

INTERFACE PARA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE R[®] NA OTIMIZAÇÃO HIDRÁULICA DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

MARCELO CARAZO CASTRO¹

¹ Doutorando UFV, prof. IFRJ *campus* Pinheiral, Pinheiral-RJ, (24) 3356-8202, marcelo.castro@ifrj.edu.br

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: O custo de implantação dos sistemas de irrigação afeta a amplitude de sua adoção, além de influenciar na eficiência da utilização da água, sendo os sistemas mais onerosos aqueles com melhor aproveitamento da água. Para auxiliar o desenvolvimento de projetos de sistemas de irrigação mais baratos, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma interface para resolver um modelo clássico de programação linear destinado a otimização hidráulica de tubulação de irrigação, no software livre R[®]. Tal interface foi elaborada no ambiente de programação Lazarus[®] e possibilita a geração de *scripts* de programação linear para serem resolvidos com a função “lp” do pacote “plSolve” do R[®]. Permite ainda a interpretação facilitada dos resultados oriundos do R[®]. Assim, a interface desenvolvida proporcionou uma utilização mais eficiente e segura da programação linear aplicada a otimização hidráulica de tubulações para sistemas de irrigação. Isso se deve principalmente ao fato da automatização da modelagem, reduzindo assim as possibilidades de erro em sua elaboração.

PALAVRAS-CHAVE: programação linear, dimensionamento econômico, software R[®].

INTERFACE FOR THE USE OF R[®] SOFTWARE IN THE HYDRAULIC OPTIMIZATION OF IRRIGATION SYSTEMS

ABSTRACT: The cost of implementing irrigation systems affects the extent of their adoption, in addition to influencing the efficiency of water use, with the more expensive systems being those with the best use of water. To assist in the development of cheaper irrigation system projects, the objective of this work was to develop an interface to solve a classic linear programming model for the hydraulic optimization of irrigation pipes, using the R[®] free software. This interface was created in the Lazarus[®] programming environment and it allows the creation of linear programming scripts to be solved with the “lp” function of the “plSolve” package of the R[®] software. It also allows an easy interpretation of the results of the R[®] software. Thus, the developed interface provided a more efficient and safer use of linear programming applied to hydraulic optimization of pipes for irrigation systems. This is mainly due to modeling automation, which reduces the possibility of errors in its elaboration.

KEYWORDS: linear programming, economic sizing, R[®] software.

INTRODUÇÃO: Na irrigação, a programação linear pode ser utilizada para a otimização do custo de implantação dos sistemas pressurizados (BENAMI; OFEN, 1984; GOMES, 1999). Um menor custo de aquisição dos sistemas de irrigação proporciona maior facilidade de acesso a essa tecnologia, tornando-a mais atrativa ao empresário rural. Além disso, um custo menor facilita a substituição dos métodos de irrigação por superfície pelos métodos pressurizados, proporcionando a modernização da agricultura irrigada o que implica em um uso mais eficiente dos recursos hídricos (BERNARDO et al., 2019).

Para resolver os modelos matemáticos de programação linear de pequeno porte (até 10 variáveis e 20 restrições), pode-se utilizar planilhas eletrônicas; para problemas de maior porte, é recomendado o uso de software específicos (BATTESINI, 2019). Nesse sentido, uma característica relevante do uso do software R[®] (R CORE TEAM, 2020) consiste em não haver limitação do porte do problema de programação linear possível de ser resolvido por ele. Entretanto, a parte mais complexa e trabalhosa para a solução de problemas de programação linear no ambiente R[®] é a entrada de dados (BATTESINI, 2019), que é rigorosa e extensa em sua formatação. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma interface para facilitar a utilização de recursos de programação linear disponíveis no software R[®], de livre acesso, a fim de atender especificamente ao projeto de tubulações de sistemas de irrigação pressurizada.

MATERIAL E MÉTODOS: Entre as várias rotinas existentes para resolver problemas de programação linear no software R[®], foi utilizada a função “lp” do pacote “lpSolve”, que é baseada no método simplex revisado, por ser uma versão estável (BRAUN; MURDOCH, 2016).

