

MODELAGEM MATEMÁTICA DA DINÂMICA MACROECONÔMICA DE UM MUNICÍPIO RURAL: UM ESTUDO DE CASO EM LAGOA DOS TRÊS CANTOS (RS)

Benedito Silva Neto, José Wnilson Figueiredo

Depto de Física, Estatística e Matemática, UNIJUI
98700-000, Ijuí, RS

E-mail:bsneto@unijui.tche.br, josewnilsonf@bol.com.br

1. INTRODUÇÃO

Os municípios de economia agrícola do Rio Grande do Sul (Brasil) abrigam mais de um terço da população total deste estado. Dado que a distribuição de renda, a demografia e a dinâmica da agricultura parecem desempenhar um papel relevante no desenvolvimento destes municípios, foi elaborado um modelo macroeconômico que permitisse analisar a influência destes fatores sobre economias locais. A dinâmica macroeconômica de municípios rurais (municípios com população inferior a 20000 habitantes) é condicionada pelo efeito da agricultura no interior destes, pois existe uma correlação entre o tipo de atividade agrícola praticada e o desenvolvimento econômico destas localidades, já que as atividades agrárias provocam alteração na demanda de bens e serviços para a qual existe uma capacidade de pagamento (demanda agregada). Essa demanda depende de vários fatores, tais como: Consumo agregado, investimentos internos (gastos dentro do município), gastos e transferências de renda do governo, exportações e importações.

Procurou-se elaborar um modelo matemático de demanda de bens e serviços locais, incorporado a um modelo keynesiano de demanda agregada de forma a contribuir para a elaboração de políticas de desenvolvimento local, onde foram adotadas as seguintes hipóteses na construção do modelo: a) a produção agrícola corresponde à base exportadora; b) a economia local é aberta e extrovertida; c) a maior parte dos investimentos em máquinas e equipamentos é realizada fora do município; d) os gastos públicos não são diretamente dependentes da atividade econômica local; e) os impostos são proporcionais à atividade econômica local. Neste resumo, inicialmente são discutidas algumas características do município de Lagoa dos Três Cantos, escolhido como caso a ser estudado. Em seguida, é discutido um modelo keynesiano de demanda agregada, no qual é introduzida uma equação que permite determinar o consumo local a partir do consumo total segundo a distribuição da renda e o tipo de bem e

serviço produzido no município. A parametrização deste modelo é então apresentada a partir da situação do município de Lagoa dos Três Cantos no ano de 2002. A partir do modelo parametrizado de demanda agregada, foram realizadas simulações para análise dos possíveis efeitos da produção agrícola, da distribuição da renda, da dinâmica demográfica e da diversificação das atividades não-agrícolas sobre o desenvolvimento econômico do município. Os resultados destas simulações foram então discutidos e, com base nas conclusões efetuaram-se algumas considerações a respeito de políticas de desenvolvimento para municípios de economia agrícola.

2. O MUNICÍPIO DE LAGOA DOS TRÊS CANTOS

O município de Lagoa dos Três cantos está localizado na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, a 226 Km da capital Porto Alegre. Foi emancipado no ano de 1992, sendo anteriormente um distrito do município de Tapera, e possui uma área territorial de 135,8 Km^2 . A população no ano de 2.000 era de 1.627 pessoas, sendo que 952 pessoas estavam localizadas na zona rural enquanto 675 habitavam no perímetro urbano (IBGE, 2.000). Segundo dados do IPEA de 2.003, Lagoa dos Três Cantos apresentou, no ano de 2.000, um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 0,838, o qual pode ser considerado elevado para os padrões brasileiros. Assim, dos 5.517 municípios brasileiros existentes no ano de 2.000, apenas 77 (1,4%) apresentavam um IDH superior ao de Lagoa dos Três Cantos. No período de 1.991-2.000, o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDH-M) de Lagoa dos Três Cantos cresceu 8,27%, passando de 0,774 em 1991 para 0,838 em 2000. A dimensão que mais contribuiu para esse crescimento foi a Renda, com 42,2%, seguida pela Educação, com 33,9% e pela longevidade, com 24,0%. Neste período, o hiato de desenvolvimento humano (a distância entre o

IDH do município e o limite máximo do IDH, ou seja, 1- IDH) foi reduzido em 28,3%.

