



I SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico.

O Impacto de Mudanças Socioeconômicas e Climáticas nas Curvas de Demanda dos Principais Usuários da Irrigação no Sub- Médio do São Francisco

*Alcoforado de Moraes, M.M.G.¹ * & Ana Cristina Guimarães Carneiro² & Souza da Silva, G.N.³ & Anne Biewald⁴ & Hermann Lotze-Campen⁵ & Alexander Popp⁶ & Maria do Carmo Sobral⁷*

Resumo – A irrigação é essencial na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHRSF), especialmente em sua região semi -árida - Sub- Médio (SM) - e deverá tornar-se ainda mais nas próximas décadas, realizando-se as previsões dadas pelos principais modelos climáticos de longo prazo para a bacia. A demanda de água para os projetos públicos de irrigação e para os usuários da irrigação difusa às margens do rio, depende das culturas a se cultivar em cada uma das áreas irrigadas, decisão essa influenciada em escala global pela demanda mundial às culturas e por acordos e barreiras comerciais internacionais. Utilizando-se resultados futuros de uma versão regionalizada para a Bacia do São Francisco de um modelo agro-económico global (MagPIE), pretende-se determinar Curvas de Demanda de Água para diferentes Projetos públicos e irrigantes difusos dos municípios do SM usando a metodologia de Programação Matemática Positiva(PMP) . O aumento previsto pelo MagPie do cultivo de cana irrigada na bacia deve influenciar as disposições a pagar pela água dos principais irrigantes do SM. Usando tais curvas, pode-se obter benefícios econômicos e custos de escassez resultantes de diferentes políticas de alocação de água na região, subsidiando-se a aplicação dos instrumentos de gestão dos Recursos Hídricos.

Palavras-Chave – Curvas de demanda; irrigação; modelos hidro-econômicos; custos de escassez.

INTRODUÇÃO

Grande parte da Bacia do Rio São Francisco (BHRSF) encontra-se na região semi-árida brasileira, sendo a irrigação decisiva para a agricultura, que representa na bacia 86% do uso consuntivo de água . (Chan et al, 2012) A estimativa dos benefícios econômicos marginais advindos do uso da água por cada usuário ou a sua disposição a pagar (DAP) - apresentado sob a forma de uma função de demanda - é um meio de integrar o comportamento econômico em modelos de apoio a decisão na definição de políticas de gestão de recursos hídricos. O uso dos conceitos econômicos de benefícios marginais e DAP variando com a quantidade de água alocada - resultando nas chamadas curvas ou funções de demanda - são importantes pois substituem o conceito de "demanda de água"

¹ Departamento de Economia, Centro de Ciências Sociais Aplicadas- CCSA UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, marcia.alcoforado.ma@gmail.com

² Bolsista DTI-B do CNPQ em projeto CT-Hidro aprovado na chamada 35/2013 e executado na UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, anacristinagc@gmail.com

³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, geraldsouzadasilva@gmail.com

⁴ Potsdam Institute for Climate Impact Research – PIK, P.O. Box. 601 203, D-14412 Potsdam, Germany, biewald @pik-potsdam.de

⁵ Potsdam Institute for Climate Impact Research – PIK, P.O. Box. 601 203, D-14412 Potsdam, Germany, lotze-campen @pik-potsdam.de

⁶ Potsdam Institute for Climate Impact Research – PIK, P.O. Box. 601 203, D-14412 Potsdam, Germany, popp@pik-potsdam.de

⁷ Departamento de Eng. Civil, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Brazil

como um requerimento fixo pelo usuário, por um que captura o comportamento do usuário e o significado econômico da escassez. A abordagem de estimar curvas de demanda é sensível a mudanças no padrão de comportamento dos usuários e da sua eficiência no uso da água. Isto ajuda na valoração econômica da água para diferentes usos, permitindo uma comparação mais realista entre os mesmos, bem como subsidiando a aplicação de políticas que incentivem o uso racional do recurso.

