



CmaxiLL - ALGORITMO COMPUTACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO MÁXIMO DA LINHA LATERAL EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.

E. P. de Miranda¹, R. M. S. Román², M. G. da Silva³, C. N. V. Fernandes⁴, A. R. A. da Silva⁵

RESUMO: O sistema de irrigação localizada apresenta inúmeras vantagens em relação a outros métodos de irrigação, entretanto uma das desvantagens desse sistema que restringe sua utilização por grande parte dos pequenos e médios agricultores está relacionada ao seu alto custo de implantação. Uma das medidas para reduzir o custo de implantação é usar o máximo comprimento possível para a linha lateral sem comprometer o desempenho hidráulico do sistema. Para isso desenvolveu-se um algoritmo computacional, aplicado através do Visual Basic Application, em função das características hidráulicas dos emissores e da tubulação. O algoritmo é baseado no dimensionamento pelo método trecho-a-trecho, utilizando a equação de Darcy-Weisbach, para calcular a perda de carga contínua e a equação cinética para determinar a perda localizada de carga. O programa mostrou-se simples e de fácil aplicação, podendo auxiliar os técnicos no dimensionamento mais econômico das linhas laterais em projetos de sistema de irrigação localizada.

PALAVRAS-CHAVE: perda de carga, microaspersão, gotejamento.

CmaxiLL - COMPUTATIONAL ALGORITHM FOR DETERMINING THE MAXIMUM LENGTH OF THE LATERAL LINE IN A MICROIRRIGATION SYSTEM.

SUMMARY: The localized irrigation system has numerous advantages over other irrigation methods, however one of the disadvantages of this system that restricts its use by a large part of the small and medium farmers is related to its high cost of implantation. One of the measures to reduce the cost of deployment is to use the maximum possible length for the lateral line without compromising the hydraulic performance of the system. For this, a computational

¹ Prof. Doutor IFCE, Iguatu - Ceará, Email: eu.paceli@yahoo.com.br;

² Prof. Doutor UNESP, Botucatu - São Paulo. Email: rmsroman@fca.unesp.br;

³ Doutorando UFRB, Cruz das Almas - Bahia. Email: mairtong@hotmail.com;

⁴ Prof. Doutor IFCE, Iguatu - Ceará, Email: newdmar@gmail.com.

⁵ Prof. Doutor IFCE, Iguatu - Ceará, Email: alexandre_reuber@hotmail.com

algorithm was developed, applied through the Visual Basic Application, according to the hydraulic characteristics of the emitters and the pipes. The algorithm is based on the step-by-step design, using the Darcy-Weisbach equation, to calculate the continuous head loss and the kinetic equation to determine the localized head loss. The program was simple and easy to apply and could help technicians in the more economical design of lateral lines in projects of localized irrigation system.

KEYWORDS: head loss, desing

INTRODUÇÃO

A irrigação localizada tem como característica principal a aplicação da água próximo ao sistema radicular da planta, com pequenas vazões, baixa pressão e alta frequência de irrigação. Para Danole e Patil (2015) é o método mais eficiente, em torno de 90%, enquanto o sistema por aspersão chega a 75 a 85%.

Segundo Castiblanco (2013) o sistema de irrigação localizada vem sendo difundido no Brasil desde 1972 e Segundo o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006) citado por Eduardo e Calbo (2014) ocupava uma área de 327.867 ha, representando 7% da área irrigada.

O sistema de irrigação localizada já é consagrado por apresentar diversas vantagens em relação a outros métodos de irrigação, entretanto requer um elevado grau de exatidão em seu dimensionamento para que não venha comprometer sua operacionalização. Também na etapa de dimensionamento é necessário determinar a melhor configuração, em termos de “layout”, que resulte no menor custo de implantação, especificamente relacionado a custos com materiais, menor perda de carga, menor altura manométrica e baixo consumo de energia elétrica.

Nos projetos de dimensionamento hidráulico de sistemas de irrigação, os projetistas preferem equações empíricas, tais como Hazen-Willians, Manning e Scobey (PERRONI et al., 2011). Ainda segundo o mesmo autor, a equação de Darcy-Weisbach é a única que considera um fator de atrito que varia conforme as variações da velocidade de escoamento, sendo preferida para evitar erros.

