tabela 7.** Estimativas Tobit: melhoras no capital tecnológico entre o período 1 e o período 2.

	Imitação agrícola		Inovação agrícola		Competitividade industrial (*)	Direitos de patentes
Períodos	(1)	(2)	(1)	(2)	(2)	(2)
Imitação agrícola	-0,862 (4,17)	-0,871 (2,71)	-0,153(1,56)	-0,116(0,81)	0,04(4,23)	0,204(2,54)
Inovação agrícola	0,688 (4,47)	0,631 (2,43)	-0,154(2,03)	-0,217(1,87)	-0,002(,26)	-0,063(0,96)
Competitividade industrial		-0,336 (0,07)		-0,338(0,15)	-0,047(,29)	8,091(5,73)
Direitos de patentes		-0,329 (1,26)		-0,069(0,43)	-0,006(0,60)	-,380(4,22)
Constante	1,309 (2,22)	2,506 (1,98)	1,835(5,46)	2,319(3,31)	-0,094(2,03)	0,201(0,51)
#obs.	77	47	77	47	47	47
Prob> Chi <sup>2</sup>	0,0000	0,0003	0,004	0,1192	0,0016	0,0000
Pseudo-R <sup>2</sup>	0,1090	0,1464	0,0605	0,0514	-0,1818	0,3438

(\*) - Competitividade ou direitos de patentes.

## Crescimento da PTF, do capital tecnológico e indicadores afins

Estaria o capital tecnológico relacionado com o índice de produtividade total (PTF) agregado e com os indicadores afins? A Tabela 8 contém tabulações do capital de inovação e de imitação, do crescimento da PTF, do rendimento dos cereais, da adoção de variedades modernas, do consumo de fertilizantes, do valor agregado por trabalhador e do crescimento do PIB per capita.

Evidentemente, todos os indicadores se relacionam com as classes de inovação e imitação. Considerem-se, em primeiro lugar, os indicadores da classe de inovação. O crescimento agregado da PTF se relaciona obviamente com a classe de inovação. Também se relaciona com a adoção de variedades modernas de agricultura da *Revolução Verde*. Os rendimentos dos cereais são 3,6 vezes superiores nas classes de inovação 5 e 6, assim como na classe 2. O uso de fertilizantes é 21 vezes

**Tabela 8.** Capital de inovação/imitação, crescimento da PTF e outros indicadores.

Indicadores por classe de capital de inovação						
Classe de capital de inovação	Crescimento agregado da PTF	Adoção de variedades modernas (%)	Rendimentos dois cereais (kg/ha)	Fertilizantes por hectare (kg)	Valor agregado por trabalhador (US\$)	Crescimento do PIB per capita
2	.93	13	880	7.3	409	1.11
3	1.61	31	1858	77.3	956	1.23
4	1.92	44	2516	108.6	1651	1.65
5+6	2.60	68	3167	159.2	1456	2.59
Indicadores por classe de capital de imitação						
Classe de capital de inovação	Crescimento agregado da PTF	Adoção de variedades modernas (%)	Rendimentos dois cereais (kg/ha)	Fertilizantes por hectare (kg)	Valor agregado por trabalhador (US\$)	Crescimento do PIB per capita
2	.96	12	848	34.4	378	1.19
3	1.66	34	1679	67.3	486	1.24
4	1.57	44	2028	61.0	2916	1.64
5+6	2.82	72	3497	189.2	1128	2.74

mais elevado. O valor agregado por trabalhador é de 3 a 4 vezes superior, e o crescimento do PIB per capita, 2,4 vezes mais elevado.

As mesmas comparações se observam no caso dos índices de classes de imitação (com um padrão ligeiramente menos coerente). Isso era de se esperar, já que os dois índices mantêm uma elevada correlação.

É importante, antes de tudo, fazer uma distinção entre os dois índices, porque muitas autoridades responsáveis pela formulação de políticas sugerem que os países em desenvolvimento realmente não necessitam inovar. Alegam que esses países necessitam apenas imitar, pois a imitação é menos onerosa que a inovação. Outros sustentam, por sua vez, que a inovação é necessária à agricultura, já que as variedades de agricultura têm um alto grau de especificidade geográfica.

Para provar a proposição de que, para uma classe de inovação dada, uma maior inversão em imitação produz um crescimento mais alto da PTF, foi desenvolvido um argumento. Em primeiro lugar, foram definidas as classes de inovação/imitação. Em seguida, foi feita uma comparação entre as classes de inovação/imitação com classes similares ou mais baixas de imitação e as classes de inovação/imitação em que a classe de imitação é maior. Para as classes de inovação 2, 3 e 4, combinaram-se as classes de inovação/imitação 5 e 6. Os grupos de comparação para esse exercício são:

D22: classes mais baixas de inovação e imitação.

