



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA-UFBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS:
ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS**

RICARDO ELÍAS MIRANDA ROJAS

**ESTUDO ESTATÍSTICO PARA DETERMINAÇÃO DA
CONFIABILIDADE DO MICRÔMETRO EM SUBSTITUIÇÃO
DO COORDINÔMETRO PARA A LEITURA DOS PÊNDULOS
DA ITAIPU BINACIONAL.**

Salvador
2019

RICARDO ELÍAS MIRANDA ROJAS

**ESTUDO ESTATÍSTICO PARA DETERMINAÇÃO DA
CONFIABILIDADE DO MICRÓMETRO EM SUBSTITUIÇÃO
DO COORDINÔMETRO PARA A LEITURA DOS PÊNDELOS
DA ITAIPU BINACIONAL.**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Segurança de Barragens

Orientador: Professor Me. Luís Edmundo Prado de Campos
Professora de Metodologia: Me. Alzira Ribeiro Mota

Salvador
2019

RICARDO ELÍAS MIRANDA ROJAS

**ESTUDO ESTATÍSTICO PARA DETERMINAÇÃO DA
CONFIABILIDADE DO MICRÓMETRO EM SUBSTITUIÇÃO
DO COORDINÔMETRO PARA A LEITURA DOS PÊNDELOS
DA ITAIPU BINACIONAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Especialista em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais, Universidade Federal da Bahia.

Aprovado em 31 de Janeiro de 2019.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Carlos Henrique Medeiros – 
Doutorado em Geotechnical Engineering. University of Newcastle Upon Tyne, Inglaterra.
Universidade Federal da Bahia -UFBA

Prof. Me. Luis Edmundo P. de Campos – Orientador 
Mestrado em Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil.
Universidade Federal da Bahia -UFBA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus, que me dá a oportunidade de viver cada dia com saúde e bem-estar, permitindo me desenvolver pessoal e profissionalmente.

Também agradeço aos meus pais, Ricardo e Elsa, pelo apoio permanente na realização dos meus estudos e pelo amor outorgado durante todo este tempo.

Agradeço, de forma especial, a minha parceira de vida, Tamara, por seu amor e paciência, e por me acompanhar em todo momento durante todos estes anos e compartilhar momentos de muita felicidade.

Ao Professor Edmundo, que aceitou me apoiar como Orientador e pelas recomendações feitas na minha pesquisa, que enriqueceram meu trabalho.

Ao Professor Carlos Henrique e à Professora Yvonilde, pela coordenação deste curso valiosíssimo para o aprendizado de um assunto tão importante como é a Segurança de Barragens.

Aos professores da UFBA que dedicaram seu tempo na orientação e ensino de seus temas, com alto grau de profissionalismo.

Aos meus colegas de trabalho na Itaipu, que sempre ofereceram sua ajuda na realização das atividades de curso, e pelos conselhos dados.

¡Muito obrigado!

Todo grande progresso da ciência resultou
de uma nova audácia da imaginação
John Dewey, 1952

RESUMO

O presente trabalho de investigação tem o objetivo de determinar a validade de um novo instrumento de leitura, o micrômetro, para substituir ao coordenômetro na leitura dos Pêndulos Diretos e Invertidos instalados na barragem de Itaipu Binacional. Os pêndulos formam parte da instrumentação de monitoramento da barragem, fornecendo informação de altíssimo valor para a análise e interpretação do comportamento das estruturas civis, com o qual é possível determinar o estado de saúde da barragem. Se os dados coletados indicassem alguma anomalia, seria possível atuar eficazmente antes da ocorrência de algum evento não desejado. Entende-se, então, que é de vital importância a confiabilidade dos dados coletados, que, por sua vez, está intimamente ligada à qualidade das leituras efetuadas em campo. Daí a relevância do estudo. Cabe mencionar, que a substituição de um instrumento pelo outro, visa melhorar o trabalho dos técnicos, além de outras vantagens, já que os coordenômetros apresentam muito desgaste depois de 35 anos de uso continuado e precisam passar por ajustes constantemente, com o qual os micrometros tornam-se numa opção mais adequada. As exigências técnicas requeridas numa validação deste tipo, obrigam à aplicação de metodologias rigorosas e de alta confiabilidade, como as fornecidas pelo Método Científico, de comprovada eficácia e alta aceitação pela comunidade acadêmica. Nesse sentido, uma análise estatística dos dados coletados por ambos instrumentos se constitui numa ferramenta poderosa que cumpre com os parâmetros do Método Científico. Assim, o processo consiste na comparação das duas populações de medições efetuadas com ambos instrumentos, a partir das amostras coletadas, e aplicar o teste t de Student para comparação de suas médias, o que permite determinar se existem ou não diferenças significativas entre ambos equipamentos, validando a substituição de uno pelo outro. Outro objetivo do estudo foi determinar o valor mais adequado que possa ser utilizado como offset e que permita manter o padrão das leituras efetuadas anteriormente, além da realização de análises a partir dos gráficos gerados com ambos instrumentos.