Ainda segundo o IPEA (2.003), a renda mensal média por pessoa do município cresceu 62,95%, passando de R\$ 215,89 em 1991 para R\$ 351,80 em 2.000. A pobreza (medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar inferior a 75,50, equivalente à metade do salário mínimo vigente em agosto de 2.000) diminuiu 59,19%, passando de 30,4% em 1991 para 12,4% em 2000. A desigualdade na distribuição de renda diminuiu com o Índice de Gini para a renda passando de 0,57 em 1.991 para 0,52 em 2.000.

As informações descritas acima indicam que o município de Lagoa dos Três Cantos pode ser um caso interessante de estudo dos possíveis efeitos que a expansão da agricultura, aliada à diminuição da população e, conseqüentemente, à concentração da renda, pode exercer sobre o desenvolvimento local.

3. O MODELO DE DEMANDA AGREGADA

Desde os anos 30 do século passado Keynes evidenciou que o efeito de uma atividade sobre a economia não se restringe à renda que ela gera diretamente, mas inclui também uma renda induzida pelo efeito que a atividade em questão exerce sobre a demanda agregada (Keynes, 1982).

Segundo o princípio de Malthus (Souza, 1999), a demanda agregada corresponde à demanda de bens e serviços para a qual existe uma capacidade de pagamento, podendo ser igual ou inferior ao nível da demanda desejada pela população, de acordo com suas necessidades. Já Brue e McConnell (2001) definem a demanda agregada como uma escala ou curva que mostra as várias quantidades de bens e de serviços, que os consumidores, empresas e o governo desejam coletivamente comprar em cada nível de preço possível. Na medida em que diminui a propensão a consumir das pessoas, das firmas ou do governo, seja pela redução da renda, alta dos impostos ou outro fator, ocorre a queda na demanda agregada. Da mesma maneira em uma economia aberta, se as exportações diminuem ou as importações aumentam, a demanda agregada diminui.

Formalmente podemos definir a demanda agregada, do ponto de vista da produção, como:

$$Y = C + I + G + E - M \quad (1)$$

e do ponto de vista da própria demanda, como:

$$Y = C + S + T \quad (2)$$

onde

C = consumo total

I = investimentos internos (gastos dentro do município)

G = gastos e transferências de renda do governo

E = exportações

M = importações

S = poupança

T = impostos e taxas

A demanda agregada (Y) na medida em que se constitui em uma demanda efetiva, e não apenas potencial, corresponde à renda total da economia.

O investimento interno é considerado o valor da poupança (S) menos a parcela da poupança que é gasta fora do município, para adquirir bens de produção (L), ou seja,

$$I = S - L \quad (3)$$

ou

$$I = S (1 - L\%) \quad (4)$$

Onde

$$L\% = \frac{L}{S} \quad (5)$$

É importante salientar que (L) não corresponde necessariamente à investimentos externos ou à transferências de capital na medida que, neste modelo, representa principalmente a importação de bens de produção (principalmente máquinas e equipamentos não disponíveis no município) para a manutenção ou ampliação da capacidade produtiva local.

O consumo total (C) é a parte da produção utilizada para a manutenção da população e é determinado a partir da taxa de propensão ao consumo (c) multiplicada pela diferença entre a renda total (Y) e o total dos Impostos (T), considerando que o aumento destes provoca uma redução da renda total, o que se reflete na queda do Consumo.

$$C = c (Y - T) \quad (6)$$

$$T = t Y \quad (7)$$

onde

t = taxa de impostos

A partir de (2) podemos obter s , dados c e t , ou seja,

$$Y = C + S + T$$

$$Y = c(Y - T) + S + T$$

dado que

$$S = sY \quad (8)$$

e substituindo (T) conforme (7), obtemos

$$Y = cY - ctY + sY + tY \quad (9)$$

de onde dividindo toda a expressão por (Y) e alterando a ordem dos termos obtemos

$$s = 1 - t - c (1 - t) \quad (10)$$

Para permitir a análise da distribuição da renda sobre o consumo de bens e serviços locais, neste trabalho foi considerado o consumo total (C) como sendo a soma do consumo de bens e serviços produzidos no município (C_I) mais o

consumo de bens e serviços destinados ao consumo final adquiridos fora do município (C_2).