O método de Programação Matemática Positiva (PMP) (Howitt, 1995), foi recentemente aplicado em projetos públicos de irrigação no Sub-Médio da BHRSF (Figueiredo & Moraes, 2015) para estimar curvas de demanda por água. Os resultados indicaram que na maioria dessas regiões irrigadas, a disposição a pagar dos usuários (DAP) pela água apresentava-se maior ou igual ao valor atualmente cobrado, dado o pleno atendimento da quantidade de água requerida. Ao ser simulada menor disponibilidade (atendimento de 90 % ou menos do que é requerido), os valores da disposição a pagar (DAP) tornam-se ainda maiores do que os valores cobrados. Outro resultado interessante obtido mostrou ser o valor econômico da água (DAP) para projetos públicos de irrigação com significativas áreas irrigadas de cana no SM- BHRSF (município de Juazeiro) muito baixo, dado o pleno atendimento das quantidades requeridas. Este valor resultou muito menor do que a DAP de projetos públicos de irrigação que são grandes produtores de frutas, p;ex., os do município de Petrolina, em todos os níveis de atendimento. (de 100 a 60%). Pôde-se observar que a produção de cana dentro desses projetos públicos de irrigação decresceram significativamente o valor econômico da água, quando comparado ao valor dado ao recurso em projetos de irrigação majoritariamente produtores de frutas.

Como as curvas de demanda dependem do mix de culturas cultivado (juntamente com os custos de produção e a disponibilidade de água), e em vista de estudos recentes prevendo expansão da área de cana irrigada no semi-árido brasileiro (Assad et al, 2008) e associado aumento na produção de bioetanol na região - com impactos socioeconômicos positivos significativos tanto para a região Nordeste como para o país como um todo (Herrera- Martinez et al , 2013) - torna-se importante estimar novas curvas de demanda para os grandes usuários de irrigação, nesses cenários futuros.

O aumento na produção de cana irrigada e expansão do setor sucro-alcooleiro na região pode trazer impactos negativos sobre as bacias produtoras, com intensificação de conflitos entre os usos e aumento na escassez de água (Moraes et al , 2015). As curvas de demanda de água a ser estimadas neste trabalho tornam possível a mensuração de custos de escassez e benefícios econômicos diante de diferentes alocações entre os usos, e vão ser usadas como entrada para identificação do ótimo econômico em cenários futuros, a ser obtido a partir de um modelo hidro- econômico, atualmente em desenvolvimento para o SM-BHRSF (Silva , GS, Moraes, MMGA 2016, em preparação).

MÉTODOS

Configuração de uso da terra no futuro prevista por modelo agro-econômico global (Biewald et al., 2014; Lotze-Campen et al., 2008; Schmitz et al., 2012)

As curvas de demanda de água para diferentes cenários futuros estão sendo estimadas usando a metodologia PMP aplicada sobre a configuração de uso da terra prevista por uma versão regionalizada para a BHRSF obtida no âmbito do projeto Innovate (Beck 2012, Kölling 2014), do modelo agro-econômico global MagPie (Biewald et al., 2014; Lotze-Campen et al., 2008; Schmitz et al., 2012). O modelo regionalizado previu alterações locais sobre os padrões de uso da terra , o uso da água e da produção agrícola de milho, soja , cana de açúcar e pasto na bacia. Estes novos padrões resultaram da utilização de forçantes globais tais como: crescimento da população e do PIB, acordos e barreiras comerciais internacionais e mudanças climáticas em diferentes cenários. Estes cenários foram baseados nos cenários SRES , detalhando diferentes condições climáticas e socioeconômicas futuras, como descrito em Nakicenovic et al (2000).

De acordo com essas simulações, a produção agrícola de milho quase cessa na BHRSF nas

próximas décadas, sendo a produção deste cultivo transferida para outras regiões da América Latina. Em compensação, esta área de produção de milho na bacia é quase que totalmente substituída por uma utilização maciça de cultivo de cana irrigada .

Curvas de demanda

As curvas de demanda são elementos chave (Harou et al. ,2009) para a identificação de uma alocação eficiente de água entre os usos , pois não são determinadas por requerimentos fixos de usuários e sim por funções onde as quantidades de água alocada têm distintos valores econômicos. O método de Programação Matemática Positiva (PMP – Howitt (1995)) foi inicialmente utilizado para a obtenção das curvas de demanda dos perímetros públicos irrigados do Sub-médio da BHRSF no ano referência de 2006, ou seja, sob a configuração de uso da terra atual (Figueiredo & Moraes, 2015).

