

HELENTON CARLOS DA SILVA  
(ORGANIZADOR)



# MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

HELENTON CARLOS DA SILVA  
(ORGANIZADOR)



MEIO AMBIENTE,  
RECURSOS HÍDRICOS  
E SANEAMENTO AMBIENTAL

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

M514 Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-46-1  
 DOI 10.22533/at.ed.461201203

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 363.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra *“Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 11 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental, tendo como base a sua preocupação com o meio ambiente, em especial destaque aos recursos hídricos e ao saneamento ambiental.

Compatibilizar o desenvolvimento com o meio ambiente significa considerar os problemas dentro de um contínuo processo de planejamento, atendendo-se adequadamente as exigências de ambos. Para a gestão, o planejamento e o controle se faz necessário a implantação de sistemas de medição e monitoramento, sendo que para esses sistemas funcionarem é imprescindível a utilização de indicadores.

Desta forma, as melhorias das condições dos serviços de saneamento básico dependem do sucesso das entidades de regulação, pois os avanços tímidos no aumento da cobertura dos serviços observados nos últimos anos indicam que a ampliação da disponibilidade de recursos financeiros, por si não é garantia de agilidade no aumento da oferta dos serviços.

Tem-se ainda que o aumento da demanda da sociedade por matrizes energéticas tem impactado os recursos naturais. Neste contexto, as usinas hidrelétricas, ainda que consideradas fontes de energia limpa, podem causar alterações prejudiciais nos recursos hídricos, que por sua vez podem acarretar na depreciação da qualidade da água.

É fatídica a relevância do sensoriamento remoto e de outras ferramentas das geotecnologias passíveis de aplicação nos estudos ambientais diretamente relacionados com o monitoramento e fiscalização do uso dos recursos florestais.

Considera-se ainda que o reuso da água a cada dia torna-se mais atrativo, pois está relacionada com a conscientização e uso sustentável desse recurso hídrico cada vez mais escasso. Além de que a Redução do Risco de Desastres é um tema que cresce a cada dia na produção de conhecimento acadêmico, técnico e científico, a fim de incrementar tanto os meios para o melhor entendimento dos desastres, quanto às maneiras de evitá-los e mitigar seus impactos negativos.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados ao saneamento ambiental, compreendendo, em especial, a gestão do meio ambiente, bem como a correta utilização dos recursos hídricos. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AMAZÔNIA BRASILEIRA: UMA PERSPECTIVA FILOSÓFICA SOBRE A SUPRESSÃO DOS RECURSOS NATURAIS	
Lucas Mota Batista Marina Costa de Sousa Albertino Monteiro Neto Kemuel Maciel Freitas Luciane Gomes Fiel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4612012031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
A IMPORTÂNCIA DA REGULAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	
Pedro Henrique Pena Pereira Rogério Alexandre Reginato	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4612012032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE COARI/AM SEGUNDO O MODELO PRESSÃO-ESTADO-RESPOSTA	
Letícia dos Santos Costa Luiza de Nazaré Almeida Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4612012033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TOCANTINS A MONTANTE E A JUSANTE DA USINA HIDRELÉTRICA LUIS EDUARDO MAGALHÃES	
Nicole Marasca Guenther Carlos Couto Viana Flávia Tonani Emerson Adriano Guarda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4612012034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
ABORDAGEM SOBRE A RUGOSIDADE SUPERFICIAL INTERNA DE TUBULAÇÕES UTILIZADAS EM IRRIGAÇÃO E CONDUÇÃO DE ÁGUA COM ÊNFASE NOS PARÂMETROS KURTOSIS E SKEWNESS	
Bruna Dalcin Pimenta Adroaldo Dias Robaina Marcia Xavier Peiter José Antonio Frizzone Moacir Eckhardt Jhosefe Bruning Luiz Ricardo Sobenko Anderson Crestani Pereira Laura Dias Ferreira Rogerio Lavanholi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4612012035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
DETECÇÃO REMOTA DE FLORESTA E FRAGMENTOS FLORESTAIS ATRAVÉS DE IMAGENS SENTINEL 1A EM TRACUATEUA – PA	
Deyverson Mesquita Freitas	

André Luis Nascimento de Oliveira  
Robert Luan Borges Negrão  
Neuma Teixeira dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.4612012036**

**CAPÍTULO 7 ..... 66**

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA ESCALA DE IMPACTOS PARA EVENTOS METEOROLÓGICOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: COMPARAÇÃO ENTRE OS VERÕES 2017/18 E 2018/19

Alexander de Araújo Lima  
Orlando Sodré Gomes  
Marcelo Abranches Abelheira  
Felipe Cerbella Mandarinó  
Pedro Reis Martins  
Kátia Regina Alves Nunes  
Leandro Vianna Chagas

**DOI 10.22533/at.ed.4612012037**

**CAPÍTULO 8 ..... 87**

REUSO DE ÁGUA DE ARCONDICIONADO UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS E COMPUTAÇÃO EM NUVEM: UM ESTUDO DE CASO NA EMPRESA DE TIC NO AMAZONAS

Afonso Fonseca Fernandes  
Júlio César D'Oliveira e Souza  
Mario Jorge da Silva Maciel

**DOI 10.22533/at.ed.4612012038**

**CAPÍTULO 9 ..... 101**

ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS UNIDADES DE UMA REDE SUPERMERCADISTA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM – PA)

Danúbia Leão de Freitas  
Yan Torres Dos Santos Pereira  
Douglas Matheus das Neves Santos  
Danilo Mercês Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.4612012039**

**CAPÍTULO 10 ..... 114**

ÁREAS DEGRADADAS E CONTAMINADAS: A MATÉRIA ORGÂNICA E A SATURAÇÃO POR BASE COMO INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM AGROECOSSISTEMA