Palavras-chave: Segurança de barragens, Coordenômetro, Micrômetro, Pêndulo Direto e Invertido, Análise estatístico, t de Student, Amostras emparelhadas, Offset.

ABSTRACT

The present research work has the objective of determining the validity of a new reading instrument, the micrometer, to replace the coordinometer in the reading of the Direct and Inverted Pendulums installed in the Itaipu Binacional dam. The pendulums are part of the dam monitoring instrumentation, providing information of the highest value for the analysis and interpretation of the behavior of the civil structures, with which it is possible to determine the state of health of the dam. If the collected data indicated an anomaly, it would be possible to act effectively before any undesired event occurred. It is understood, therefore, that the reliability of the collected data is of vital importance, which, in turn, is closely linked to the quality of the readings performed in the field. Hence the relevance of the study. It is worth mentioning that the replacement of one instrument by the other aims to improve the work of technicians and other advantages, since the coordinometers are very wear after 35 years of continuous use and need to undergo constant adjustments, with which the micrometers become a more appropriate option. The technical requirements needed in such a validation, require strict and high reliability methodologies, such as those provided by the Scientific Method, of proven efficacy and high acceptance by the academic community. In this sense, a statistical analysis of the data collected by both instruments constitutes a powerful tool that complies with the parameters of the Scientific Method. Thus, the process consists in comparing the two populations of measurements made with both instruments, from the samples collected, and apply Student's t-test to compare their means, which allows to determine if there are significant differences between the two devices, validating the substitution of one for the other. Another objective of the study was to determine the most suitable value that could be used as an offset and to maintain the pattern of previous readings, as well as to perform analyzes based on the graphs generated with both instruments.

Keywords: Dams safety, Coordinometer, Micrometer, Direct and Inverted Pendulums, Statistical analysis, Student t, Paired samples, Offset.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista geral do empreendimento hidrelétrico de Itaipu.	25
Figura 2 – Arranjo geral do projeto Itaipu.	26
Figura 3 – Instrumentação de um bloco-chave da Itaipu Binacional.	29
Figura 4 – Diagrama do processo básico de registro e pre-análises de leituras no SGM.....	31
Figura 5 – Captura de tela do SGM com gráficos gerados para o pêndulo PD-D-008.	31
Figura 6 – Detalhe de fixação do fio do Pêndulo Direto (crista e base).....	34
Figura 7 – Nicho de fixação do Pêndulo Direto na crista da barragem.....	35
Figura 8 – Base inferior do Pêndulo Direto.....	35
Figura 9 – Sala de pêndulos e componentes de instalação dos pêndulos direto e invertido. ..	36
Figura 10 – Deformações possíveis e normais de uma barragem de concreto na direção montante-jusante (sem escala).....	37
Figura 11 – Pêndulo invertido e detalhes do flutuador com fixação do fio e poço.	38
Figura 12 – Detalhe de fixação do fio do pêndulo invertido (montagem didática em corte)..	38
Figura 13 – Coordenômetro - detalhamento.	40
Figura 14 – Coordenômetro acoplado na base de apoio e leitura.	41
Figura 15 – Micrômetro com suas dimensões.....	42
Figura 16 – Haste de prolongamento.....	43
Figura 17 – Unidade sinalizadora.....	43
Figura 18 – Chapa metálica – Vista superior e inferior.	44
Figura 19 – Grampos metálicos.....	44
Figura 20 – Montagem do micrômetro na base e componentes.	44
Figura 21 – Leituras realizadas com coordenômetro. Fio (t_2) indicando deslocamento para JU e EH.	46
Figura 22 – Posição do buzzer.....	48
Figura 23 – Spray limpa contato.	48
Figura 24 – Posicionamento do micrômetro.	48
Figura 25 – Toque do micrômetro no fio.....	48
Figura 26 – Disposição dos eixos e distâncias.	49
Figura 27 – Posição dos ângulos e distâncias.....	49
Figura 28 – Exemplo de apresentação gráfica dos resultados obtidos.	50
Figura 29 – Planta de localização dos pêndulos na barragem de Itaipu.	53
Figura 30 – Secção transversal do bloco F-5/6, com a localização dos pêndulos e as bases de	