O método PMP tem ampla aceitação na análise e obtenção de curvas de demanda por água, devido não só ao bom funcionamento destes modelos - que incluem elevado número de recursos, políticas e restrições ambientais frequentemente observados na prática (Griffin, (2006)) – mas também por não requerer um extenso conjunto de dados como os modelos econométricos. Isto porque baseia-se diretamente no comportamento maximizador do lucro dos produtores agrícolas, em contrapartida a intensidade computacional. (Howitt *et al*, (2010)). É em geral o método utilizado para o levantamento de curvas de demanda a serem integradas a modelos hidro-econômicos, de forma a possibilitar o cálculo de benefícios econômicos e custos de escassez associados a diferentes alocações de água entre os diferentes usos.

Distribuição das áreas previstas pelo MagPIE na BHRSF, de cana irrigada nos municípios e projetos públicos de irrigação do Sub-Médio do São Francisco.

Os resultados do MagPIE regionalizados para a BHRSF são dados como totais de áreas cultivadas (irrigadas e não irrigadas) por cultura em sub-regiões do modelo, que são as suas unidades de simulação computacional ou *clusters*. Essas estimativas são dadas para cada *cluster* em várias décadas (1995-2005-2015-2025-2035). Inicialmente , validou-se os valores estimados pelo MagPIE para 2005 na região do SM-BHRSF usando-se para isso os dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006) e do Ministério do Meio-Ambiente (FUNARBE, 2011) disponíveis por município. Para isso, como primeiro passo, foi necessário associar os municípios para os quais existem dados oficiais brasileiros aos *clusters* do MagPIE (ver Fig. 1).

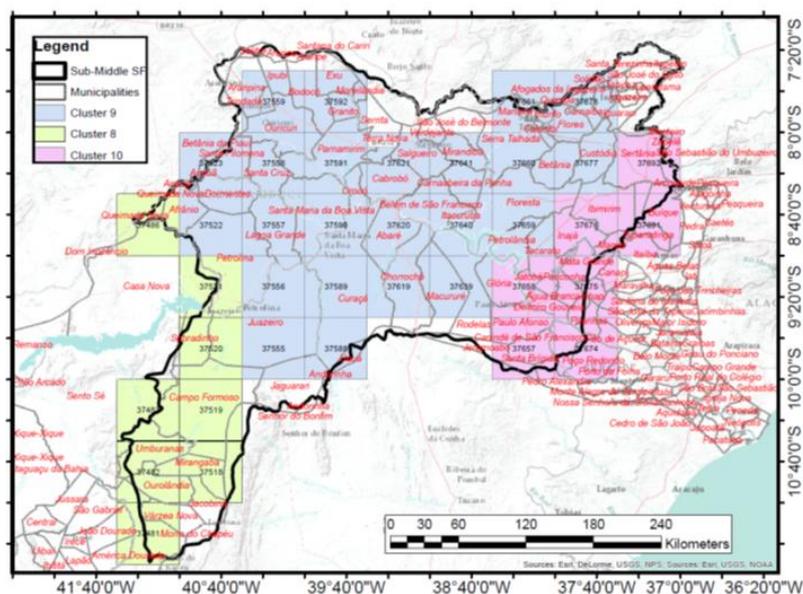


Figura 1 – Unidades de simulação computacional do MagPIE e a associação com os municípios do Sub-Médio da BHRSF

Numa segunda etapa, uma vez associados os municípios com os *clusters*, os dados oficiais brasileiros e os dados estimados pelo MagPIE para 2005 puderam ser agregados para a região hidrográfica do Sub-Médio. Como visto na Fig 2, os totais de áreas irrigadas de cana e milho puderam ser validados satisfatoriamente.