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um algoritmo computacional para fornecer o maior comprimento de uma linha lateral para o sistema de irrigação localizada.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolveu-se um programa em linguagem VBA/Windows (Visual Basic for Application), que fornece o comprimento máximo da linha lateral em função da perda de carga admissível, das perdas de carga contínua e localizada, da vazão, do espaçamento, das características hidráulicas do emissor, da pressão de serviço e do diâmetro da tubulação.

O programa/ algoritmo foi denominado CmaxiLL, nele foram feitas simulações do dimensionamento de uma linha lateral utilizando quatro modelos de microaspersores e dois modelos de gotejadores cujas equações de vazões são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Equação da vazão do emissor (q – vazão (L.h⁻¹); H – pressão (mca)).

Emissor	Equação
Microaspersor OPAL (naandaanjain)	$q = 19,24 \cdot H^{0,415}$
Microaspersor Gyronet tm /roxo (netafim)	$q = 6,7 \cdot H^{0,5}$
Microaspersor MF2/cinza (amanco)	$q = 8,381 \cdot H^{0,473}$
Microaspersor fixo/preto 360º 16 jatos (Amanco)	$q = 3,15 \cdot H^{0,4436}$
Fita gotejadora drip DI 15,3 mm (Amanco)	$q = 1,609 \cdot H^{0,5}$
Tubo gotejador LIN DI 15,5 mm (Drip-Plan)	$q = 0,13 \cdot H^{0,4785}$

O programa calcula a perda de carga total da linha lateral utilizando o método trecho-a-trecho com a perda de carga contínua determinada pela equação da Darcy-Weisbach (Equação 1) e a perda de carga localizada pela Equação 2.

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \cdot Fn \quad (1)$$

Em que: hf - Perda de carga (m); f - Fator de atrito (adimensional); L - Comprimento da tubulação (m); D - Diâmetro interno da tubulação (m); v - Velocidade de escoamento (m s⁻¹); g - Aceleração da gravidade (m s⁻²); Fn - Fator de correção de múltiplas saídas.

$$hf_{Loc} = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Em que: hf_{Loc} - Perda localizada de carga (m); K - Coeficiente de perda localizada de carga (adimensional); v - Velocidade do fluido (m s⁻¹); g - Aceleração da gravidade (m s⁻²).

Utilizou-se a equação de Hagen-Poiseuille (Equação 3) para calcular o fator de atrito da equação de Darcy-Weisbach (f) para regime laminar, Número de Reynolds (Re) menor que 2000 (Re < 2000) e a equação de Blasius (Equação 4) para Números de Reynolds igual ou maior que 2000 (Re ≥ 2000).

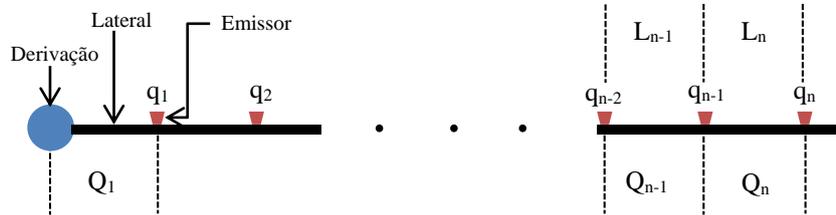
$$f = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (4)$$

Em que: f - Fator de atrito (adimensional); Re - Número de Reynolds (adimensional).

A determinação do comprimento máximo da linha lateral (Figura 1) é feita utilizando o método trecho-a-trecho, a partir do último emissor situado no final da linha lateral, com vazão q_n submetido a uma pressão H_n , conforme Equações 5 e 6, respectivamente.