leitura.....	54
Figura 31 – Oscilações de pêndulo direto em função da temperatura.....	55
Figura 32 – Indicação de um teste unilateral à esquerda.....	64
Figura 33 – Indicação de um teste unilateral à direita.....	64
Figura 34 – Indicação de um teste bilateral.....	64
Figura 35 – Teste da média – regiões de rejeição e de aceitação.	66
Figura 36 – Distribuição de d e valores críticos na escala t , para um teste bilateral.	67
Figura 37 – Localização da estatística de teste padronizada t	77
Figura 38 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 1.	79
Figura 39 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 2.	80
Figura 40 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 3.	81
Figura 41 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 4.	82
Figura 42 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-013, tangencial.....	83
Figura 43 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-009, radial.	130
Figura 44 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-009, tangencial.....	130
Figura 45 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-010, radial.	131
Figura 46 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-010, tangencial.....	131
Figura 47 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-011, radial.	132
Figura 48 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-011, tangencial.....	132
Figura 49 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-012, radial.	133
Figura 50 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-012, tangencial.....	133
Figura 51 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-013, radial.	134
Figura 52 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-013, tangencial.....	134
Figura 53 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-014, radial.	135
Figura 54 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-014, tangencial.....	135
Figura 55 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-015, radial.	136
Figura 56 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-015, tangencial.....	136
Figura 57 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-016, radial.	137
Figura 58 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-016, tangencial.....	137
Figura 59 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-017, radial.	138
Figura 60 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-017, tangencial.....	138
Figura 61 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-018, radial.	139
Figura 62 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-018, tangencial.....	139
Figura 63 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-019, radial.	140

Figura 64 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-019, tangencial.....	140
Figura 65 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-020, radial.....	141
Figura 66 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-020, tangencial.....	141
Figura 67 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-021, radial.....	142
Figura 68 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-021, tangencial.....	142
Figura 69 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-022, radial.....	143
Figura 70 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-022, tangencial.....	143
Figura 71 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-023, radial.....	144
Figura 72 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-023, tangencial.....	144
Figura 73 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-001, radial.....	145
Figura 74 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-001, tangencial.....	145
Figura 75 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-002, radial.....	146
Figura 76 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-002, tangencial.....	146
Figura 77 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-001, radial.....	147
Figura 78 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-001, tangencial.....	147
Figura 79 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-002, radial.....	148
Figura 80 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-002, tangencial.....	148
Figura 81 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-003, radial.....	149
Figura 82 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-003, tangencial.....	149
Figura 83 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-004, radial.....	150
Figura 84 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-004, tangencial.....	150
Figura 85 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-005, radial.....	151
Figura 86 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-005, tangencial.....	151
Figura 87 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-006, radial.....	152
Figura 88 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-006, tangencial.....	152
Figura 89 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-007, radial.....	153
Figura 90 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-007, tangencial.....	153
Figura 91 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-008, radial.....	154
Figura 92 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-008, tangencial.....	154
Figura 93 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-009, radial.....	155
Figura 94 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-009, tangencial.....	155
Figura 95 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-010, radial.....	156
Figura 96 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-010, tangencial.....	156
Figura 97 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-011, radial.....	157

Figura 98 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-011, tangencial.	157
Figura 99 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-001, radial.	158
Figura 100 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-001, tangencial.	158
Figura 101 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-002, radial.	159
Figura 102 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-002, tangencial.	159
Figura 103 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-003, radial.	160
Figura 104 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-003, tangencial.	160
Figura 105 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-001, radial.	161
Figura 106 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-001, tangencial.	161
Figura 107 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-002, radial.	162
Figura 108 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-002, tangencial.	162
Figura 109 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-003, radial.	163
Figura 110 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-003, tangencial.	163
Figura 111 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-004, radial.	164
Figura 112 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-004, tangencial.	164
Figura 113 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-005, radial.	165
Figura 114 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-005, tangencial.	165
Figura 115 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-006, radial.	166
Figura 116 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-006, tangencial.	166
Figura 117 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-007, radial.	167
Figura 118 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-007, tangencial.	167
Figura 119 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-008, radial.	168
Figura 120 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-008, tangencial.	168
Figura 121 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-001, radial.	169
Figura 122 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-001, tangencial.	169
Figura 123 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-002, radial.	170
Figura 124 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-002, tangencial.	170
Figura 125 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-003, radial.	171
Figura 126 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-003, tangencial.	171
Figura 127 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-004, radial.	172
Figura 128 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-004, tangencial.	172
Figura 129 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-025, radial.	173
Figura 130 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-025, tangencial.	173
Figura 131 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-026, radial.	174