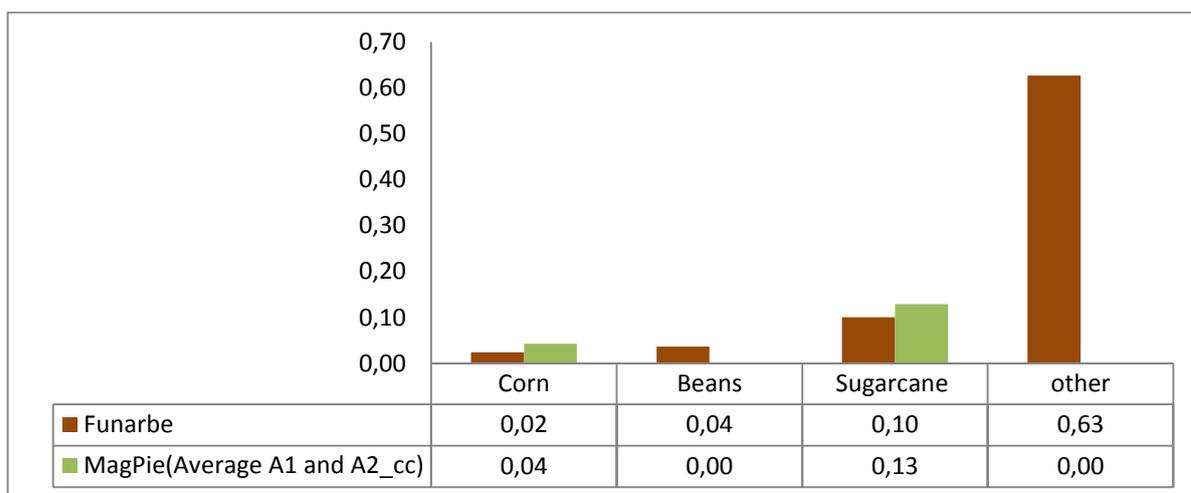


Figura 2 – Área Irrigada anual no SM-BHRSF (Milhões de hectares) em 2005. Os Dados da FUNARBE (2011) por município e do MagPIE por cluster foram agregados para o mesmo nível e foram validados de forma satisfatória para o Sub-médio.

Enquanto a validação das estimativas de áreas irrigadas do MagPIE de forma agregada, ou seja para toda a região do Sub-Médio foi satisfatória para cana-de-açúcar e milho, o modelo global não identificou áreas irrigadas de feijão e nem de frutas, em especial estas últimas um cultivo muito importante no SM da bacia. Na verdade, o modelo agro-econômico inclui frutas e legumes num grupo muito amplo chamado "outros", com características e funções de produção pouco específicas, o que deve ter resultado nas falhas de estimação desses cultivos na área. Por isso, as estimativas futuras do MagPIE para 2035 foram usadas nas curvas de demanda apenas para cana-de-açúcar e milho, sendo que este último não aparece mais nos cenários futuros como sendo cultivado no SM.

Ademais, embora os resultados estimados pelo MagPIE para o SM em 2005 do total de áreas irrigadas para essas duas culturas tenham sido satisfatórios, a tentativa de distribuí-las entre os municípios usando apenas a proporcionalidade de área geográfica dos mesmos contida em cada cluster, não conseguiu simular a situação atual (IBGE 2006), que apresenta uma grande concentração de cana irrigada apenas no município de Juazeiro.

Posteriormente introduziu-se a espacialização dos tipos de solos dos municípios e constatou-se a extrema qualidade dos mesmos no município de Juazeiro, com uma grande área de vertissolos (VC), solos esses que segundo (Silva et al, 1993) potencializam em média para a cana, o dobro da produtividade dos demais solos na região (ver Fig 3). Introduzindo-se assim esse critério de tipo de solos conseguiu-se validar as estimativas do MagPIE em 2005, especializadas por município.