A interface com o software R[®] foi desenvolvida no ambiente de programação Lazarus[®] v1.8.4. Este é um ambiente de desenvolvimento integrado, multiplataforma, de código aberto profissional para criação de aplicações com *Pascal Free*, estando disponível gratuitamente em <https://www.lazarus-ide.org/>.

Foi utilizado o modelo de programação linear apresentado por Benami & Ofen (1984) para a otimização hidráulica da rede de tubulações de irrigação. Ele consiste em minimizar o custo de aquisição da tubulação estando sujeito basicamente as restrições impostas pela perda de carga, comprimento da tubulação e carga hidráulica disponível e requerida. Utiliza, como variáveis de decisão, os comprimentos das tubulações de diversos diâmetros pré-selecionados como alternativas tecnicamente viáveis de serem adotadas conjuntamente em um mesmo trecho do sistema hidráulico de tubulações. Tal modelo foi implementado na interface a fim de gerar um *script* para sua resolução no R[®], a partir dos dados fornecidos pelo usuário (comprimento das tubulações com a respectiva vazão, cota e pressão requerida, pressão disponível a montante do sistema de tubulações, diâmetro das tubulações possíveis de serem utilizadas com o respectivo custo e perda de carga unitária).

Para a validação da interface desenvolvida, a mesma foi operada para resolver o exemplo apresentado por Benami & Ofen (1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A interface desenvolvida possui apenas duas telas, dispostas em abas. Na Figura 1, é apresentada a tela da aba de entrada dos dados, organizada por tipo de informação requerida pelo modelo. Na Figura 2, é apresentada a tela da aba de resultados, onde pode ser visto o *script* a ser exportado para o R[®], bem como outras caixas que auxiliam na interpretação da resposta gerada pelo R[®]. Ou seja, além de gerar o *script* para resolver o modelo no R[®], a interface permite que o usuário obtenha uma interpretação dos resultados a partir de sua inserção na mesma (Figura 2b). Um benefício intrínseco da

utilização da interface está na automatização da modelagem, o que reduzir as possibilidades de erro em sua elaboração, tornando-a mais confiável.

Ressalta-se que os resultados obtidos na avaliação da interface-R[®] com os dados fornecidos por Benami & Ofen (1984) foram idênticos àqueles apresentados por estes autores.

De acordo com Benami & Ofen (1984), a vantagem do uso da programação linear usando microcomputadores fica mais evidente quando o sistema de tubulação se torna mais complexo, uma vez que substitui o processo manual de tentativa e erro de escolha dos diâmetros dos tubos.

Interface para geração de script de Programação Linear para resolução no R
--- otimização da rede hidráulica de irrigação ---

by Marcelo Carazo Castro
UFV / IFRJ - julho/2021

Entrada
Saída

DN (mm)	DI (mm)	Custo (R\$/m)	Coef C (H-W)
75mm	75	107	140
100mm	100	140	140
150mm	150	140	140
200mm	200	140	140
250mm	250	502	140

	TRECHO 1	TRECHO 2	TRECHO 3	TRECHO 4
L (m)	90	90	90	90
Q (m ³ /h)	96	72	48	24
75mm	0	0	0	1
100mm	1	1	1	1
150mm	1	1	1	1
200mm	1	1	1	0
250mm	0	0	0	0

	TRECHO 1	TRECHO 2	TRECHO 3	TRECHO 4
J 75(o/oo)	-	-	-	32
J 100(o/oo)	100	60	18	7,8
J 150(o/oo)	14	8,3	1	1,1
J 200(o/oo)	3,5	2	1	-
J 250(o/oo)	-	-	-	-

Número de trechos de tubulações:

	no 0	no 1	no 2	no 3	no 4
Cota (m)	20	18	14	12	
Pressão (mca)	36,5	35	35	35	

FIGURA 1 – Tela de entrada de dados da interface desenvolvida, com informações do exemplo apresentado por Benami & Ofen (1984), com os seguintes campos: A – características dos tubos (diâmetro, custo e coeficiente de rugosidade); B – características dos trechos dos sistemas de irrigação (comprimento, vazão e diâmetros possíveis de serem utilizados); C – valores das perdas de carga unitárias; e D – características dos nós dos trechos de tubulações (cota e pressão disponível – nó 0 – ou pressão requerida – demais nós).

