

**RUGOSIDADE SUPERFICIAL INTERNA DE DISTINTOS
TUBOGOTEJADORES DE POLIETILENO USADOS EM IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA**

Escrito para apresentação no

XX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

6 a 8 de Dezembro de 2010 – Uberaba MG

L. do A. FARIA¹, R. D. COELHO², R. M. da SILVA³, J. A. FRIZZONE⁴

RESUMO - Nas tubulações, quanto mais rugosa a parede da canalização, maior será a turbulência do fluxo e consequentemente maior será a perda de carga. Objetivou-se neste estudo analisar a variação do parâmetro de rugosidade média (Ra) entre 11 modelos de tubos flexíveis de polietileno encontrado no mercado de irrigação localizada. Cada parâmetro de Rugosidade Média foi determinado pela média de cinco leituras realizadas em pontos diferentes da mesma amostra em sentido longitudinal das tubulações utilizado equipamento para análise de superfícies com precisão microgeométrica. O procedimento para a realização das leituras de superfícies das amostras seguiu padrão para todas as amostras observadas, onde a Rugosidade Média Geral foi de 1,3933 μm , cuja tubulação nº 7 e 6 demonstraram a maior e menor valor de rugosidade média (Ra), respectivamente com 3,714 e 0,687 μm . Realizou-se os testes Tukey e Scott Knott com 5% de significância, onde apenas as Rugosidades Médias das tubulações nº 2 e 7 apresentaram diferenças significativa com as demais no teste Scott Knott.

PALAVRAS-CHAVE: rugosidade superficial, tubulações flexíveis, polietileno.

¹ Engenheiro Agrícola, Mestre, Doutorando Engenharia da Irrigação e Drenagem – ESALQ - USP, Campus Universitário - C.P. 9 Cep: 13418-900 - Piracicaba - SP – Brasil, lucasfr@zaz.com.br.

² Prof. Dr.º, Departamento de Engenharia de Biossistemas ESALQ/USP; E-mail: rdcoelho@esalq.usp.br.

³ Mestrando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP; e-mail: renato.esalq@usp.br

⁴ Prof. Dr.º, Departamento de Engenharia de Biossistemas ESALQ/USP; e-mail: frizzone@esalq.usp.br.

INTERNAL SURFACE ROUGHNESS OF DIFFERENT POLYETHYLENE PIPES USED IN DRIP IRRIGATION

ABSTRACT - The roughness is a measure of the texture of a surface of its ideal form, quantified by the vertical differences. The pipes, the more rough the wall of the pipe, the greater the turbulence of the flow and consequently the greater the loss. The objective of this study to analyze the variation of the parameter of roughness average (Ra) between some models of flexible polyethylene tubing found in the market. Each parameter average roughness was determined by the average of five readings taken at different points in the same sample in the longitudinal direction of the pipes used equipment accurately for analysis of surface roughness. The procedure for making the reading surface of the samples followed standard for all samples observed, where the General Average roughness was 1.3933 micrometers which the pipe 7 and 6 showed the highest and lowest value of average roughness (Ra), using 3.714 and 0.687 micrometers. Held Tukey and Scott Knott test at 5% significance, where (Ra's) pipes 2 and 7 showed significant differences with the others in the Scott Knott test.

KEYWORDS: surface roughness, flexible pipes, polyethylene.

INTRODUÇÃO

Em qualquer método de irrigação a água tem que ser conduzida da captação até a parcela irrigada. Um dos principais aspectos físicos dos condutos que afeta diretamente o dimensionamento de projetos hidráulicos é o tipo de material que é constituído, assim proporcionando em cada uma particularidade na textura ou rugosidade superficial destes condutos, tal propriedade física modificará o atrito entre fluxo e a parede do tubo gerando perda de carga, (BERNARDO, 2006). Principalmente na irrigação localizada que constitui de tubulações com pequenos diâmetros, conseqüentemente a perda de carga é maior neste sistema, sendo fator limitante quanto ao rendimento técnico e econômico do projeto. A rugosidade é a medida da textura de uma superfície, quantificada pelas divergências verticais de uma superfície real de sua forma ideal. Se estas divergências forem grandes em alta frequência, a superfície é considerada áspera, e se as divergências são pequenas considera-se que a superfície é lisa. Porém num processo de fabricação, a aspereza acentuada da superfície interna do tubo acabado é normalmente indesejável e difícil de controlar durante a fabricação, e a