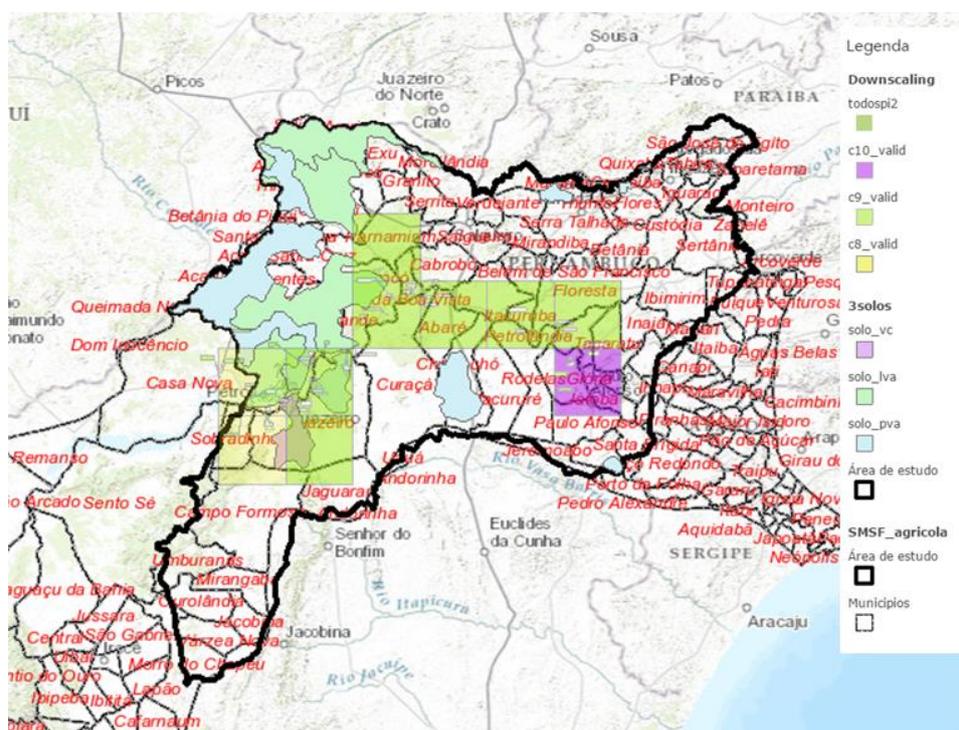


Figura 3 – Clusters do MagPie e áreas por tipos de solos adequados para a cana-de-açúcar, que foram utilizados para a espacialização das estimativas do MagPie para o SM entre os municípios.

Estes mesmos critérios (área geográfica e tipo de solo) então foram utilizados para espacializar as projeções futuras do MagPIE em 2035, entre os municípios e posteriormente entre os diversos projetos de irrigação atuais e previstos. A tabela 1 mostra a distribuição entre os municípios obtida nos cenários A1 e A2 usados pelo MagPIE considerando mudanças climáticas. Em seguida, as áreas irrigadas previstas por município foram distribuídas entre os projetos públicos de irrigação existentes, já com a sua previsão de ampliação para o futuro quando havia, bem como entre os novos, todas essas informações existentes em planos governamentais. A partir destas estimativas de áreas de cana irrigada em cada um dos projetos públicos de irrigação, partiu-se para obter os demais fatores de produção, que são necessários para a aplicação da metodologia PMP (água, trabalho e suprimentos) e que necessitam de atualização para o ano de 2035.

Tabela 1 – Estimativas do MagPie de áreas irrigadas de cana para 2035 espacializadas por município.

MSAs in 2035 distributed by municipality.	A2_cc (hectares)	A1_cc (hectares)
Casa Nova	2058	2033
Juazeiro	40219	36880
Pedro Alexandre	12049	11441
Santa Brígida	2872	2727
Afrânio	1042	981
Dormentes	520	463
Lagoa Grande	1508	1344
Ouricuri	28	25
Petrolina	6123	5617
Santa Cruz	3	2
Santa Maria da Boa Vista	942	839
Canindé de São Francisco	2818	2676
Poço Redondo	3679	3493
Total	73861	68521

RESULTADOS

Obtenção dos fatores de produção associados a nova configuração de uso da terra para os cenários futuros estimados pelo MagPIE para 2035.

A partir das novas áreas irrigadas de cana previstas em cada um dos projetos de irrigação para 2035 em dois cenários A1 e A2 e das atualizações a seguir descritas, obtiveram-se os demais fatores de produção, mostrados nas tabelas 2 e 3. O que não foi ocupado por cana num projeto de irrigação, considerou-se ocupado por *outros*, e foram utilizados médias representativas de dados brasileiros para a sua representação dados pelo IBGE (2006) e pela FUNARBE (2011).

1. Água, trabalho e suprimentos do perímetro foram atualizados baseados na nova distribuição de terra irrigada dada pelo MagPIE entre cana e *outros* nos dois cenários distribuídas entre os projetos de irrigação.
2. Os valores de requerimentos de água por hectare e por cultura dados pela FUNARBE (2011) para 2006 foram atualizados para 2035 a partir das previsões de aumento de temperatura e precipitação dados pelos cenários associados (A1 e A2) do IPCC.
3. Os valores de requerimentos de trabalho e suprimentos por hectare foram atualizados, através da associação dos mesmos à produtividade das culturas. Usando-se dados históricos de evolução anual das produtividades das principais culturas nacionais, atualizou-se a produtividade das mesmas e junto com elas os novos valores de requerimento dos fatores de produção por hectare.
4. Os custos individuais dos fatores de produção, bem como os preços das culturas foram atualizados a partir dos dados de 2006, aplicando-se aos mesmos, índices de inflação decenais obtidos entre 2005-2015, para as duas décadas seguintes.