Eduarda Costa Ferreira  
Vanessa Silva Oliveira  
Kelvis Nunes da Silva  
Jonathan Matheus Mendes  
Gleidson Marques Pereira  
Thamires Oliveira Gomes  
Rodolfo Pereira Brito  
Seidel Ferreira dos Santos  
Gleicy Karen Abdon Alves Paes

**DOI 10.22533/at.ed.46120120310**

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

ANÁLISE DOS DESDOBRAMENTOS DA POLÍTICA NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS (RENOVABIO) NO CENÁRIO BRASILEIRO

Uonis Raasch Pagel  
Adriana Fiorotti Campos  
Jaqueline Carolino

**DOI 10.22533/at.ed.46120120311**



<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>129</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>130</b>

## ABORDAGEM SOBRE A RUGOSIDADE SUPERFICIAL INTERNA DE TUBULAÇÕES UTILIZADAS EM IRRIGAÇÃO E CONDUÇÃO DE ÁGUA COM ÊNFASE NOS PARÂMETROS KURTOSIS E SKEWNESS

Data de submissão: 23/12/2019

Data de aceite: 09/03/2020

### **Bruna Dalcin Pimenta**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul  
Ibirubá, RS  
<http://lattes.cnpq.br/4356461032499240>

### **Adroaldo Dias Robaina**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/8629241691140049>

### **Marcia Xavier Peiter**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/4072803412132476>

### **José Antonio Frizzone**

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz  
Piracicaba, SP  
<http://lattes.cnpq.br/1938995897164854>

### **Moacir Eckhardt**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/5498073409349885>

### **Jhosefe Bruning**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/1313854962647500>

### **Luiz Ricardo Sobenko**

Universidade Tuiuti do Paraná

Curitiba, PR

<http://lattes.cnpq.br/4580916144614623>

### **Anderson Crestani Pereira**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS

<http://lattes.cnpq.br/2511502176168270>

### **Laura Dias Ferreira**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, RS

<http://lattes.cnpq.br/1644446135749417>

### **Rogério Lavanholi**

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz  
Piracicaba, SP

<http://lattes.cnpq.br/4247266803004578>

**RESUMO:** Para o dimensionamento de sistemas hidráulicos utilizados para irrigação e condução de água é necessário a quantificação da perda contínua de carga ao longo das tubulações. Para isso, uma das variáveis que influencia nesse processo é a rugosidade da superfície dessas tubulações, a qual, muitas vezes, não se tem informações atualizadas e valores exatos para que haja um correto dimensionamento dos sistemas. Uma alternativa a isso é a medição da rugosidade da superfície interna através de instrumentos especializados que determinam diversos parâmetros de amplitude das irregularidades. Esse estudo objetivou abordar os diversos parâmetros de rugosidade da superfície

interna para tubulações utilizadas na irrigação e condução de água, dando ênfase aos parâmetros kurtosis e skewness. Foram avaliados cinco diâmetros de politubos: 100 e 460mm em tubulações utilizadas para condução de água e 130, 250 e 450mm em tubulações utilizadas para irrigação. Os ensaios foram conduzidos em laboratório utilizando um rugosímetro de bancada para medição da rugosidade das amostras. Através dos dados gerados, determinou-se que existe variação nos valores de kurtosis e de skewness com a alteração do diâmetro das tubulações. Além disso, esses parâmetros podem ser avaliados através de suas representações gráficas somente.

**PALAVRAS-CHAVE:** protuberâncias, superfícies, rugosímetro.

## APPROACH ON THE INTERNAL SURFACE ROUGHNESS OF PIPES USED IN IRRIGATION AND WATER CONDUCTION WITH EMPHASIS THE KURTOSIS AND SKEWNESS PARAMETERS

**ABSTRACT:** For the design of hydraulic systems used for irrigation and water conduction it is necessary to quantify the continuous loss of load along the pipes. For this, one of the variables that influences this process is the roughness of the surface of these pipes, which, often, do not have updated information and exact values for a correct sizing of the systems. An alternative to this is the measurement of the roughness of the internal surface by means of specialized instruments that determine several parameters of amplitude of the irregularities. This study aimed to address the various surface roughness parameters for pipes used in irrigation and water conduction, emphasizing the parameters kurtosis and skewness. Five diameters of polytubes were evaluated: 100 and 460 mm in pipes used for water conduction and 130, 250 and 450 mm in pipes used for irrigation. The tests were conducted in the laboratory using a benchtop rugosimeter to measure the roughness of the samples. Through the generated data, one can determine that there is variation in the values of kurtosis and skewness with the change of the diameter of the pipes. In addition, these parameters can be evaluated through their graphical representations only.

**KEYWORDS:** bulges, surfaces, rugosimeter.

## 1 | INTRODUÇÃO

O dimensionamento das redes de distribuição de água pressupõe a verificação da perda contínua de carga das tubulações. Para isso, muitos projetistas e engenheiros utilizam equações como Hazen-Williams (1903) e Darcy-Weisbach (1857), sendo que, essa última, envolve um coeficiente de perda de carga, que pode ser determinado pela formulação de Colebrook-White (1937). Por vez, essa depende do escoamento do fluido, através do número de Reynolds, e da rugosidade da superfície interna dos tubos, que representa as protuberâncias característica do material utilizado.

Alguns instrumentos podem ser utilizados para realizar as medições da rugosidade da superfície, como os rugosímetros. Esses aparelhos são caracterizados

pela medição por contato, em que, segundo Nunes (2011), exploram uma superfície com contato direto por meio de sensores ou apalpadores e adquirem os desvios na forma do perfil. Ainda, esses aparelhos têm a capacidade de emitir relatórios do perfil graficamente e calcular diversos parâmetros, como o Ra, Rq, Rc, Rp, Rv, Rt, Rz, Ry, R3y, Rsk e Rku.