Figura 132 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-026, tangencial.....	174
Figura 133 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-027, radial.....	175
Figura 134 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-027, tangencial.....	175
Figura 135 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-028, radial.....	176
Figura 136 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-028, tangencial.....	176
Figura 137 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-001, radial.....	177
Figura 138 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-001, tangencial.....	177
Figura 139 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-002, radial.....	178
Figura 140 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-002, tangencial.....	178
Figura 141 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-003, radial.....	179
Figura 142 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-003, tangencial.....	179
Figura 143 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-004, radial.....	180
Figura 144 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-004, tangencial.....	180
Figura 145 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-005, radial.....	181
Figura 146 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-005, tangencial.....	181
Figura 147 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-001, radial.....	182
Figura 148 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-001, tangencial.....	182
Figura 149 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-002, radial.....	183
Figura 150 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-002, tangencial.....	183
Figura 151 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-003, radial.....	184
Figura 152 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-003, tangencial.....	184
Figura 153 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-004, radial.....	185
Figura 154 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-004, tangencial.....	185
Figura 155 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-005, radial.....	186
Figura 156 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-005, tangencial.....	186
Figura 157 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-006, radial.....	187
Figura 158 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-006, tangencial.....	187
Figura 159 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-007, radial.....	188
Figura 160 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-007, tangencial.....	188
Figura 161 – Diagrama para a escolha do teste estatístico.....	189

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Graus de liberdade para cada grupo de equipamentos.	74
Tabela 2 – Valores críticos t_0 para cada grupo de equipamentos.	75
Tabela 3 – Regiões de rejeição para cada grupo de equipamentos.	75
Tabela 4 – Média e desvio padrão, para cada grupo de equipamentos.	75
Tabela 5 – Estatística de teste padronizada t.	76
Tabela 6 – Localização da estatística de teste padronizada t.	76
Tabela 7 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 1.	78
Tabela 8 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 2.	79
Tabela 9 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 3.	80
Tabela 10 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 4.	82
Tabela 11 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 1, de acordo com as bases de coordenômetro.	83
Tabela 12 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 2, de acordo com as bases de coordenômetro.	84
Tabela 13 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 3, de acordo com as bases de coordenômetro.	84
Tabela 14 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 4, de acordo com as bases de coordenômetro.	85
Tabela 15 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 1.	91
Tabela 16 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 2.	100
Tabela 17 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 3.	109
Tabela 18 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 4.	120
Tabela 19 – Valores críticos para distribuição t de Student.	189

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de instrumentos na barragem de concreto de Itaipu.	27
Quadro 2 – Localização dos pêndulos na barragem de concreto de Itaipu.	51
Quadro 3 – Técnicas mais usuais para comparação de populações.	61
Quadro 4 – Resultado possíveis na tomada de decisão.	63
Quadro 5 – Opções de testes estatísticos.	73
Quadro 6 – Decisões com relação a H_0	77
Quadro 7 – Interpretação dos resultados e conclusões para cada grupo de equipamentos.	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADAS	Automatic Data Acquisition System
ANA	Agência Nacional de Águas
ANOVA	Análise de Variância
CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CEASB	Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens
CHI	Central Hidroelétrica Itaipu
Coord.	Coordinômetro
CV	Coeficiente de Variação
EH	Esquerda hidráulica
ENCC.DT	Divisão de Engenharia Civil e Arquitetura de Itaipu
g.l.	Graus de liberdade
H_0	Hipótese nula
H_1	Hipótese alternativa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
JU	Jusante
LCD	Liquid Cristal Display
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Micrôm.	Micrômetro
PD	Pêndulo Direto
PI	Pêndulo Invertido
PTI	Parque Tecnológico Itaipu
PTI-PY	Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay
RAA	Reatividade Álcali-Agregado
SGM	Sistema de Gestão de Medições
SOCC.DT	Divisão de Obras Civis de Itaipu