$$C = C_1 + C_2 \quad (11)$$

O consumo de bens e serviços produzidos no município, que denominaremos doravante de consumo local, é definido a partir do consumo total aplicando-se a equação

$$C_1 = aC^b \quad (12)$$

onde

C_1 = consumo por pessoa de bens e serviços produzidos localmente

a = coeficiente associado a distribuição da renda

C = consumo total por pessoa de bens e serviços

b = coeficiente associado ao tipo de bens e serviços produzidos no município

Na medida em que (C) é definido a partir da equação (6) e (C_1) é obtido a partir de (C), (C_2) pode ser obtido por:

$$C_2 = C - C_1 \quad (13)$$

A importação (M) é o somatório de todos os bens e serviços adquiridos no exterior, ou seja, de outros municípios. Neste modelo ela é descrita por:

$$M = M_1 + M_2 \quad (14)$$

Onde M_1 é a importação de bens e serviços destinados à produção interna e M_2 é a importação de bens e serviços destinados ao consumo, ou seja,

$$M_2 = C_2 \quad (15)$$

Como neste modelo considera-se que o consumo local (C_1) corresponde ao produto bruto das atividades não-agrícolas do município, M_1 pode ser obtido por,

$$M_1 = C_1 m_i / (m_i + 1) \quad (16)$$

onde (m_i) é um coeficiente que expressa o valor das importações destinadas à produção de bens e serviços consumidos localmente em relação ao valor agregado por este setor, ou seja,

$$m_i = \frac{M_1}{C_1 - M_1} \quad (17)$$

A partir de (Y), (M_1) e (M_2) pode-se então definir um coeficiente global de importação, ou seja,

$$m = \frac{M}{Y} \text{ ou } M = mY \quad (18)$$

A partir das exportações (E), dos gastos públicos (G) e do Investimento Interno (I), assim como do coeficiente global de importação (m) e das taxas de impostos (t) e de poupança (s), podemos definir a renda total (Y). Assim, a partir da igualdade entre (1) e (2), substituindo (T), (S) e (M) respectivamente pelas equações (7), (8) e (18), pode-se deduzir que

$$Y = \frac{G + E + I}{(m + t + s)} \quad (19)$$

Assim, neste modelo a renda é determinada por:

$$Y = k(G + E + I) \quad (20)$$

onde (k) é o multiplicador keynesiano, ou seja,

$$k = \frac{1}{m + t + s} \quad (21)$$

4. PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

O modelo descrito acima foi parametrizado a partir das informações reunidas junto à Prefeitura Municipal, à Secretaria da Fazenda Estadual, à Receita Federal e ao escritório do INSS, além de dados do IBGE (2.000). Foi utilizado o ano base de 2.002, em virtude de ser o ano mais recente com informações referentes ao valor adicionado. O modelo parametrizado através dos pacotes computacionais Excel e Stella é apresentado na tabela 1. Conforme se pode observar, a renda induzida pelos gastos provenientes da entrada de moeda no município por meio das exportações, dos gastos públicos e dos investimentos internos é bastante baixa, como indicado pelo multiplicador (k), segundo o qual a circulação da moeda introduzida no município gera apenas 9,27% a mais de renda aproximadamente. Tal valor é explicado pelo valor elevado do coeficiente global de importações (m). Outro aspecto interessante da economia de Lagoa dos Três Cantos mostrado na tabela 1 é que a proporção do consumo local em relação ao consumo total, de cerca de apenas 29,83%, é bastante baixa, o que atesta o pequeno desenvolvimento das atividades econômicas do município orientadas para a produção de bens e serviços para o consumo local.

Tabela 1 - Modelo macroeconômico de demanda agregada de município de Lagoa dos Três Cantos - RS, ano de 2002.