Não há, ou pouco existe, na literatura nacional e internacional, estudos que exploram esses parâmetros nos materiais que são utilizados para condução de água e irrigação, como os politubos. Além disso, não há informações sobre a relação da rugosidade da superfície interna com a variação dos diâmetros desses tubos.

Diante do exposto, esse trabalho objetivou abordar os diferentes parâmetros de rugosidade da superfície interna dando ênfase na kurtosis e na skewness, para tubulações de politubos utilizadas para irrigação e condução de água.

## 2 | PARÂMETROS DE RUGOSIDADE

A geometria da superfície real é tão complexa que um número pequeno de parâmetros pode não fornecer uma descrição completa do material analisado. Com isso, se o número desses for aumentado, uma descrição mais precisa pode ser obtida. Esta é uma das razões para a introdução de novos parâmetros para a avaliação de superfícies.

Esses parâmetros se referem a amplitude ou espaçamento das irregularidades, que são as profundidades e distâncias de vales (variações abaixo da linha média) e picos (variações acima da linha média) no perfil da superfície analisada. Geralmente, ao se obter vários parâmetros a partir do perfil medido, o cálculo apropriado é executado em cada percurso de amostragem dentro do percurso de avaliação, então é feita a média dos resultados calculados para se obter um valor final de parâmetro.

Alguns dos parâmetros determinados através dos rugosímetros de bancada serão descritos a seguir. Nota-se que esses parâmetros também podem ser identificados através de outros equipamentos de medição de superfícies.

O parâmetro da rugosidade média (Ra) é o parâmetro mais utilizado universalmente para controle de qualidade geral (Strano et al., 2013) estando presente em praticamente todos os aparelhos de medição da rugosidade de superfícies. Ele é definido, segundo Gadelmawla et al. (2002), como a média absoluta das irregularidades da rugosidade da linha média ao longo de um comprimento de amostragem, como mostrado na Figura 1.

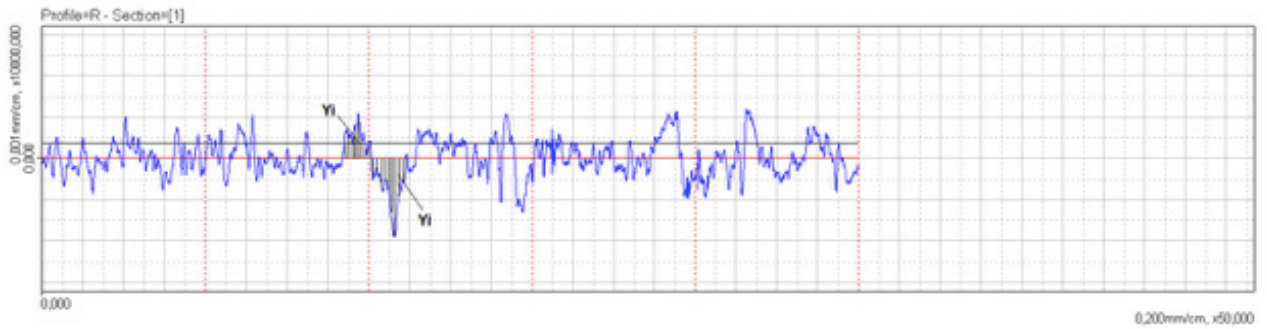


Figura 1 - Parâmetro Ra de uma superfície

Esse parâmetro é fácil de definir e medir, fornecendo uma boa descrição geral das variações de altura, mas não fornece informações sobre o comprimento de onda e, de acordo com Farshad et al. (2001), não é sensível a pequenas alterações no perfil.

A raiz quadrada do somatório de desvios ao quadrado ( $R_q$ ), também chamado de desvio médio quadrático da raiz do perfil, representa o desvio padrão da distribuição das alturas de superfície (Townsend et al., 2016), por isso é um parâmetro importante para descrever a rugosidade superficial por métodos estatísticos (Gadelmawla et al., 2002).

De acordo com Turner e Gold (2015), é o segundo parâmetro mais utilizado para análise de rugosidade das superfícies. Comparado com o Ra, o parâmetro  $R_q$  (Figura 2) tem o efeito de superestimar os altos valores da rugosidade. Além disso, apresenta como vantagem maior evidência dos picos e vales, pois eleva ao quadrado o erro. Mas, assim como o Ra, ele não define a forma das irregularidades.

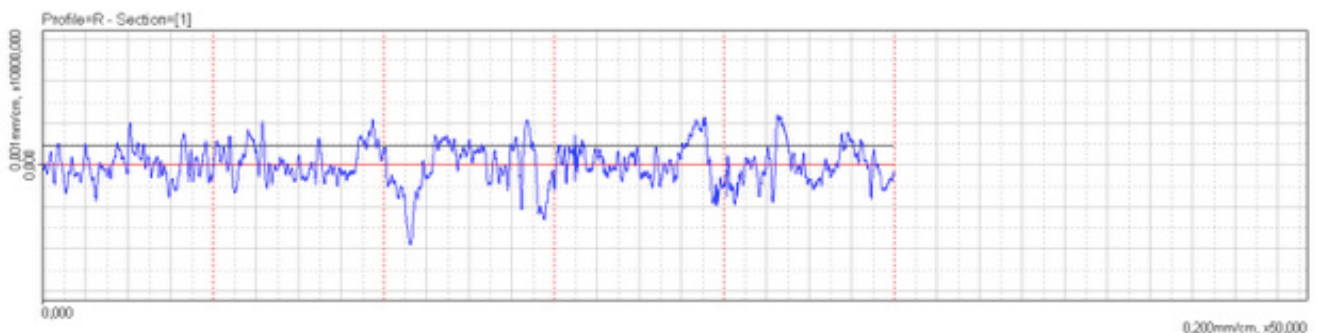


Figura 2 - Parâmetro  $R_q$  de uma superfície

O parâmetro  $R_p$  é definido, de acordo com Gadelmawla et al. (2002), como a altura máxima de picos do perfil acima da linha média dentro do comprimento de avaliação, sendo representado na Figura 3. Ele é determinado através da média aritmética de todos os percursos de amostragem.