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. TEMA	19
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.3. OBJETIVO GERAL	19
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.5. HIPÓTESE	20
1.6. JUSTIFICATIVA	20
2. CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA E AUSCULTAÇÃO DE BARRAGENS ...	21
2.2. O PROJETO ITAPU – DADOS E CARACTERÍSTICAS.....	24
2.3. AUSCULTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE ITAIPU	26
2.4. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DOS PÊNDELÓS DA ITAIPU	32
2.4.1. Pêndulos Diretos	32
2.4.1.1. Componentes e instalação dos Pêndulos Diretos.....	33
2.4.2. Pêndulos Invertidos	36
2.4.2.1. Componentes e instalação dos Pêndulos Invertidos	37
2.4.3. Equipamentos utilizados para a leitura dos pêndulos.....	39
2.4.3.1. Coordenômetro ótico-mecânico	39
2.4.3.2. Micrômetro digital.....	41
2.4.4. Processo de Leituras – Considerações	45
2.4.4.1. Leituras com coordenômetros e cálculo dos deslocamentos	46
2.4.4.2. Leituras com micrômetros e cálculo dos deslocamentos	47
2.4.4.3. Apresentação no Sistema SGM.....	50
2.4.5. Localização e arranjo geral dos pêndulos na barragem de Itaipu.....	51
2.4.6. Comportamento da barragem de Itaipu detectado pelos pêndulos.....	55
2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICO DE DADOS	55
2.5.1. Estatística - Generalidades	55
2.5.2. Considerações sobre procedimentos de medição com instrumentos	56

2.5.3. Algarismos significativos e arredondamento de dados	57
2.5.4. Escolha e implementação do teste estatístico	59
2.5.4.1. <i>Considerações gerais</i>	59
2.5.4.2. <i>Testes de hipóteses e significância</i>	62
2.5.4.2.1. Teste para a média populacional.....	65
2.5.4.3. <i>Teste t de Student para amostras emparelhadas</i>	66
2.5.4.4. <i>Determinação do tamanho das amostras</i>	69
2.5.5. Determinação do offset	70
3. CAPÍTULO II – METODOLOGIA	70
3.1. TIPO DE PESQUISA E ETAPAS DA METODOLOGIA.....	70
3.2. POPULAÇÃO	71
3.3. TIPO E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	71
3.4. MÉTODO DE ANÁLISE E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS.....	71
4. CAPÍTULO III – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	72
4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS.....	72
5. CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	87
APÊNDICE	91
ANEXOS	189

1. INTRODUÇÃO

As “barragens são estruturas construídas pelo homem [...] para fins de abastecimento humano, e hoje são executadas com as mais diversas finalidades. Os benefícios relacionados às barragens são múltiplos: produção de energia elétrica, [...], navegação, aquicultura, [...]”, etc. (ITAIPU; PTI; ANA; BRASIL, 2011, p. 8). Porém, os riscos que elas envolvem também são importantes, levando em conta a “[...] possibilidade de ruptura ou outro acidente grave, em termos de vidas humanas, impacto ao meio ambiente, prejuízos materiais e os reflexos econômico-financeiros.” (ELETROBRAS; CBDB, 2003, p. 11). É por esse motivo que a segurança das barragens constitui uma preocupação permanente para todos aqueles envolvidos com barragens, sejam empreendedores, entidades governamentais, as populações a jusante, etc.

Segundo Piasentin (2007, p. 23), segurança de barragem é a “capacidade da barragem de satisfazer as exigências de comportamento necessárias para evitar incidentes e acidentes relacionados a aspectos estruturais, econômicos, ambientais e sociais”, em todas suas etapas: projeto, construção, operação e descomissionamento. Com o objetivo de garantir a segurança das barragens, diversas ações são executadas, sendo uma dessas atividades as relacionadas à auscultação e monitoramento através da instrumentação. No caso da instrumentação,

“Refere-se ao conjunto de dispositivos instalados nas estruturas e em suas fundações objetivando monitorar seu desempenho através de medições de parâmetros, cujos resultados, devidamente analisados e interpretados, servirão para avaliar suas condições de segurança.” (ELETROBRAS; CBDB, 2003, p. 249)

Na barragem de Itaipu Binacional, foram instalados diferentes tipos de instrumentos, entre os quais encontramos os pêndulos diretos e invertidos. Esses pêndulos, têm como objetivo monitorar os deslocamentos e deformações das estruturas de concreto da barragem. A atividade de monitoramento através desses instrumentos está sendo feita desde o início da construção até hoje pelas equipes técnicas de Itaipu, com o auxílio de equipamentos específicos, chamados de coordenômetros, os quais permitem medir as deformações e os deslocamentos detectados pelos pêndulos.