utilização de material reciclado torna a qualidade heterogênea (PIZARRO CABELLO, 1996). Diminuindo a aspereza de uma superfície normalmente exigirá o aumento exponencialmente dos seus custos de fabricação. Isto resulta freqüentemente em um intercâmbio entre o custo industrial de um componente e seu desempenho em aplicação. Deve-se notar que os polímeros não são uniformes quando consideramos a sua composição química, peso molecular e estrutura, (LEITE, 1994). Este trabalho objetivou avaliar e comparar a rugosidade da superfície interna de tubos gotejadores de diferentes modelos utilizando rugosímetro.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ-UPS. Utilizou o equipamento para análise de superfícies com precisão microgeométrica (Rugosímetro) da marca Mitutoyo, modelo SURFPACK-SV/PRO/SJ^{*}, Figura 1.

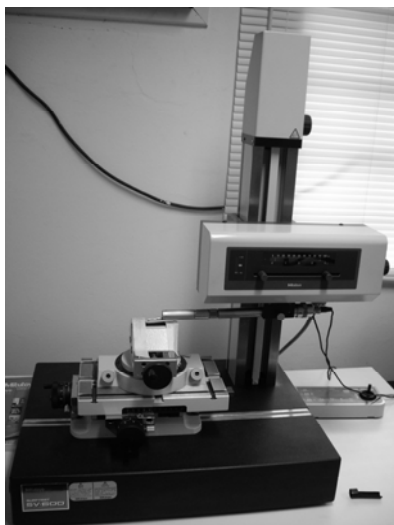


FIGURA 1 – Rugosímetro SURFPACK analisando um tubogotejador.

Para este estudo foi adotado o parâmetro de rugosidade “Ra” *Roughness Average* (Rugosidade Média) medido em micrometros (μm). Para obter tal parâmetro, as amostras foram fixadas na mesa ajustável com a morça do próprio equipamento. Cada parâmetro de rugosidade foi determinado pela média de cinco repetições das

^{*} Citação comercial do modelo e fabricante do equipamento utilizado neste ensaio não significa a sua recomendação de uso.

leituras realizadas em pontos diferentes da mesma amostra, assim obtendo média da média para cada produto analisado. O procedimento para as análises das superfícies das amostras seguiu padrão para todos os produtos observados, antes das leituras realizou-se a calibração do equipamento com placa de rugosidade superficial conhecida. Ao iniciar os testes, foi acionado a refrigeração do local às 8:00hr e o início dos testes a partir das 9:00hr. Todos os testes foram realizados com sistema automático do próprio equipamento de aproximação sobre a superfície analisada da amostra e com velocidade de deslocamento linear da agulha sobre a amostra de $0,2 \text{ mm.s}^{-1}$. As amostras forneceram a rugosidade da superfície interna dos tubos de gotejadores no sentido longitudinal, ou seja, no sentido do fluxo do fluido. O “Cut-off” utilizado nos testes foi o valor de 12mm. Cada dado de leitura sofreu um processo de filtragem no modelo Gaussiano. Para efeito comparativo todas as amostras foram submetidas aos mesmos procedimentos de testes. Ao iniciar o procedimento, foi realizada a calibração deste equipamento através de uma placa padrão de rugosidade com valor conhecido. A placa possui rugosidade média superficial conhecida (Ra) de $9,429 \mu\text{m}$, cuja leitura foi de $9,433 \mu\text{m}$, erro de 0,042%.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores de rugosidade médios das superfícies das amostras demonstraram semelhança aos mencionados na literatura, para PE variam dentro do intervalo de 0,01 a $0,0015 \text{ mm}$, (CARVALHO, 2008). Para a equação Darcy-Weisbach considera-se $0,00152 \text{ mm}$ em tubos extrudados, (BERNARDO, 2006). A Rugosidade Média obtida na avaliação estão demonstrados na Figura 2.