D23 + D24: classe de inovação 2 (classes de imitação mais altas).

D32 + D33: classe de inovação 3 (incluindo classes de imitação mais baixas e iguais).

D34 + D35: classe de imitação 3 (classe de imitação mais alta).

D43 + D44: classe de inovação 4 (incluindo classes de imitação mais baixas e iguais).

D45 + D46: classe de inovação 4 (classes de imitação mais altas).

D55 + D56 + D66: classes de inovação 5 e 6 (classes de imitação mais baixas).

D53 + D54 + D64 + D65: classes de inovação 5 e 6 (classes de imitação mais baixas).

Essas classes de inovação versus imitação foram analisadas para determinar se as classes de imitação mais altas, mantendo-se constantes as classes de inovação, aumentavam o crescimento da PTF.

Um segundo conjunto de classes de inovação versus imitação foi analisado, para determinar se as classes de inovação mais altas, mantendo-se constantes as classes de imitação, aumentavam o crescimento da PTF:

D22: classes mais baixas de inovação e imitação.

D32: classe de imitação 2 (classe de inovação mais alta).

D23 + D33: classe de imitação 3 (classe de inovação igual ou menor).

D43 + D53: classe de imitação 4 (classes de inovação mais altas).

D24 + D34 + D44: classe de imitação 4 (classe de inovação igual ou menor).

D54 + D64: classe de imitação 4 (classes de inovação mais alta).

D55 + D56 + D66: classes de imitação 5 e 6 (classes de inovação iguais ou maiores).

D35 + D45 + D56: classes de imitação 5 e 6 (classe de inovação mais baixa).

Os resultados mostrados na Tabela 9 são de certa forma anômalos em relação aos resultados 54 + 64 (esses afetaram a Argentina em dois períodos, e o Brasil e o Chile, num período). As estimativas indicam que as classes de inovação mais altas aumentaram aproximadamente em 35% o crescimento da PTF, enquanto as classes de imitação mais altas aumentaram aproximadamente em 25% o crescimento da PTF.

**Tabela 9.** Comparações de imitação/inação.

Vantagens da inováção			Vantagens da imitação		
<b>PTF por classes de inováção versus imitação</b>			<b>PTF por classes de inováção versus imitação</b>		
22	0,884		22	0,859	
32	1,639	+86%	23+24	1,023	+19%
23+33	1,244		32+33	1,354	
43+53	2,461	+95%	34+35	1,850	+37%
24+34+44	1,498		43+44	1,928	
54+64	-0,112	-107%	45+46	1,921	-0,4%
55+56+66	4,277		55+56+66	3,450	
35+45+46+56	1,568	+63%	53+54+64+65	1,841	+46%
Vantagem média da inováção		35%	Vantagem média da imitação		25%

## Fontes de crescimento da PTF: decomposição estatística

No item anterior, foi mostrado que o crescimento da PTF estava relacionado com o capital tecnológico. Neste item, essa análise foi refinada, num marco de decomposição da PTF. Foram considerados dois "ajustes" por qualidade da mão-de-obra. Também foram consideradas variáveis substitutivas para o progresso tecnológico geral.

Considere-se a seguinte derivação de PTF de uma função de produção:

$$Y = A_{(t)} (LQ_L)^\alpha H^\beta K^{1-\alpha-\beta} \quad (7)$$

Em que:

Y é a produção agregada;

$A_{(t)}$  modifica a função de produção;

L é a mão-de-obra não ajustada;

$Q_L$  é o índice de qualidade da mão-de-obra; H é a terra;

K é o capital de máquinas e animais.

Depois de transformada a forma de PTF, essa função de produção se traduz como:

$$G_{TFP} = G_Y - C_L(G_L + G_{QL}) - C_H - G_H - S_K G_K - G_A \quad (8)$$

Em que "G" representa as taxas de crescimento das variáveis.

Os cálculos reais "não ajustados" da PTF indicados nas Tabelas 1, 2 e 3 se baseiam em :

$$G_{TFP}^* = G_Y - C_L G_L - C_H G_H - C_K G_K \quad (9)$$

A diferença é:

$$G_{TFP} - G_{TFP}^* = C_L G_{QL} + G_A \quad (10)$$

Isso sugere que as variáveis que medem a qualidade da mão-de-obra e a mudança em A poderiam ser utilizadas para "explicar" o crescimento da PTF.