Os coordenômetros foram desenvolvidos na época pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Portugal, mas com o passar do tempo e devido ao desgaste próprio do seu uso, eles começaram a precisar de constantes ajustes dos engrenagens e calibração contínua, o que atrapalhava o trabalho dos leituristas. Por esse motivo, considerou-se a possibilidade de utilizar outros equipamentos que possam substituí-los, levando em conta as

vantagens que foram desenvolvidas com a evolução tecnológica, em termos de robustez e confiabilidade dos novos aparelhos, sendo a alternativa escolhida os micrômetros digitais.

Todo processo de substituição de um instrumento de leitura por outro, implica fazer testes para verificar a confiabilidade do novo instrumento. Isto acontece por causa da variabilidade nas leituras efetuadas com ambos equipamentos, os quais são devidos a fatores não controláveis: erros ambientais, observacionais, de amostragem, randômicos, etc. O propósito é estabelecer uma metodologia que permita determinar se ambos equipamentos medem essencialmente as mesmas grandezas com igual certeza, eliminando o efeito desses erros que poderiam mascarar as conclusões sobre o novo aparelho de leitura. Assim, é preciso encontrar a ferramenta que nos auxilie com esse problema. A Análise Estatística constitui-se então, nessa ferramenta necessária que fornece a metodologia, com a rigorosidade que o método científico exige.

A análise dos dados obtidos com ambos aparelhos de leitura, permitirá decidir se podemos substituir, com o nível de confiabilidade requerido, um equipamento pelo outro.

Depois de aproximadamente um ano de testes com os dois equipamentos, o banco de dados de Itaipu tem uma quantidade considerável de leituras efetuadas com ambos, com o qual é possível fazer comparações e determinar a confiabilidade dos micrômetros, o qual é o objetivo deste trabalho de pesquisa.

1.1. TEMA

Instrumentação para o monitoramento das estruturas civis da barragem de Itaipu Binacional.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

¿Qual é a confiabilidade do micrômetro como equipamento substituto do coordenômetro para a realização da leitura dos pêndulos instalados na barragem de Itaipu Binacional?

1.3. OBJETIVO GERAL

Avaliar a confiabilidade do micrômetro digital como substituto do coordenômetro na realização das leituras dos pêndulos instalados nas barragens de concreto da Itaipu Binacional.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 – Conhecer os conceitos relacionados à segurança e auscultação de barragens de concreto.

- 2 – Descrever o funcionamento e a metodologia de leitura dos pêndulos diretos e invertidos instalados na barragem de Itaipu.
- 3 – Determinar a confiabilidade das medições efetuadas com o micrômetro na leitura dos pêndulos instalados na barragem de Itaipu.
- 4 – Calcular um valor que possa ser utilizado como offset para manter a continuidade das leituras realizadas anteriormente com o coordenômetro.

1.5. HIPÓTESE

Não existem diferenças significativas entre o micrômetro e o coordenômetro na realização das leituras dos pêndulos instalados na barragem de Itaipu Binacional.

1.6. JUSTIFICATIVA

O monitoramento das condições estruturais das barragens é fundamental para detectar antecipadamente si existem mudanças significativas que possam comprometer sua segurança. Nesse sentido, a confiabilidade dos dados obtidos nas leituras dos instrumentos é muito importante, o que se consegue através de bons procedimentos de medição e equipamentos de leitura em perfeito estado de conservação. Os coordenômetros são instrumentos de leitura antigos que vão perdendo sua calibração com facilidade, precisando de ajustes constantes por parte dos técnicos para manter a confiabilidade do aparelho de leitura. Contudo, a evolução tecnológica fornece novos equipamentos mais robustos e confiáveis que podem substituí-los, como no caso dos micrômetros, os quais são instrumentos de fácil obtenção.