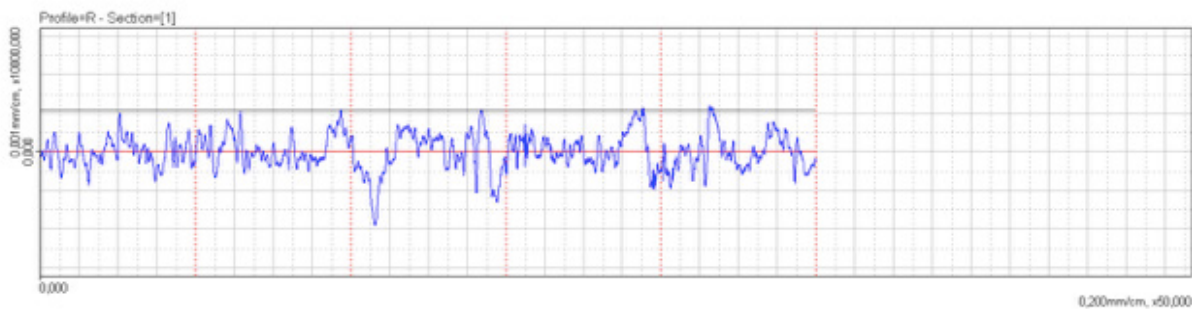


Figura 3 - Parâmetro Rp de uma superfície

Rv é definido como a profundidade máxima do perfil abaixo da linha média dentro do comprimento de avaliação, ou seja, profundidade máxima dos vales, conforme mostrado na Figura 4. Ele é determinado através da média aritmética de todos os percursos de amostragem.

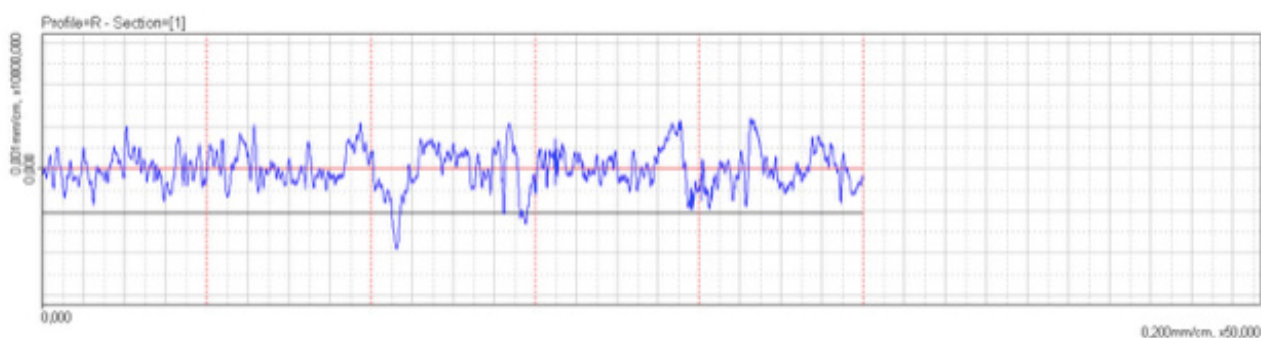


Figura 4 - Parâmetro Rv de uma superfície

O parâmetro Rt ou também chamado de R<sub>máx</sub>, representa a altura total do perfil, e é definido como a soma das máximas alturas de picos com as máximas profundidades de vales no percurso de avaliação (Figura 5). Segundo Gadelmawla et al. (2002), este parâmetro é muito sensível aos altos picos ou vales profundos.

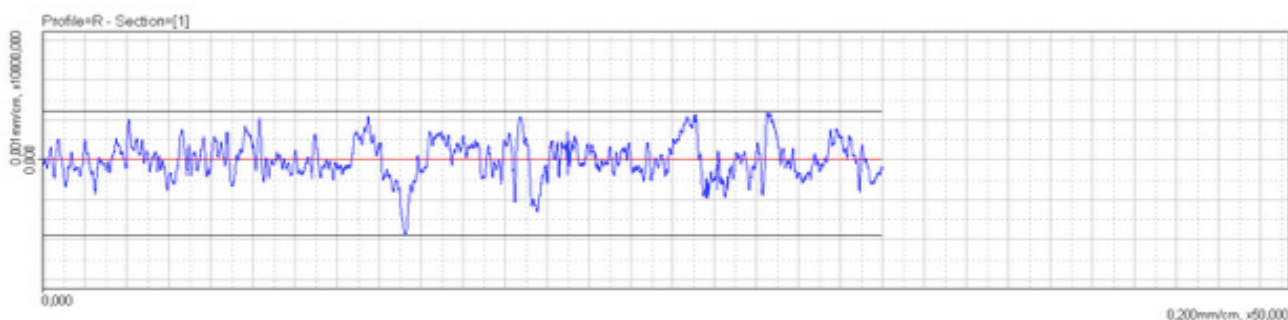


Figura 5 - Parâmetro Rt de uma superfície

Outro parâmetro utilizado é o Ry, que é definido como a altura máxima de picos e vales dentro do percurso de amostragem (Figura 6). Uma das desvantagens desse

parâmetro é que ele não informa sobre a forma da superfície, ou seja, diversas formas diferentes de rugosidade podem ter o mesmo valor de  $R_y$ .