PARÂMETROS	UNIDADES	FÓRMULAS	VALORES
População	Pessoas	P =	1629
Produto Total	R\$	Y = C + I + G + E - M	18.100.000
Gastos Públicos	R\$	G =	4.050.000
Investimentos	R\$	I = Y*s*(1-L%)	343.400
Exportações	R\$	E =	12.170.000
Impostos	R\$	T = tY	930.000
Consumo Total	R\$	C = Yc(1-t)	15.453.000
Consumo Local	R\$	C1 = C1 médio * P	4.609.800
Consumo local em relação ao total	100*R\$/R\$	C1/C %	29,83%
Consumo Total médio	R\$/pessoa	C médio = C/P	9486,18784

Consumo Local médio	R\$/pessoa	$C1 \text{ médio} = a*(C/P)^b$	2829,83424
Coeficiente distribuição da renda		$a =$	125,408074
Coef. tipo e disponib. de bens produzidos		$b =$	0,34030784
Poupança	R\$	$S = Ys$	1.717.000
Importações bens produção	R\$	$M1 = mi*C1/(mi+1)$	3.073.200
Importações bens consumo	R\$	$M2 = C - C1$	10.843.200
Importação Total	R\$	$M = M1 + M2$	13.916.400
Saldo Balança Comercial	R\$	$E - M$	-1.746.400
Saldo das Contas Públicas	R\$	$G - T$	3.120.000
Saldo da Conta de Capital	R\$	$S - I$	1.373.600
Taxa de poupança transferida ao exterior	R\$/R\$	$L\% =$	0,8
Coeficiente de poupança	R\$/R\$	$s = 1-t-c*(1-t)$	0,09486187
Coeficiente de impostos	R\$/R\$	$t =$	0,05138121
Coef. de importações de bens de consumo	R\$/R\$	$mi =$	2
Coef. global de importações	R\$/R\$	$m = M/Y$	0,76886187
Coeficiente de consumo	R\$/R\$	$c =$	0,9
Multiplicador	R\$/R\$	$k = 1/(m+t+s)$	1,09277080
Balanco Global	R\$	$(G-T)-(S-I)+(E-M)$	0,00

A partir dos resultados apresentados na tabela 2 pode-se observar que um aumento das exportações de R\$ 1.000.000 provocaria um aumento induzido (correspondente ao aumento total menos o aumento das próprias exportações) na renda total de apenas R\$ 49.678. Isto se reflete no pequeno aumento do consumo local, de R\$89.291, apesar do consumo total apresentar um aumento expressivo, de R\$896.170. O aumento das exportações também provocaria uma diminuição da proporção do consumo local em relação ao consumo total de 1,09%. Também se observa que uma diminuição da população em 500 pessoas provocaria uma redução na renda total do município de R\$ 344.522, sendo que a diminuição no consumo total seria de R\$ 294.138. No entanto, os resultados mostrados na tabela 2 indicam que uma diminuição da população de 500 pessoas provocaria uma queda acentuada no consumo local, o qual diminuiria em R\$ 1.013.955, ou seja, quase o triplo da queda da renda total ou do consumo total, diminuindo em quase 6,11% a sua participação no consumo total da população.

Tabela 2 - Resultados da simulação do efeito do aumento das exportações e da diminuição da população sobre a economia de Lagoa dos Três Cantos.