Os micrômetros são instrumentos que possuem excelente resolução, ótima precisão e exatidão, são leves para transporte e de fácil calibração. Sua leveza é uma vantagem frente aos coordenômetros, tendo como consequência a maior ergonomia para os técnicos e uma melhoria nos procedimentos de leitura.

A partir desta pesquisa o que se pretende é determinar si os micrômetros adquiridos na Itaipu são confiáveis para a realização das leituras dos pêndulos e podem substituir aos coordenômetros, com todas as vantagens mencionadas, a partir de análises estatísticas dos dados obtidos com os dois tipos de equipamentos, além de determinar o valor de offset, para ajustar as diferenças entre eles, e manter o padrão dos gráficos de comportamento que apresentam os pêndulos desde o início do monitoramento.

2. CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA E AUSCULTAÇÃO DE BARRAGENS

De acordo com a legislação brasileira (especificamente no artigo 2º da Lei nº 12.334/2010) as barragens são definidas como “qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas.” (BRASIL, 2010, p.1). As razões pelas quais os seres humanos decidem construir barragens são variadas, todas elas com o objetivo de suprir suas necessidades:

Produção de energia elétrica; abastecimento de água para uso humano; abastecimento de água para uso industrial; irrigação; regularização de vazões atenuando os efeitos das enchentes e das secas; navegação; aquicultura; lazer e turismo; disposição de rejeitos de mineração; acumulação de resíduos industriais líquidos. (ITAIPU; PTI; ANA; BRASIL, 2011, p. 8)

Porém, as barragens geralmente são estruturas de grandes dimensões e envolvem riscos consideráveis, “[...] em vista dos danos econômicos ou até catastróficos, provocados pelos efeitos de operações erradas, mau funcionamento ou até ruínas dessas obras. Mesmo um pequeno incidente que interrompa o abastecimento de água de uma cidade ou fábrica ou a produção de energia elétrica pode causar ingentes danos econômicos.” (ITAIPU; PTI; ANA; BRASIL, 2011, p. 8). Além disso, as barragens pressupõem outros impactos, principalmente do tipo ambiental, que precisam ser mitigadas ou minimizadas para tornar esses projetos viáveis.

Fazendo um balanço dos aspectos positivos e negativos envolvidos nos projetos de barragens, finalmente os benefícios são maiores do que os impactos e riscos. Ainda assim, esses riscos não podem ser menosprezados, mas devem ser gerenciados de uma forma adequada para diminuir seus impactos e suas probabilidades de ocorrência.

A análise e gestão de riscos nas barragens constitui-se então, numa disciplina de extrema importância para a construção e operação de barragens. Uma parte dessa gestão de riscos envolve os processos de monitoramento e auscultação das estruturas civis e hidromecânicas, através da instrumentação.

Neste ponto, precisamos definir o termo auscultação. O termo auscultar existe no âmbito da medicina e seu significado é de ouvir os ruídos dos órgãos internos através do estetoscópio para verificar o estado da saúde do paciente. Assim, determinou-se a analogia com o uso de equipamentos de verificação do “estado da saúde” das barragens. A auscultação:

É o conjunto de métodos de observação do comportamento de uma determinada obra de engenharia, com o objetivo de controlar as suas condições de segurança, comprovar a validade das hipóteses e dos métodos de cálculo utilizados no projeto, verificar a necessidade da utilização de medidas corretivas, fornecer subsídios para a elaboração de novos critérios de projeto, etc. (ELETROBRAS; CBDB, 2003, p. 249)

É sabido que todas as estruturas construídas pelo homem precisam de manutenção. Acontece isto por causa do que os materiais usados sofrem uma degradação com o passar do tempo, mesmo estando expostos a ação do intemperismo ou às cargas impostas do projeto. Isto acarreta mudanças nas condições do projeto, com o qual é necessário monitorar o comportamento das estruturas.

A instrumentação “refere-se ao conjunto de dispositivos instalados nas estruturas e em suas fundações objetivando monitorar seu desempenho através de medições de parâmetros, cujos resultados, devidamente analisados e interpretados, servirão para avaliar suas condições de segurança.” (ELETROBRAS; CBDB, 2003, p. 249).