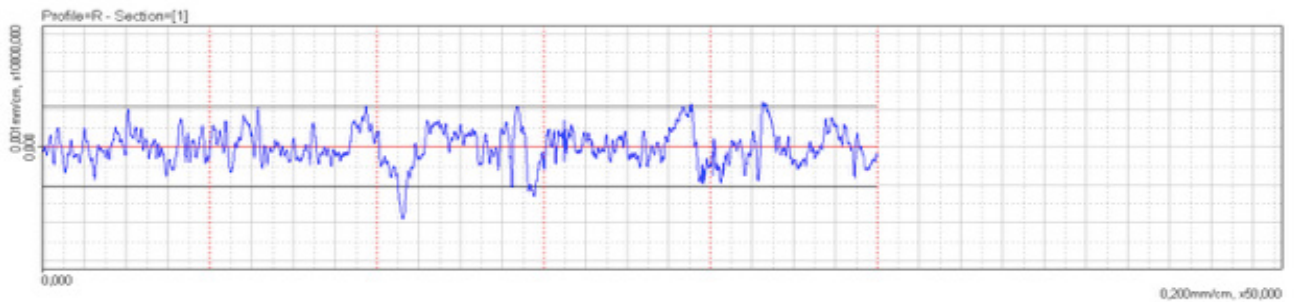


Figura 6 - Parâmetro  $R_y$  de uma superfície

Outro parâmetro bastante utilizado é o  $R_c$ , que diz respeito à amplitude média das alturas das irregularidades do perfil, sendo representado pela média dos valores em cada percurso de amostragem (Figura 7).

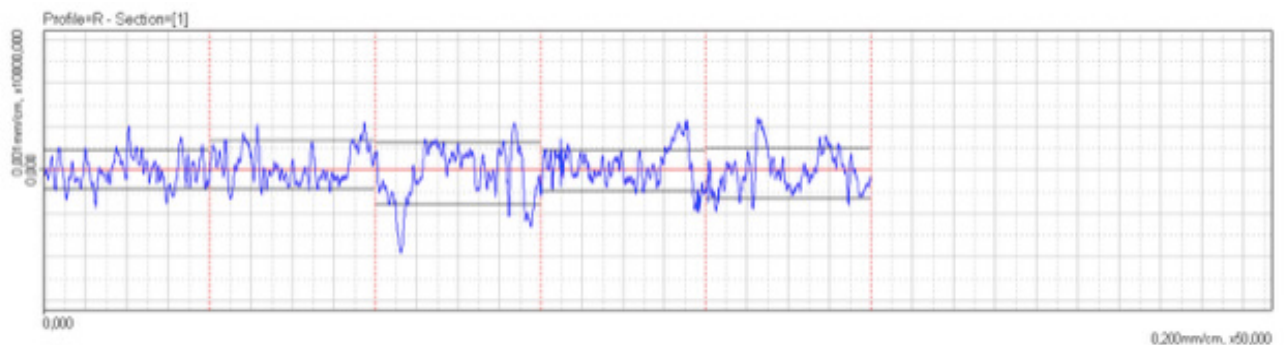


Figura 7 - Parâmetro  $R_c$  de uma superfície

Os parâmetros  $R_y$  e  $R_c$  são essencialmente mais sensíveis à detecção de maiores amplitudes das protrusões da parede interna do tubo (Farshad et al., 2001), enquanto os parâmetros  $R_a$  e  $R_q$  constituem, por definição, uma representação estatística dos pontos medidos na superfície avaliada (Gadelmawla et al., 2002).

Além dos definidos nos parágrafos anteriores, destacam-se outros parâmetros estatísticos, como a skewness ( $R_{sk}$ ) e a kurtosis ( $R_{ku}$ ), os quais, segundo Das e Linke (2017), são utilizados para avaliar a estrutura da superfície, defeitos superficiais e condições de desgaste. O parâmetro  $R_{sk}$  mede a simetria do perfil em relação a linha média. Ele indica se as irregularidades da superfície obtida na fabricação são em maioria picos ou vales.

$R_{sk}$  é um parâmetro adimensional e é diretamente dependente dos valores do desvio médio  $R_q$  e dos desvios do perfil ( $Y_i$ ). Pode-se dizer que os valores de  $R_{sk}$ , aproximadamente iguais a zero, indicam uma superfície com picos e vales distribuídos semelhantemente ao longo do comprimento de avaliação. O valor da assimetria depende se a maior parte do material da amostra está acima (inclinação positiva) ou abaixo (inclinação negativa) da linha média (Gathimba et al., 2019).

Quando o Rsk for positivo indicará que o perfil em análise representa uma superfície com picos altos associados a região de baixos vales ou aplainada. Em termos de amplitudes, isso quer dizer que os valores de amplitude de picos serão muito maiores do que os valores de amplitude de vales. Por outro lado, valores negativos indicam a presença de maiores amplitudes de vales em relação aos picos (Nunes, 2011).

Cabe ressaltar que esse tipo de parâmetro é extremamente influenciado por picos ou vales isolados. Esse fato pode ser percebido diretamente nos valores deste parâmetro, ou graficamente. Apesar da sua característica de parâmetro de forma, o Rsk necessita ser associado a outros parâmetros para uma adequada caracterização do perfil de medição. Segundo Gadelmawla et al. (2002), o parâmetro skewness pode ser usado para diferenciar superfícies que possuem formas diferentes e o mesmo valor de Ra.