	Condição Inicial	Aumento das exportações	Diminuição da População	Aumento das exportações e diminuição da população
População	1.629	1629	1129	1584
Produto Total	18.100.000	19.149.678	17.755.478	19.119.339
Gastos Públicos	4.050.000	4.050.000	4.050.000	4.050.000
Investimentos	343.400	363.315	336.864	362.739
Exportações	12.170.000	13.170.000	12.170.000	13.170.000
Impostos	930.000	983.934	912.298	982.375
Consumo Total	15.453.000	16.349.170	15.158.862	16.323.268
Consumo Local	4.609.800	4.699.091	3.595.845	4.609.800
Consumo local em relação ao total	29,83%	28,74%	23,72%	28,24%
Consumo Total médio	9.486	10.036	13.427	10.308
Consumo Local médio	2.830	2.885	3.185	2.911
Coeficiente de distribuição da renda	125,408074	125,408074	125,408074	125,408074
Coef. tipo e disponib. de bens produzidos	0,34030784	0,34030784	0,34030784	0,34030784
Poupança	1.717.000	1.816.574	1.684.318	1.813.696
Importações de bens de produção	3.073.200	3.132.727	2.397.230	3.073.200
Importações de bens de consumo	10.843.200	11.650.080	11.563.018	11.713.468
Importação Total	13.916.400	14.782.807	13.960.248	14.786.668
Saldo Bruto Balança Com.	-1.746.400	-1.612.807	-1.790.248	-1.616.668
Saldo das Contas Públicas	3.120.000	3.066.066	3.137.702	3.067.625
Saldo Bruto da Conta de Capital	1.373.600	1.453.260	1.347.454	1.450.957
Balanco Global	0,00	0,00	0,00	0,00
Coef. global de importações	0,76886187	0,77196109	0,78625014	0,773388019
Multiplicador	1,092770808	1,08908238	1,07239384	1,087392527

Enfim, os resultados apresentados na tabela 2 indicam também que uma diminuição de apenas 45 pessoas na população seria suficiente para neutralizar o aumento do consumo local provocado por um aumento de R\$ 1.000.000 nas exportações. É interessante observar que os resultados obtidos neste trabalho, que atestam para os efeitos limitados da produção agrícola sobre as atividades não-agrícolas, corroboram a posição defendida por Graziano da Silva (2000). Além disso, os resultados obtidos apontam que o padrão atual de desenvolvimento dominante na agricultura contemporânea tem levado a uma maior concentração da renda e uma diminuição da população no meio rural (Mazoyer, 2001), o que, conforme discutido acima, tem ocorrido no

município de Coronel Barros (Callegaro ,2.004). Assim,os resultados aqui obtidos podem contribuir para explicar o maior dinamismo do desenvolvimento rural nas regiões onde a agricultura permitiu a manutenção de uma densidade demográfica mais elevada, como indicado por Silva Neto e Frantz (2003) para o Estado do Rio Grande do Sul.

Os resultados das simulações correspondentes à distribuição da renda e à diversificação da produção local de bens e serviços de consumo ocorrente são mostrados na tabela 3. Estes resultados indicam que uma distribuição da renda no município de Lagoa dos Três Cantos, isoladamente, teria um efeito bastante limitado tanto sobre a renda total como sobre o consumo total, os quais aumentariam, respectivamente em R\$ 141.067 e 120.437. Já sobre o consumo local, como pode ser observado nesta mesma tabela, o efeito de uma distribuição da renda, embora também limitado, seria mais expressivo, ou seja, de R\$ 415.171. Tais resultados podem ser explicados pelo fato de Lagoa dos Três Cantos não apresentar uma alta concentração de renda, como indica o seu índice de Gini para a renda de 0,52 (IPEA, 2.003). Na tabela 3 são mostrados os efeitos de uma diversificação da produção local de bens e serviços que permitisse elevar o consumo local à cerca de 50% do consumo total. Esta diversificação se expressa pela alteração do coeficiente (*b*) da equação (12), que relaciona o consumo total e o local. Como pode ser observada na tabela 3, tal diversificação provocaria uma elevação na renda total de R\$1.237.965, e do consumo total de R\$ 1.056.921. Já o consumo local se elevaria em R\$ 3.643.432, representando um aumento de mais de quase 79% em relação às condições iniciais. É interessante salientar que a diversificação da produção local de bens e serviços simulada teve um impacto positivo sobre o multiplicador, passando a moeda introduzida no município a gerar uma renda induzida de cerca de 16,58%, contra cerca de 9,27% nas condições iniciais. Tal aumento do efeito multiplicador é devido à queda relativa das importações, a qual se reflete na diminuição do coeficiente global de importações.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho concluiu-se que:

- o aumento da produção agrícola destinada ao exterior do município, assim como a distribuição da renda, teria um efeito limitado no

desenvolvimento de atividades não-agrícolas voltadas para o consumo local em Lagoa dos Três Cantos;

- a manutenção ou o aumento da população é de fundamental importância para o desenvolvimento de atividades não-agrícolas voltadas para a satisfação do consumo local em Lagoa dos Três Cantos;

- uma diversificação da produção local que permitisse uma maior participação do consumo de bens e serviços produzidos no município nos gastos totais em consumo da população seria uma medida altamente eficaz para o seu desenvolvimento econômico.