Contamos com duas medições da qualidade da mão-de-obra. A primeira se relaciona com a maior escolaridade da força de trabalho, e a segunda, com a melhor alimentação da força de trabalho. Na Tabela 10, são mostrados os dados desses dois índices.

O primeiro índice é o da escolaridade média de homens adultos da força de trabalho (GSCH). Essa variável da base de dados de Barro-Lee, do Banco Mundial, não é específica dos trabalhadores agrícolas. É provavelmente causada pelo fato de a escolaridade média dos trabalhadores agrícolas ser inferior à escolaridade média de todos os trabalhadores. Mas, para nossos propósitos, o que é importante é a taxa de crescimento em tal escolaridade.

O segundo índice é o índice de suficiência de energia dietética (DES) publicado pela

**Tabela 10.** Estimativas da decomposição da PTF.

Variáveis	Variáveis instrumentais da primeira etapa		Estimativas da segunda etapa	
	SCGRMVA	DES X SHL	GTFP(A)	GTFP(A)*
D23+D24	7,65 (1,75)	14,14 (0,66)		
D32+D33	18,66 (2,33)	18,71 (1,12)		
D34+D35	13,65 (1,78)	49,60 (3,00)		
D43+D44	14,37 (1,91)	36,07 (2,29)		
D45+D46	27,83 (3,37)	21,27 (1,23)		
D55+D56+D66	32,05 (4,30)	40,40 (2,60)		
D53+D54+D64+D65	22,41 (3,03)	26,59 (1,72)		
PCTIRR	0,116 (2,09)	0,200 (1,72)		
Região - Ásia	8,61 (3,32)	8,05 (1,49)	-0,593(1,30)	0,038(,11)
Região - África	-3,39 (0,87)	2,85 (,35)	0,351(,63)	0,689(1,25)
SCGRMVA			0,0628(2,60)	1,087(3,06)
DES X SHL			0,0419(2,52)	0,0374(2,42)
GSCH X SHL	-3,16 (4,16)		0,280(1,90)	0,213(1,82)
Nº de observações realizadas	154	154	154	154
R <sup>2</sup>	,62	,25	0,18	0,18
Prob>F	,0000	,0000	0,0000	0,0000

FAO. Esse índice se baseia nos dados sobre consumo e efetivamente é uma medição das calorias médias per capita.

Ambas as medidas são apresentadas por regiões de países em desenvolvimento, com o objetivo de mostrar a diversidade das mudanças nesses índices.

A medida de GA que foi utilizada é a adoção de variedades modernas de agricultura da *Revolução Verde* no país, nos períodos 1961/1980 e 1980/2000 (GRMVA). Essa medida é mensurada pela participação de cada cultivo na produção agrícola total. Duas dessas três variáveis são tratadas como endógenas no modelo PTF. O método utilizado para lidar com isso é por meio do uso de variáveis instrumentais.

O modelo implícito é, então, um modelo de três equações:

SCGRMVA: Instrumentos;

DES X SHL: Instrumentos;

$G_{TFP}(A)$ : SCGRMVA, DES X SHL, GSCH X SHL, Reg1, Reg2.

Os instrumentos para SCGRMVA e DES X SHL incluem as variáveis exógenas na

equação  $G_{TFP}(A)$ , Reg1, Reg2 e GSCH X SHL, mais PCTIRR (percentual de área irrigada) e as variáveis inovação/imitação.

A Tabela 10 mostra as estimativas das variáveis instrumentais do primeiro estágio, SCGRMVA e DES X SHL, e as equações  $G_{TFP}(A)$  as do segundo estágio. Nas estimativas de decomposição da PTF, verificou-se que a adoção de variedades modernas da *Revolução Verde*, o crescimento da escolaridade e a melhoria da alimentação contribuíram de forma significativa para o crescimento da PTF.

A Tabela 11 mostra um exercício de "contabilidade do crescimento", em que o crescimento é atribuído ao uso de variedades modernas da *Revolução Verde*, aos aumentos na escolaridade e a melhorias na alimentação.