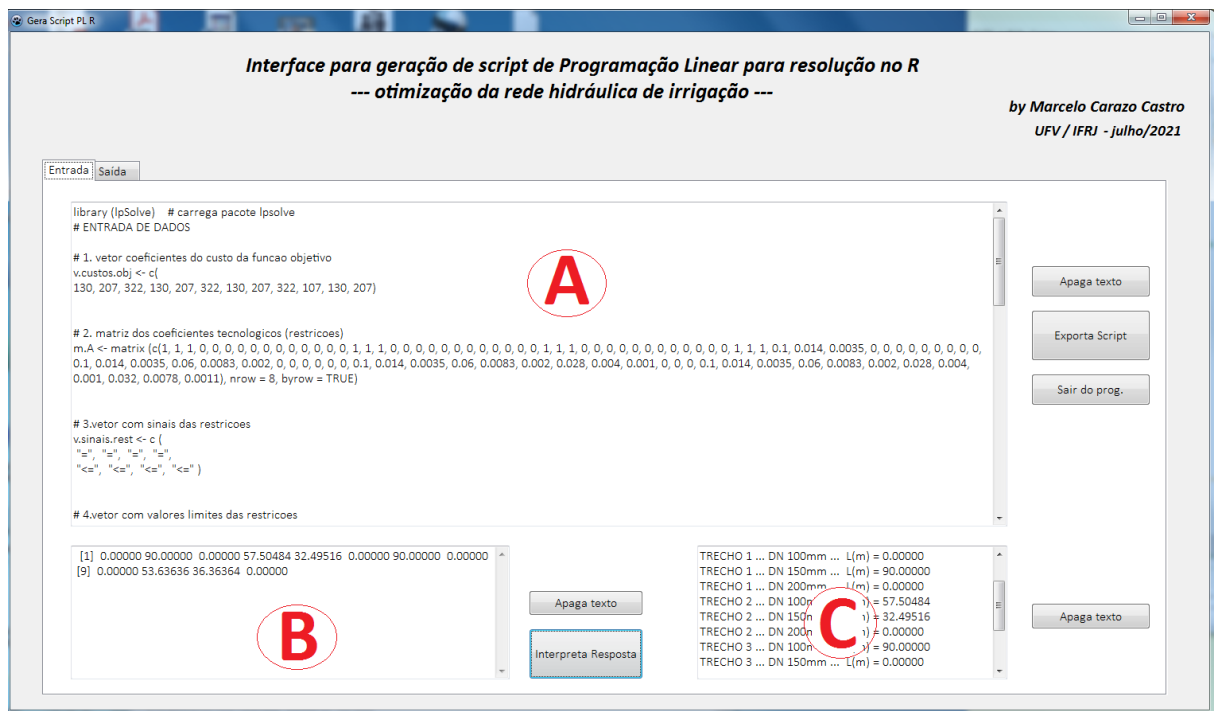


FIGURA 2 – Tela de resultados, onde: A – caixa do script gerado para o R®; B – caixa para entrada dos resultados obtidos no R®; e C – caixa com a interpretação dos resultados do R®.

CONCLUSÕES: A interface desenvolvida proporcionou uma utilização mais eficiente e segura da programação linear aplicada a otimização hidráulica de tubulações para sistemas de irrigação.

REFERÊNCIAS:

- BATESSINI, M. **Programação linear**: conceitos, modelagem e soluções no R. Santa Maria: UFSM, 2019. 304p.
- BENAMI, A.; OFEN, A. **Irrigation Engineering**: sprinkler, trickle, surface irrigation. Haifa: IESP, 1984. 257p.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, D.D.; SOARES, A.A. **Manual de irrigação**. 9 ed., Viçosa: UFV, 2019. 545p.
- BRAUN, W.J.; MURDOCH, D.J. **A First Course in Statistical Programming with R**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2016. 212p.
- GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação**: hidráulica dos sistemas pressurizados. Campina Grande: UFPB, 1999. 412p.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em 08 jul. 2021.