A kurtosis ou também chamada de coeficiente de curtose, é uma medida da aspereza da superfície, em que mede o achatamento ou a convexidade do perfil da superfície em análise. Se a distribuição da amplitude de um perfil tiver uma forma gaussiana balanceada, o valor de Rku será próximo de 3. Uma superfície acidentada e áspera terá Rku menor que 3, enquanto que, segundo Gathimba et al. (2019), superfícies com muitos picos, ou seja, muito rugosas, o valor será maior que 3. Uma superfície retificada, por exemplo, com um rebolo afiado, teria Rku igual a 3 (Nunes, 2011).

Percebe-se a mesma dependência deste parâmetro aos valores de desvio médio Rq e dos desvios do perfil, além de semelhante caráter adimensional em relação aos parâmetros skewness. A única diferença entre estes dois tipos de parâmetros de forma, até então, refere-se ao grau de potência dos respectivos constituintes (Rq e Yi). De acordo com Nunes (2011), o valor de Rku necessariamente será positivo e destacará ainda mais a influência da amplitude dos picos e vales, quando comparado ao skewness.

### 3 | METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaio de Material de Irrigação (LEMI), vinculado ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - Engenharia de Irrigação (INCT-EI) e localizado no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP.

Utilizou-se o rugosímetro de bancada, o qual é específico para medição da rugosidade com precisão micro geométrica, e é conectado a uma unidade computadorizada com software específico (Surftest SV-600/Mitutoyo®), gerando relatórios e gráficos de diversos parâmetros de rugosidade, como o Ra, Rq, Rc, Rp, Rv, Rt, Rz, Ry, R3y, Rsk e Rku.



O equipamento é composto basicamente por uma ponta apalpadora de diamante, cujo raio da seção transversal e ângulo de ponta são de 2,0  $\mu\text{m}$  e 60°, respectivamente, o que está de acordo com as indicações da ABNT ISO 3274 (2008). O rugosímetro de bancada foi configurado para se deslocar a velocidade constante de 0,1  $\text{mm s}^{-1}$  sobre a superfície interna do tubo, com cinco valores de “cut-off” ( $\lambda=2,5 \text{ mm}$ ) resultando em 15 mm para o percurso de avaliação (já que o dispositivo desconsidere  $1/2\lambda$  no início e no final da amostragem para a estabilidade da leitura) e 9600 pontos amostrados na superfície para traçar o perfil medido.

Convencionalmente, o parâmetro Ra, Rz e Rt são amplamente utilizados nas indústrias para avaliar as características metrológicas de superfícies (Terry e Brown 1997), no entanto, eles só se referem à variação de amplitude ou características extremas de superfícies, não avaliando a forma do perfil (Asiltürk et al., 2016). Portanto, de acordo com Raymond et al. (2016), outros parâmetros como Rku e Rsk podem ser mais úteis para uma análise detalhada de superfícies. Devido a isso, nesse estudo será explorado somente os parâmetros Rku e Rsk.

O material utilizado nessa pesquisa foi o politubo, que são tubos de polietileno de coloração branca utilizados para condução de água e para irrigação por inundação, principalmente para a cultura do arroz irrigado e da soja em várzea. A avaliação desse material se justifica pela inexistência, na literatura brasileira e internacional, de valores de rugosidade superficial interna e sua variação com o diâmetro do mesmo.

Para as análises da rugosidade superficial interna, foram analisados 5 diâmetros de politubos: 100 e 460mm para tubulações utilizadas em condução de água e 130, 250 e 450mm para tubulação utilizadas em irrigação. Os mesmos foram recortados em formato quadrangular, com 49 $\text{cm}^2$ , extraíndo, assim, o corpo de prova. Foram realizadas 4 medições de rugosidade em cada corpo de prova, uma em cada extremidade do mesmo.

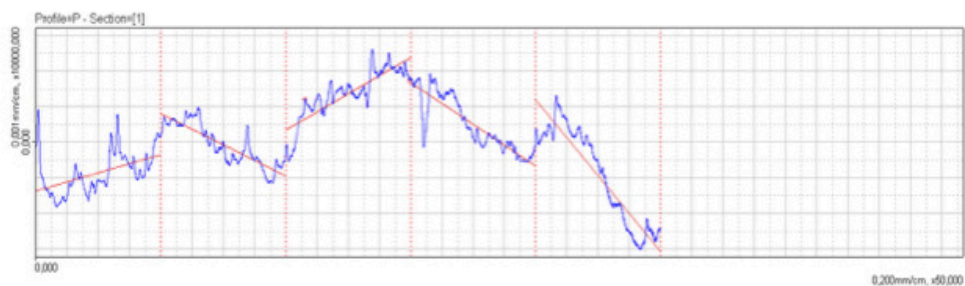
## 4 | RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta os valores dos parâmetros kurtosis (Rku) e skewness (Rsk) medidos através do rugosímetro de bancada nos cinco diâmetros de politubos.