## Implicações políticas

Neste documento, foram feitas estimativas do crescimento da PTF correspondentes a dois períodos de produção agrícola e pecuária e de produção agregada (1961/1980 e 1981/2001) para 80 países em desenvolvimento. Essas taxas de crescimento devem ser interpretadas como taxas

**Tabela 11.** Contabilização do crescimento no período 1960/2000.

Região	Crescimento real da PTF	Proporção atribuída aos fatores		
		Maior escolaridade	Melhor alimentação	Uso de VM da Revolução Verde
<b>América Latina</b>				
Cone Sul	2,24	0,19	0,24	0,57
Região Andina	1,63	0,30	0,22	0,48
América Central	1,72	0,35	0,19	0,46
Caribe	1,58	0,39	0,26	0,35
<b>Oriente Médio – África do Norte</b>				
Oriente Médio	1,63	0,19	0,23	0,58
África do Norte	2,29	0,28	0,20	0,52
<b>Ásia</b>				
Ásia Meridional	1,96	0,22	0,14	0,64
Sudeste da Ásia	1,05	0,17	0,21	0,62
Ásia Oriental	3,24	0,13	0,33	0,54
<b>África Sub-Sahariana</b>				
África Oriental	0,78	0,51	0,02	0,47
África Central	0,87	0,62	0,00	0,38
África Ocidental	2,05	0,29	0,35	0,36
Sul da África	1,29	0,39	0,03	0,58

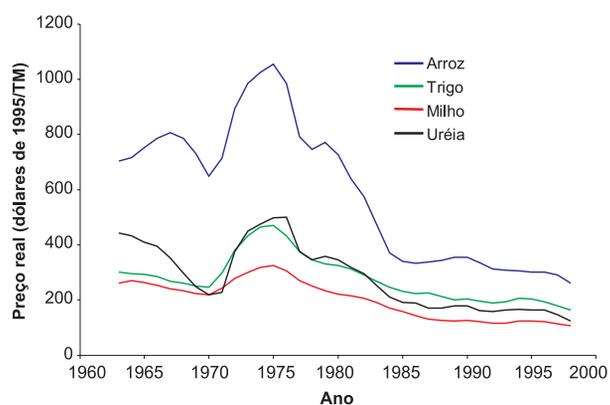
de redução de custos a preços constantes dos fatores.

Conquanto essas taxas de crescimento estejam sujeitas a erros de medição, em geral, são coerentes com a compreensão aqui entendida de crescimento da produtividade. As maiores taxas de crescimento da PTF foram observadas na Ásia Oriental, seguida pela Ásia Meridional e pelos países do Cone Sul, na América Latina. As menores taxas de crescimento da PTF ocorreram na África Oriental, na África Central e no Caribe.

Os preços internacionais dos produtos básicos agrícolas diminuíram em termos reais durante a maior parte da segunda metade do século 20 (Fig. 4). Todos os países da OCDE obtiveram ganhos mais rápidos da PTF do setor agrícola do que no resto da economia. Essas diferenças alcançam um valor médio de cerca de 1% anual. Os países em desenvolvimento se beneficiaram da *Revolução Verde* de forma diferenciada. Muitos países em desenvolvimento tiveram um lento crescimento da PTF e pouco se

beneficiaram da *Revolução Verde*. Por seu turno, em outros, os benefícios foram significativos.

Os países pouco beneficiados com PTF na agricultura têm mostrado resultados deficientes num mundo em que diminuem os preços reais numa economia cada vez mais globalizada.



**Fig. 4.** Preços reais mundiais de arroz, trigo, milho e uréia (média do período 1961/2000).

Fonte: IFPRI, 2004.

Foram formulados dois indicadores do capital tecnológico: o de imitação e o de inovação. O indicador da imitação baseou-se em programas de extensão e nos níveis de escolaridade. Já o indicador da inovação tomou como referência os investimentos em pesquisa agrícola, principalmente no setor público, e as atividades de pesquisa e desenvolvimento industrial, particularmente no setor privado.

O fundamento deste trabalho é basicamente a constatação de que os resultados em matéria de PTF se relacionam diretamente com o capital tecnológico. Essa relação (ver Tabela 7) mostra que os países com um mínimo de capital de inovação ou de imitação são “limitados” a uma contração de preços-custos, ou seja, os preços reais diminuem mais rapidamente do que seus custos. Nos países com um mínimo de capital tecnológico, os rendimentos dos cereais representam só uma quarta parte do rendimento dos países com capital tecnológico. Esses países utilizam só 5% de fertilizantes por hectare e mostram baixos níveis de adoção de variedades modernas da Revolução Verde. O valor agregado por trabalhador agrícola corresponde a uma quarta parte dos países com capital tecnológico. As taxas de crescimento do PIB per capita, se bem que positivas, correspondem só a uma terça parte daquelas dos países com capital tecnológico.

Procurou-se distinguir entre a importância do capital tecnológico e a do de inovação, o que foi difícil de estabelecer, já que existe uma forte correlação entre os dois índices. Constatou-se que o maior capital de inovação contribui mais para o crescimento da PTF do que um maior capital de imitação.