Tabela 3 - Simulação do efeito da distribuição da renda e da diversificação da produção local sobre a economia de Lagoa dos Três Cantos

	Condição Inicial	Distribuição da renda	Diversificação da produção local
População	1629	1629	1629
Produto Total	18.100.000	18.241.067	19.337.965
Gastos Públicos	4.050.000	4.050.000	4.050.000
Investimentos	343.400	346.076	366.887
Exportações	12.170.000	12.170.000	12.170.000
Impostos	930.000	937.248	993.608
Consumo Total	15.453.000	15.573.437	16.509.921
Consumo Local	4.609.800	5.024.971	8.253.232
Consumo local em relação ao total	29,83%	32,27%	49,99%
Consumo Total médio	9.486	9.560	10.135
Consumo Local médio	2829,83425	3084,69676	5066,440893
Coefficiente distribuição da renda	125,408074	136,341973	125,408074
Coef. tipo e disponib. de bens produzidos	0,34030784	0,34030784	0,401010509
Poupança	1.717.000	1.730.382	1.834.436
Importações de bens de produção	3.073.200	3.349.981	5.502.155
Importações de bens de consumo	10.843.200	10.548.466	8.256.689
Importação Total	13.916.400	13.898.446	13.758.843
Saldo Bruto			
Balança Com. Públicas	-1.746.400	-1.728.446	-1.588.843
Saldo das Contas Públicas	3.120.000	3.112.752	3.056.392
Saldo Bruto da Conta de Capital	1.373.600	1.384.305	1.467.549
Balanco Global	0,00	0,00	0,00
Coef. global de importações	0,76886188	0,76193167	0,711493877
Multiplicador	1,09277081	1,10110966	1,165858572

REFERÊNCIAS

- [1] BRUE, S. e McCONNEL, CAMPBELL R. *Macroeconomia Princípios, Problemas e Políticas*. 14. ed. São Paulo. Editora LCT, (2001).
- [2] CALLEGARO, S. S. *Agricultura Demanda Agregada e Desenvolvimento em Municípios Rurais: um Estudo de Caso em Coronel Barros (RS)*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Gestão e Cidadania da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, UNIJUI, (Documento não publicado), (2004).
- [3] GRAZIANO DA SILVA, J. Políticas não-agrícolas para o novo rural brasileiro. *In* Ornas. *Ocupações Rurais Não-agrícolas: oficina de atualização temática*. Londrina, IAPAR, (2000).
- [4] High Performance Systems, Inc. *STELLA Research: An Introduction to Systems Thinking*, Hanover, (1997).
- [5] IBGE, *Censo Demográfico de 2000*. Brasília. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2000).
- [6] IPEA,(2003) *Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil*. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Disponível em:
<http://www.ipea.gov.br/Destaques/destaque.php?num=50> (acesso: 13 de setembro de 2004).
- [7] KEYNES, J. M. *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda*. São Paulo: Atlas. (1982).
- [8] MAZOYER, M., ROUDART, L.; *História das Agriculturas do Mundo. Do Neolítico à crise contemporânea*. Lisboa. Instituto Piaget, 520 p. (2001).
- [9] Microsoft Inc., *Manual do Excel*, Microsof. (1998).
- [10] SILVA NETO, B.; FRANTZ, T. R. The Dynamics of Agriculture and the Rural Development in Rio Grande do Sul. Brasília. *Brazilian Review of Agricultural Economics and Rural Sociology*, Vol. 41, No. 3, Jul.-Set. pag. 253-272. (2003).
- [11] SOUZA, N. de J. *Desenvolvimento Econômico*. 4 ed. São Paulo: Atlas, (1999)