Os primeiros resultados da atualização dos fatores de produção dos perímetros irrigados previstos para 2035 no cenário A1, para as culturas de cana e outros são apresentados na tabela 2 e 3.

Tabela 2 – Fatores de produção para a irrigação da cana nos perímetros irrigados previstos para 2035 no cenário A1.

CENARIO A1						
CULTURA	PERIMETROS	LAND (HA)	WATER (MIL M3)	LABOR (TRABALHADOR)	SUPPLY (MIL REAIS)	
can	P1	331	5641	119	219	
can	P2	438	7469	157	290	
can	P3	95	2459	26	48	
can	P4	88	2289	24	45	
can	P5	1670	43363	459	848	
can	P6	63	1644	17	32	
can	P7	512	13298	141	260	
can	P8	100	2601	51	61	
can	P9	8573	222906	4412	5197	
can	P10	200	5213	103	122	
can	P11	2054	53408	1057	1245	
can	P12	23314	606150	11999	14133	
can	P13	2081	54117	1071	1978	
can	P14	157	4082	39	71	
can	P15	216	5611	53	98	
can	P16	0	0	0	0	
can	P17	0	0	0	0	
can	P18	0	0	0	0	
can	P19	0	0	0	0	
can	P20	0	0	0	0	
can	P21	0	0	0	0	
can	P22	0	0	0	0	
can	P23	0	0	0	0	
can	P24	0	0	0	0	
can	P25	0	0	0	0	

Tabela 3 – Fatores de produção das outras culturas nos perímetros irrigados previstos para 2035 sob o cenário A1.

CULTURA	PERIMETROS	LAND (HA)	WATER (MIL M3)	LABOR (TRABALHADOR)	SUPPLY (MIL REAIS)
oth	P1	18538	436929	292844	37028
oth	P2	24544	578463	387705	49023
oth	P3	20037	745620	227107	59956
oth	P4	18654	694172	211436	55819
oth	P5	4164	151254	47200	12461
oth	P6	13393	498397	151806	40077
oth	P7	1277	46383	14474	3821
oth	P8	2412	91303	37986	8357
oth	P9	15230	558239	239861	52769
oth	P10	146	5094	2306	507
oth	P11	1500	52196	23624	5197
oth	P12	0	0	0	0
oth	P13	1520	36406	23823	1104
oth	P14	2441	67714	23946	9759
oth	P15	3355	93071	32914	13414
oth	P16	961	28301	7108	2341
oth	P17	1636	42739	25644	1189
oth	P18	62	1518	529	434
oth	P19	1115	27246	1023	112
oth	P20	541	12634	3516	2254
oth	P21	774	18051	5023	3221
oth	P22	1528	35649	9921	6360
oth	P23	257	6240	1692	716
oth	P24	36850	893758	242292	102569
oth	P25	4690	113751	30837	13054

DISCUSSÃO

As curvas de demanda a ser obtidas para os principais usuários de irrigação do SM, diante dessa nova configuração de uso da terra e dos demais fatores de produção obtidas a partir das previsões de um modelo global para 2035, devem alterar de forma significativa as disposições a pagar dos usuários (DAP) pela água em cada um dos projetos de irrigação da região. As mesmas devem possibilitar a mensuração de custos de escassez e benefícios econômicos dos diferentes usos, diante de mudanças climáticas e fatores socioeconômicos que impactam na demanda global pelas culturas passíveis de se cultivar na região.

A possibilidade da integração do modelo global ao modelo local de identificação das curvas de demanda dos principais usuários de irrigação do SM, deve comprovar que as forças globais tem um impacto decisivo na decisão dos irrigantes e no uso da terra e da água localmente.

Essas curvas de demanda serão usadas como entrada para identificação do ótimo econômico em cenários futuros, a ser obtido a partir de um modelo hidro-econômico, atualmente em desenvolvimento para o SM-BHRSF com resultados já obtidos para o cenário atual (Silva, GS, Moraes, MMGA 2016, em preparação). A obtenção de ótimos econômicos em períodos muito distantes de tempo podem subsidiar a utilização dos instrumentos de gestão de RH e inclusive apontar a necessidade de revisões ou reformas a longo prazo na aplicação dos referidos instrumentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro dado a pesquisa pelo projeto INNOVATE bem como ao CTHIDRO – Fundo Setorial de Recursos Hídricos, ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI) e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