Neste documento, também foi feito um exercício de decomposição da PTF, que identificou a adoção de variedades modernas conferidas pela *Revolução Verde*, os incrementos na escolaridade da força de trabalho e os aumentos na energia dietética (alimentação) como fontes do crescimento da PTF.

Como foi assinalado anteriormente, a principal conclusão a que se chegou neste

trabalho é que o crescimento da PTF e a redução dos custos implicam necessariamente capital tecnológico, o que significa investimentos em sistemas de pesquisa agrícola. Também exige investimentos em pesquisa e desenvolvimento industrial, assim como em sistemas públicos e privados de extensão rural e na melhoria da alimentação e da escolaridade dos agricultores.

Os investimentos em capital tecnológico requerem compromissos de longo prazo por parte dos governos nacionais e dos organismos de ajuda e fomento, não sendo realizados por ONGs. Muitos organismos de ajuda têm deixado de apoiar projetos de desenvolvimento de capital tecnológico a longo prazo (ou seja, por 20, 30 ou 40 anos). Infelizmente, no momento, muitos países da África não estão recebendo apoio dos governos nacionais para desenvolver o capital tecnológico, o que representa a única fórmula de escape à pobreza coletiva.

## Referências

- AVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in Brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33., 1995, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sober, 1995. v. 1. p. 631-657.
- EVENSON, R. E.; GOLLIN, D. (Ed.). **Crop variety improvement and its effect on productivity**: the impact of international agricultural research. Wallingford: CABI Publishing, 2003. 475 p.
- EVENSON, R. E.; KISLEV, Y. **Agricultural research and productivity**. New Haven: Yale University Press, 1975. 206 p.
- EVENSON, R. E.; PRAY, C. E.; ROSEGRANDET, M. W. **Agricultural research and productivity growth in India**. Washington: IFPRI, 1999. (Research Report, 109). 88 p.
- GASQUEZ, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. Transformações estruturais da agricultura e produtividade total: dois fatores. In: **Transformações da agricultura e políticas públicas**. Brasília, DF: IPEA, 2001. p. 17-92.
- IFPRI. International Food Policy Research Institute. Disponível em: <<http://ifpri.org>> Acesso em: 20 dez. 2004.
- KRASACHAT, W. **Deforestation and productivity growth in Thai agriculture**. Paper presented at the International Symposium entitled Sustaining Food Security and Managing Natural Resources in Southeast Asia: Challenges for 21st Century, Chiang Mai, Thailand, January 8-11, 2002. 9 p.
- LEMA, D.; PARELLADA, G. **Productivity and competitive advantage of the Argentinean agriculture**. Buenos Aires: Instituto de Economía e Sociología., 2000. 18 p.

- MADRID-ARIS, M. Growth and technological change in Cuba. In: CUBA in Transition. Washington, DC: Association for the Study of the Cuban Economy, 1997. v. 7, p. 216-227.
- NGOC QUE, N. E GOLETTI, F. **Explaining agricultural growth in Vietnam**. Ha Noi: Agrifood Consulting International, 2001. 24 p.
- NIN PRATT, A.; ARNDT, C.; HERTEL, T. W.; PRECKEL, P.V.. Bridging the gap between partial and total factor productivity measures using directional distance functions. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, Iowa, v. 85, p. 928-942, nov. 2003.
- PIESE, J.; THIRTLE, C.; LUSIGE, A.; SUHARYANTO, K. Multi-factor Agricultural Productivity and Convergence in Botswana: 1981-96. **Journal of Development Economics**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 605-24, 2003.
- PRASADA RAO, D. S.; COELLI, T. J. **Catch-up and Convergence in Global Agricultural Productivity**. Brisbane: Center for Efficiency and Productivity Analysis – Universidad de Queensland, 2003. p. 24. Não publicado.
- ROMANO, L. O. **Productividad agropecuaria: evolución, estado actual y tendencias futuras**. Bogotá: ICA - División Planeación Estratégica. 1993. págs. 7-27. (Boletín Técnico).
- SHAMSUDIN, M. N.; RADAM, A.; ABDLATIF, I. **Productivity in the Malaysian agriculture sector**. Paper presented at the Seminar on Repositioning the Agriculture Industry in the Next Millenium, 13-14 July 1999. Department of Agribusemess and Information Systems - Faculty of Agriculture- UPM, 1999.
- WEIBE, K. D.; SOULE, M. J.; SCHIMMELPFENNING, D. E. Agricultural Productivity for Sustainable Food Security in Sub-Saharan África. In: ZEPEDA, L. (Ed.). **Agricultural Investments and Productivity in Developing Countries**. Madison: Universidad de Wisconsin-Madison: FAO, 2001. (FAO. Economic and Social Development, 148).
-