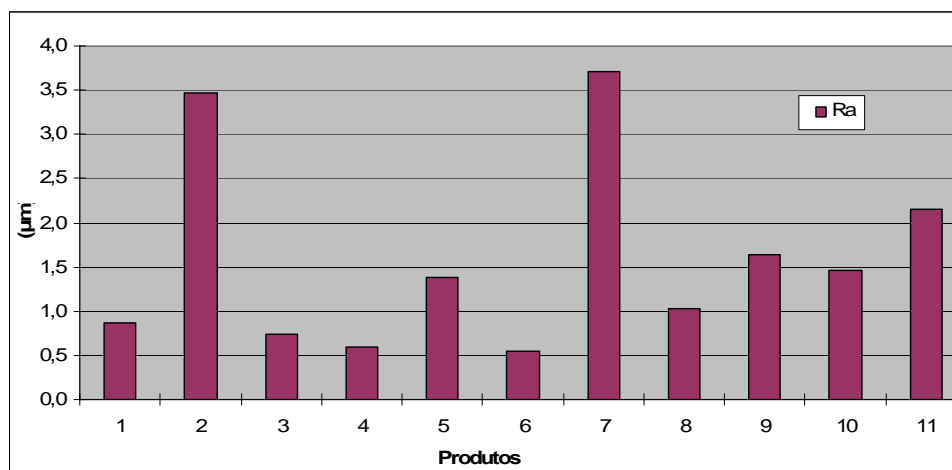


FIGURA 2 – Rugosidade Média de cada modelo de tubogotejador.

Foram observadas algumas desuniformidades na superfície de alguns tubos, na forma do arco transversal ao tubo demonstraram ondulações em partes da superfície, riscos em sentido longitudinal do produto provavelmente no deslocamento dentro do ferramental durante o processo de solidificação do material fundido na extrusora. Ressalta-se ao medir superfícies muito lisas, de materiais flexíveis com alta plasticidade podem ocorrer alguns problemas. É provável a interferência ocasionada pela geometria física da agulha utilizada como instrumento de medição, que realiza a interface entre o equipamento e o material a ser avaliado, consequentemente reduzindo sua precisão. Apesar de que o produto nº 7 já demonstrava uma superfície com ondulações, onde tais irregularidades eram visualizadas a olho nu, demonstrado na tabela 1.

TABELA 1 – Rugosidade Superficial Média em 11 tubos gotejadores (μm).

Tubogotejadores	Médias	Resultados * **
6	0.549000	a A
4	0.582200	a A
3	0.697200	a A
1	0.869200	a A
8	0.962400	a A
5	1.197200	a AB
10	1.278800	a AB
9	1.390800	a AB
11	1.850800	a ABC
2	2.827200	b BC
7	3.121600	b BC

* Letra minúscula, teste Scott e Knott com 5% de significância.

** Letra maiúscula, teste Tukey com 5% de significância.

Porém os resultados de rugosidade média podem ter sido subestimados, ocasionado pelo material que constitui a placa de calibração, não ser idêntica ao material de polietileno avaliado. Outro fator que pode ter gerado estas variações, GALEMBECK (1991) cita que a maior incidência de problemas com polietileno de baixa densidade está associada à maior proporção de oligômeros, que formam na sua superfície uma camada fracamente ligada, onde o polietileno de baixa densidade seus

espectros mudam conforme a espessura da camada examinada, cujas camadas são mais ricas em grupos metila, vinila e carbonila do que as camadas mais internas. Isto é, a superfície do polímero é mais rica em cadeias muito ramificadas e cadeias curtas, ao lado de grupos oxidados, que o seu interior. Por outro lado, cadeias curtas e ramificadas são as menos vantajosas do ponto de vista de coesão do polímero e são as que menos se prestam à cristalização. Portanto, não é de se estranhar que a camada superficial do polietileno não seja fortemente coesa.

CONCLUSÃO

A maioria das amostras analisadas, independentes do modelo e fabricante, o equipamento foi capaz de detectar semelhanças e diferenças significativas na qualidade final dos produtos quanto à rugosidade superficial interna dos tubos gotejadores. O equipamento que realizou tais medidas de rugosidade superficial mostrou-se satisfatório para se estimar a “Rugosidade Média” da superfície dos tubos gotejadores, e gerar informações para projetistas e fabricantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a ESALQ-USP, a CAPES, a FAPESP e ao INCT-EI.

Ao Osvaldo Rettore Neto pelo auxílio as avaliações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, J. A. Instalações de bombeamento para irrigação e consumo de energia, Lavras, Editora UFLA, Lavras, 2008, 354p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação, 8 ed. Viçosa, Editora UFV, 2006, 625p.

LEITE, C. A. P. Dinâmica e reatividade de superfícies de poli (dimetilsiloxano)s. Tese Doutorado, Departamento de Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 1994.

PIZARRO CABELLO, F. Riegos localizados de alta frecuencia. 2.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990. 471p.

GALEMBECK, F. Superfícies de Polietileno, suas características e sua adesão. Polímeros: Ciência e Tecnologia, artigo técnico científico, Nov-Dez 1991. acessado em: 28/01/2010. <http://www.revistapolimeros.org.br/PDF/v1n1a03.pdf>