- Assad, E. D.; Pinto, H. S.; Zullo Jr., J.; Evangelista, S. R. M.; Otavian, A. F.; Avila, A. M. H. de; Evangelista, B. A.; Marin, F. R.; Macedo Jr, C.; Pellegrino, G. Q.; Pereira-Coltri, P.; Coral, G. Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil. 2.ed. Campinas: EMBRAPA. v.1, 55p.(2008).
- Beck, F., 2012. Modelling Land Use Change in the Catchment Area of the Sao Fransisco River in Brasil (Masterthesis). Humboldt University of Berlin.
- Biewald, A., Rolinski, S., Lotze-Campen, H., Schmitz, C., Dietrich, J.P., 2014. Valuing the impact of trade on local blue water. *Ecol. Econ.* 101, 43–53. doi:10.1016/j.ecolecon.2014.02.003
- Brazilian Institute of Statistics and Geography (Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE). Censo agropecuário 2006. <http://www.ibge.gov.br>
- Chan, Z., Graylee, K., Kajenthira, A., Lee, H., Martinez, D., Roman, A., 2012. Sao Francisco River Basin Background Paper (Water Security Initiative at Harvard University).
- Figueiredo, L.E.N., Moraes, M.M.G.A. A Demanda da Água para Irrigação para os Perímetros Públicos do Submédio do Rio São Francisco.. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília. (2015) – in print.
- Griffin, R. C. (2006). *Water resource economics : the analysis of scarcity, policies, and projects*. Cambridge: MIT Press.
- Harou, J.J., M. Pulido-Velazquez, D.E. Rosenberg, J. Medellin-Azuara, J..R. Lund, R.E. Howitt (2009). Hydro-economic models: Concepts, design, applications and future prospects. *Journal of Hydrology.* 375:627-643.
- Herrera-Martinez, S., Van Eijck, J., da Cunha, M. P., Guilhoto, J.P., Walter, A., Faaij, A. Analysis of socio-economic impacts of sustainable sugarcane-ethanol production by means of inter-regional Input-Output analysis: Demonstrated for Northeast Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(28): 290-316.(2013)
- Howitt, R. E. (1995). Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics Vol. 77, No. 2* , pp. 329-342.
- Howitt, R., Macewan, D., Medellin-Azuara, J.R. Lund.(2010) . Economic modelling of agriculture and water in California using the Statewide Agricultural Production Model (SWAP). A Report for the California Department of Water Resources .CA Water Plan.
- Institute of Federal University of Viçosa (Fundação de Apoio a Universidade de Viçosa – FUNARBE), Desenvolvimento da Matriz de Coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil.(2011).
- Kölling, K., 2014. The impact of socioeconomic and climatic changes on the Sao Fransisco Basin in Brazil (Masterthesis). Humboldt University of Berlin.
- Lotze-Campen, H., Müller, C., Bondeau, A., Rost, S., Popp, A., Lucht, W., 2008. Global food demand, productivity growth, and the scarcity of land and water resources: a spatially explicit mathematical programming approach. *Agric. Econ.* 39, 325–338. doi:10.1111/j.1574-0862.2008.00336.x
- Moraes, M.M.G.A ; Ribeiro, M.M.R. ; Watkins, D. ; Viana, J. H. N. ; Figueiredo, L. E. N. ; Silva, G.S. ; Carneiro, A. C. G. (2015). Integrated Economic Models to Support Decisions on Water Pricing in Biofuel Production River Basins: Three Case Studies from Brazil. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*. DOI: 10.1002/BBB.1581
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grubler, A., Jung, T. Y., Kram, T., La Rovere, E. L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H. M., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S. J., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N., and Dadi, Z.: Special Report on Emissions Scenarios : a special report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York, NY, US, 2000.
- Schmitz, C., Biewald, A., Lotze-Campen, H., Popp, A., Dietrich, J.P., Bodirsky, B., Krause, M., Weindl, I., 2012. Trading more food: Implications for land use, greenhouse gas emissions, and the food system. *Glob. Environ. Change* 22, 189–209. doi:10.1016/j.gloenvcha.2011.09.013
- Silva, F. B. R.; Riché, G. R.; Tonneau, J. P.; Sousa Neto, N. C.; Brito, L. T. L.; Coreia, R. C.; Cavalcanti, A. C.; Silva, F. H. B. B.; Silva, A. B.; Araújo Filho, J. C. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS; UEP Recife, 1993. 2 v. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80)