Figura 1. Esquema da disposição dos emissores e dos trechos na linha Lateral (q_n – vazão do último emissor; q_{n-1} – vazão do penúltimo emissor; q_{n-2} – vazão do antepenúltimo emissor; q_1 – vazão do primeiro emissor; q_2 – vazão do segundo emissor; Q_n – vazão do último trecho; Q_{n-1} – vazão do penúltimo trecho; Q_1 – vazão do primeiro trecho; L_n – comprimento do último trecho; L_{n-1} – comprimento do penúltimo trecho).



$$q_n = k.H_n^x \quad (5)$$

Em que: q_n - Vazão do último emissor ($L h^{-1}$); k - Coeficiente de proporcionalidade (adimensional); H_n - Pressão no último emissor (m); x - Expoente de descarga (adimensional).

$$H_n = PS \quad (6)$$

Em que: H_n - Pressão do último emissor (mca); PS - Pressão de serviço do último emissor (mca);

A vazão do penúltimo emissor (q_{n-1}) é determinada pelos coeficientes da equação da vazão (Equação 7) submetida à uma pressão (H_{n-1}) pressão do penúltimo emissor.

$$q_{n-1} = k.H_{n-1}^x \quad (7)$$

Em que: q_{n-1} - Vazão do penúltimo emissor ($L h^{-1}$); k - Coeficiente de proporcionalidade; H_{n-1} - Pressão no penúltimo emissor (m); x - Expoente de descarga.

A pressão do penúltimo emissor (H_{n-1}), é determinada pela pressão do último emissor (H_n) acrescido da perda de carga no último trecho (Hf_n), Equação 8.

$$H_{n-1} = H_n + Hf_n \quad (8)$$

Em que: H_{n-1} - Pressão do penúltimo emissor (mca); H_n - Pressão do último emissor (mca); H_{f_n} - Perda de carga do último trecho (m);

A vazão no penúltimo trecho (Q_{n-1}) corresponde a soma das vazões do penúltimo (q_{n-1}) e do último emissor (q_n), Equação 9.

$$Q_{n-1} = q_{n-1} + q_n \quad (9)$$

Em que: Q_{n-1} - Vazão do penúltimo trecho ($L h^{-1}$); q_n - Vazão do último emissor ($L h^{-1}$); q_{n-1} - Vazão do penúltimo emissor ($L h^{-1}$);

O algoritmo considera a pressão do último emissor (H_n) como a pressão de serviço (PS).

Calculada a perda de carga total no trecho, esta é comparada com a perda de carga admissível, caso esta seja inferior à perda de carga admissível é acrescentado mais um emissor e mais um trecho com um comprimento equivalente ao espaçamento entre emissores. Novamente é calculada a nova perda de carga total da tubulação e isso é feito, sucessivamente, até que a perda de carga total da linha lateral seja o mais próximo da perda de carga admissível.

A Figura 2 mostra o fluxograma do algoritmo do programa com os dados de entrada e os dados de saída.

Na Tabela 2 são mostrados os parâmetros hidráulicos usados para a simulação do dimensionamento da linha lateral.

Tabela 2. Parâmetros hidráulicos para dimensionamento da linha lateral com irrigação por gotejamento.

Parâmetro	Características
Diâmetro da Linha Lateral	15,3 mm
Desnível geométrico ao longo das Laterais	0
Espaçamento entre microaspersores	5,0 m
Espaçamento entre gotejadores	0,50 m
Pressão de Serviço	10 mca
Coefficiente K de perda de carga localizada do microtubo	0,151
Expoente de descarga	0,503
Perda de carga admissível (%)	10