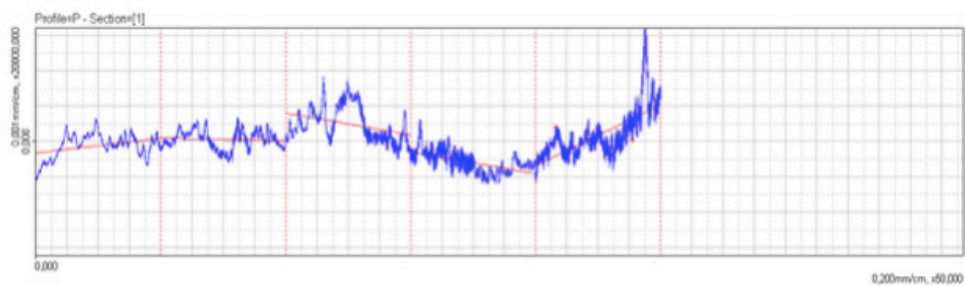
Diâmetro (mm)	Rku ( $\mu\text{m}$ )	Rsk ( $\mu\text{m}$ )
100	4,274	-0,007
130	3,553	0,423
250	3,858	0,739
450	5,926	1,047
460	3,004	0,089
Média	4,123	0,458
Desvio Padrão	1,109	0,441

Quadro 1 – Valores de kurtosis (Rku) e skewness (Rsk) para os cinco diâmetros de politubos

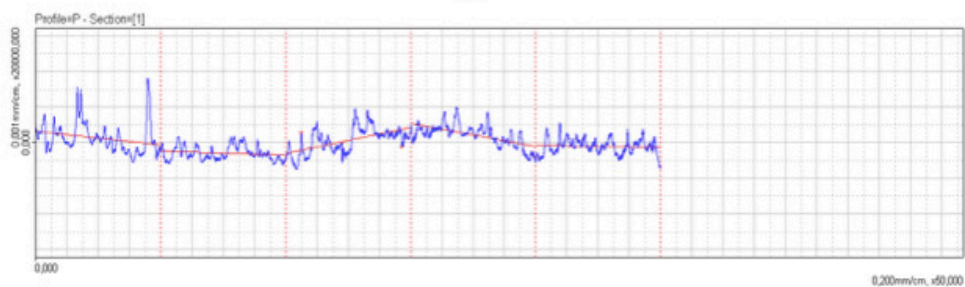
A Figura 12 apresenta graficamente os parâmetros Rku e Rsk nos 5 diâmetros avaliados para as tubulações de politubos. Nota-se que o gráfico para ambos os parâmetros é o mesmo, o que varia são seus valores somente.



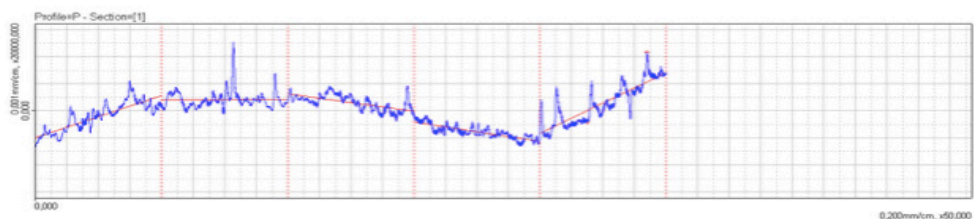
(a)



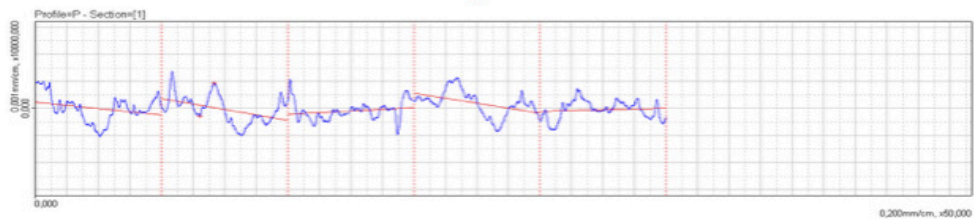
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 12 – Parâmetros kurtosis (Rku) e skewness (Rsk) representados graficamente para os diâmetros a) 100mm, b) 130mm, c) 250mm, d) 450mm e e) 460mm para tubulações de politubos

Diante do Quadro 1 e da Figura 12 pode-se influir que para o diâmetro de 100mm o parâmetro Rsk apresentou valor negativo, ou seja, indicam presença de maiores amplitudes de vales em relação aos picos. Já o Rku apresentou valor acima de 3, demonstrando elevada rugosidade. Para ambos os parâmetros os valores medidos são coerentes com a representação gráfica, apresentando oscilações ao longo do perfil medido.

No diâmetro de 130mm o Rsk apresentou valor positivo, demonstrando que o perfil em análise representa uma superfície com picos altos associados a região de baixos vales. O Rku exibiu valor um pouco acima de 3, demonstrando que a superfície é acidentada e áspera. A coerência entre os parâmetros está de acordo com a representação gráfica da superfície medida.

Semelhante a isso, o diâmetro de 250mm apresenta valores positivos para Rsk e valores mais elevados para Rku. Mesmo assim, há coerência desses parâmetros com sua representação gráfica.

Já para o diâmetro de 450mm o Rsk apresentou uma região em evidência de altos picos, representado pelo seu valor acima de 1,00. Para o Rku o valor encontrado foi bem acima de 3, confirmando uma região de altos picos, ou seja, a superfície medida é rugosa. Isso fica evidente na sua representação gráfica.

No diâmetro de 460mm o Rsk indica uma superfície com picos e vales distribuídos semelhantemente ao longo do comprimento de avaliação, ficando evidente pelo seu valor se aproximar de zero. Esse fato se assemelha para o Rku o qual apresentou valor de 3,00, evidenciando uma superfície pouco acidentada e pouco rugosa. Diante da representação gráfica, pode-se influir que há uma distribuição equilibrada entre picos e vales, corroborando os valores encontrados para ambos os parâmetros analisados.

Diante do exposto, pode-se influir que há variação da rugosidade superficial interna das tubulações de politubos com a mudança de diâmetro das mesmas, evidenciando que o uso de somente um valor fixo de rugosidade para qualquer diâmetro pode estimar os cálculos de perda de carga, afetando, assim, o dimensionamento dos sistemas de irrigação e condução de água.

Pode-se determinar, além disso, que os parâmetros kurtosis e skewness podem ser utilizados para determinar a rugosidade e o comportamento da superfície interna das tubulações de politubos, podendo, inclusive, serem avaliados somente através de suas representações gráficas.

## 5 | CONCLUSÃO

Os parâmetros de rugosidade kurtosis e skewness variam de acordo com os diâmetros analisados, evidenciando que a escolha de um valor fixo de rugosidade pode estimar os cálculos de perda de carga em sistemas de irrigação e condução de água.

Ademais, esses parâmetros apresentam elevada coerência com suas representações gráficas, podendo, dessa forma, serem avaliados apenas visualmente.

## REFERÊNCIAS

ASILTÜRK, I.; NEŞELI, S.; INCE, M. A. **Optimization of parameters affecting surface roughness of Co28Cr6Mo medical material during CNC lathe machining by using the Taguchi and RSM methods**. Measurement, v. 78, p. 120-128, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO 3274. **Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Características nominais de instrumentos por contato (pontas de apalpação)**. Rio de Janeiro, 13p, 2008.

DAS, J.; LINKE, B. **Evaluation and systematic selection of significant multi-scale surface roughness parameters (SRPs) as process monitoring index**. Journal of Materials Processing Technology, v. 244, p. 157-165, 2017.

FARSHAD, F.; RIEKE, H.; GARBER, J. **New developments in surface roughness measurements, characterization, and modeling fluid flow in pipe**. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 29, n. 2, p. 139-150, 2001.

GADELMAWLA, E. S.; KOURA, M. M.; MAKSOUD, T. M. A.; ELEWA, I. M.; SOLIMAN, H. H. **Roughness parameters**. Journal of materials processing technology, v. 123, n. 1, p. 133-145, 2002.

GATHIMBA, N.; KITANE, Y.; YOSHIDA, T.; ITOH, Y. **Surface roughness characteristics of corroded steel pipe piles exposed to marine environment**. Construction and Building Materials, v. 203, p. 267-281, 2019.

NUNES, L. T. **Análise estatística da influência dos parâmetros de corte na rugosidade no torneamento do aço microligado DIN 38MnSiVS5**, 143p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

RAYMOND, N.; HILL, S.; SOSHI, M. **Characterization of surface polishing with spindle mounted abrasive disk-type filament tool for manufacturing of machine tool sliding guideways**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 86, n. 5-8, p. 2069-2082, 2016.

STRANO, G.; HAO, L.; EVERSON, R. M.; EVANS, K. E. **Surface roughness analysis, modelling and prediction in selective laser melting**. Journal of Materials Processing Technology, v. 213, n. 4, p. 589-597, 2013.

TERRY, A. J.; BROWN, C. A. **A comparison of topographic characterization parameters in grinding**. CIRP Annals, v. 46, n. 1, p. 497-500, 1997.

TOWSEND, A.; SENIN, N.; BLUNT, L.; LEACH, R. K.; TAYLOR, J. S. **Surface texture metrology for metal additive manufacturing: a review**. Precision Engineering, v. 46, p. 34-47, 2016.

TURNER, B. N.; GOLD, S. A. (2015). **A review of melt extrusion additive manufacturing processes: II. Materials, dimensional accuracy, and surface roughness**. Rapid Prototyping Journal, 21(3), pp. 250-261.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento de água 10, 11, 12, 18, 20, 28, 29, 33, 35, 39

Agências reguladoras 10, 14, 15, 16, 18

Água tratada 12, 39, 87, 88, 89, 90, 92, 97, 98

Amazônia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 31, 40, 59, 61, 65, 98, 101, 103, 114, 115, 116, 119

Análise filosófica 1

Avaliação 15, 16, 20, 21, 24, 28, 31, 37, 38, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 78, 79, 81, 90, 99, 115, 126, 128

### C

Clima 6, 59, 115, 116, 122, 127

Coleta 15, 21, 24, 33, 43, 44, 46, 84, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 101, 102, 105, 107, 108, 114, 116

CONAMA 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 107, 111

Crise ambiental 1, 5, 20

### D

Degradação 3, 20, 23, 30, 31, 33, 35, 36, 38, 39, 64, 114, 119

Desastres 66, 67, 68, 73, 75, 82, 83, 84, 86, 119

### G

Gestão 12, 20, 21, 39, 65, 68, 70, 73, 84, 86, 89, 99, 101, 103, 104, 107, 111, 122, 128, 129

### I

Impactos de eventos climatológicos intensos 67

Instabilidade global 1

### M

Manejo 64, 114, 115, 116

Matéria orgânica 30, 36, 106, 114, 115, 116, 117, 118, 119

Modelo PER 20

### P

Protuberâncias 49

### Q

Qualidade da água 23, 31, 38, 39, 41, 42, 47, 90

### R

Rede de Supermercados 101, 103, 104

Redução do Risco de Desastres 66, 67, 68, 73, 82

Regulação 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 122, 126

Resíduos Sólidos 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 128

Resiliência 66, 67, 79, 81, 82, 83, 84, 85

Reuso 87, 88, 90, 91, 98, 99, 100

Rugosímetro 49, 54, 55

## S

Saneamento básico 10, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 28, 39, 40

Sensoriamento remoto 59, 60, 65

Solo 6, 36, 47, 67, 75, 103, 107, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 122

Superfícies 49, 50, 51, 54, 55

Sustentabilidade 1, 5, 7, 8, 9, 20, 21, 23, 29, 37, 38, 39, 40, 87, 89, 91, 99, 105, 111, 114, 115, 121, 122, 129

## T

Tratamento 20, 28, 33, 34, 35, 46, 65, 91, 117

## U

Unidades 33, 34, 95, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 126

Usina Hidrelétrica 41, 46, 47

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**