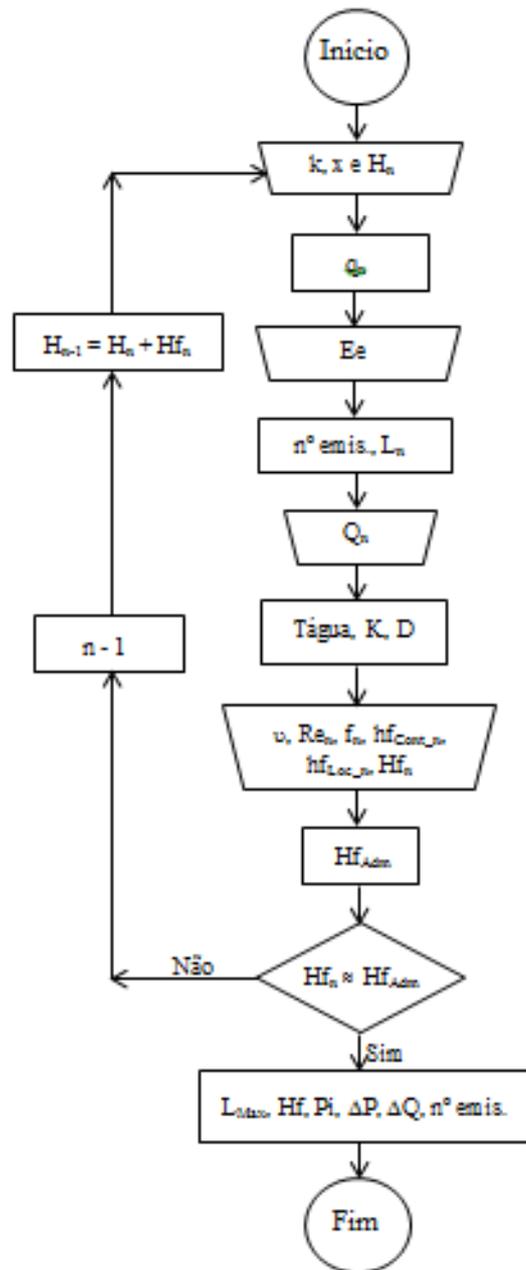


Figura 2. Fluxograma do Algoritmo CmaxiLL (k – coeficiente de proporcionalidade da vazão do emissor; x – expoente de descarga da vazão do emissor; H_n – pressão do último emissor; q_n – vazão do último emissor; E_e – Espaçamento entre emissores; n° emis. – número de emissores; L_n – comprimento do último trecho; Q_n – vazão do último trecho; Tágua – temperatura da água; K – coeficiente de perda de carga localizada; D - diâmetro da Linha Lateral; ν - viscosidade cinemática; Re_n – Número de Reynolds do último trecho; f_n – coeficiente de atrito do último trecho; $hf_{Cont,n}$ – perda de carga contínua do último trecho; $hf_{Loc,n}$ – perda de carga localizada do último trecho; H_{fn} – perda de carga total do último trecho; H_{fAdm} – perda de carga admissível; L_{max} – comprimento máximo da linha lateral; ΔP – variação da pressão; ΔQ – variação da vazão; P_i – pressão de entrada; v – velocidade de escoamento; H_{fLat} - Perda de carga; H_{n-1} – pressão no penúltimo emissor).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta o resultado da simulação hidráulica do dimensionamento de uma linha lateral com o microaspersor OPAL.

A Figura 4 mostra o perfil das perdas de cargas ao longo da linha lateral e os comprimentos máximos das linhas laterais para os quatro modelos de microaspersores usados na simulação. O modelo Fixo 360°/16 jatos obteve o maior comprimento, com 65 m, contra o modelo OPAL, 25 m de comprimento.

Para os modelos de gotejadores (Figura 5) o modelo Lin apresentou um comprimento máximo de 43 m, com um total de 86 gotejadores contra 15 m do modelo Drip e um total de 30 gotejadores.

Comprimento Máximo da Linha Lateral (CmaxiLL)

Tipo de emissor:	Microasp. OPAL (NaanDannJain)		
Pressão de Serviço (m)	10	Lmax (m)	25,00
Coefficiente de descarga (k)	19,24	Hf (m)	0,62
Expoente de descarga (x)	0,415	P entrada (m)	10,29
Temperatura da água (°C)	20	ΔP (%)	2,87
Espaçamento entre emissores (m)	5	ΔQ (%)	1,17
Coefficiente de perda de carga localizada (K)	0,151	nº emissores	5 emissores
Perda de carga admissível (%)	10		
Diâmetro da tubulação (mm)	16,3		

OBS: após informar o diâmetro tede "ENTER"

Salvar

Figura 3. Resultado da simulação do comprimento máximo para o microaspersor OPAL da NaanDaanJain.

A Tabela 3 mostra os resultados dos 6 emissores usados na simulação com os comprimentos máximos (L_{max}), a perda de carga total ao longo da linha lateral (H_f), a pressão necessária no início da linha lateral (P_i), a variação da pressão (ΔP), a variação da vazão (ΔQ) e o número de emissores na linha lateral.

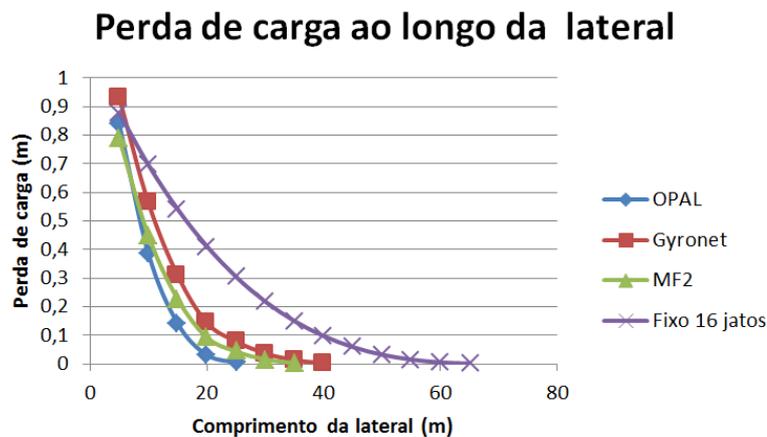


Figura 4. Perdas de cargas ao longo da linha lateral para os quatro modelos de microaspersores.

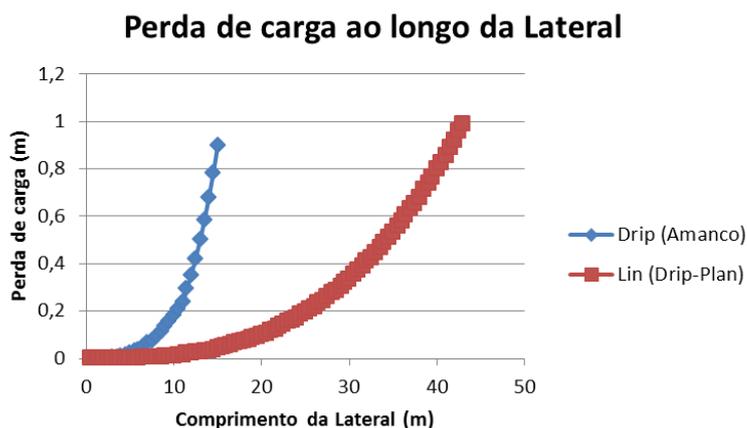


Figura 5. Perdas de cargas ao longo da linha lateral para os dois modelos de gotejadores.

Tabela 3. Resultados dos modelos usados na simulação.

Modelo	Lmax (m)	Hf (m)	Pi (mca)	ΔP (%)	ΔQ (%)	N ^o emissores
Microaspersores						
M. OPAL	25	0,84	10,39	3,86	1,65	5
M. Gyronet	40	0,93	10,56	5,64	2,71	8
M. MF2	35	0,79	10,45	4,49	2,06	7
M. 360° 16 jatos	65	0,88	10,70	7,01	2,96	13
Gotejadores						
G. Drip	25	0,90	10,78	7,84	3,7	30
G. Lin	43	0,99	10,96	9,56	4,27	86

CONCLUSÃO

O algoritmo CmaxiL é capaz de fornecer o comprimento máximo para linha lateral e outros parâmetros hidráulicos a partir de informações das características hidráulicas do emissor e do dimensionamento, permitindo através da simulação de vários modelos de emissores podendo variar alguns parâmetros hidráulicos o que facilita a escolha do emissor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTIBLANCO, C.J.M. **Modelo computacional para o dimensionamento da subunidade em irrigação localizada**. 121p. 2013. Tese (Doutorado em Ciências, Área de concentração: Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.

DANOLE, A.S; PATIL, B.M. Evaluation of local head loss for non pressure compensation online emitters and pressure compensating inline emitters in drip irrigation laterals.

International Journal of Emerging Research in Management & Technology, v.4, n. 5, p. 9-16, 2015.

EDUARDO, M.P.; CALBO, A.G. Potencial de mercado e viabilidade econômica: Estudos fundamentais no processo de transferência de tecnologias. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2014, São Carlos. **Anais...** São Carlos. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1006021/1/691siagro2014print01.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2016.

PERRONI, B. L. T.; CARVALHO, J. A.; FARIA, L. C. Velocidade econômica de escoamento e custos de energia de bombeamento. **Eng. Agríc.** 31(3): 487 – 496, 2011.