A partir daqui o assunto passa por definir quais serão as grandezas a serem monitoradas por esses instrumentos. Essas grandezas “[...] estão essencialmente condicionadas à fatores tais como o tipo de estrutura, [...], condicionantes geológico-geotécnicos, existência de RAA (Reatividade Alkali-Agregado), etapas construtivas, entre outros.” (ELETROBRAS; CBDB, 2003, p. 250). Em relação ao tipo de estrutura, é interesse deste trabalho, focar nas barragens de concreto da Itaipu Binacional.

De acordo com Betioli, et al. (1999, p. 215) “o principal objetivo do projeto da instrumentação para a CHI [Central Hidroelétrica Itaipu] consistiu em proporcionar a observação do comportamento da obra, no que se refere, fundamentalmente, a sua segurança.” Nesse sentido, os instrumentos instalados nas barragens de Itaipu, visaram o monitoramento dos seguintes parâmetros:

- I. Controle de vazões e subpressões na fundação, tendo em vista a influência significativa das mesmas nas condições de estabilidade ao deslizamento das estruturas, ao longo do contato Concreto/Rocha, e dos possíveis níveis fraturados do maciço rochoso;
- II. Controle de deslocamentos das estruturas e suas fundações, tendo em vista, principalmente, os aspectos referentes à deformabilidade tangencial elevada, nos níveis fraturados da fundação, aos deslocamentos diferenciais entre os blocos e ao tipo de deformação (permanente, elástica, cíclica, etc.);
- III. Controle das tensões e deformações das estruturas e fundações, visando, essencialmente, aos problemas referentes a distribuição de tensões, ligada a deformabilidade da fundação, e as características gerais das estruturas;

- IV. Controle da temperatura nas estruturas, para acompanhamento das deformações de origem térmica do concreto. (BETIOLI; FIORINI; ROSSO; BIANCHI; PIASENTIN, 1999, p. 215)

Com relação aos deslocamentos das estruturas:

[As] observações são efetuadas através de pêndulos diretos que, às vezes, são associados a pêndulos invertidos. Os primeiros detectam o deslocamento da crista da barragem, em relação a sua base, e os pêndulos invertidos, o deslocamento desta em relação a pontos mais profundos do maciço rochoso de fundação ou, em alguns casos, de pontos do maciço de fundação em relação a crista da estrutura. Os pêndulos encontram-se instalados em todos os "blocos-chave". Os deslocamentos dos demais blocos são, então, determinados em relação a eles, utilizando-se para tal medidores de junta entre blocos do tipo base de alongâmetro. (BETIOLI; FIORINI; ROSSO; BIANCHI; PIASENTIN, 1999, p. 216)

Durante a fase de projeto de uma barragem, diversos assuntos são abordados e pretende-se a otimização dos recursos e o planejamento detalhado das obras, incluindo o projeto de instrumentação. "O plano de instrumentação inclui desde a concepção do arranjo, a escolha dos blocos e seções chaves, pontos de maior relevância, tipos e locais da instrumentação até os detalhes e as especificações da instalação." (PTI; CEASB, 2018, p. 17). Nesse processo, a seleção dos tipos de instrumentos é uma das questões a serem definidas. Na seleção, o primeiro passo é "a determinação prévia da compatibilidade entre a ordem de grandeza do parâmetro a ser medido e a precisão do instrumento a ser escolhido." (ELETROBRAS; CBDB, 2003, p. 254). Assim, é necessário que o instrumento apresente uma precisão adequada, de acordo com os valores esperados da grandeza a monitorar.

Outro aspecto para levar em consideração é a robustez do aparelho. As barragens são projetadas e construídas para operar pelo menos durante 50 anos o mais, com o qual, os instrumentos precisam ter a durabilidade adequada que assegure seu funcionamento durante a maior parte da vida da barragem.

Tendo em vista o mencionado anteriormente, é possível perceber a importância do monitoramento contínuo das barragens, através da instrumentação. Com tudo, as diretrizes tomadas na barragem de Itaipu sempre visaram o cumprimento das normas técnicas para a manutenção dos altos padrões no seu sistema de auscultação. É por esse motivo que foi adotada a determinação de substituir os aparelhos de leitura dos pêndulos da barragem.

Desde o início das operações até o tempo presente, foram utilizados os coordenômetros, os quais foram fabricados e fornecidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Portugal, mas com o transcurso do tempo, foi detectado a perda da sua estabilidade por causa

da frequente necessidade de calibração, próprio do seu uso contínuo. Inicialmente, foram adquiridos 5 coordenômetros, dos quais 4 estavam sendo utilizados na realização das leituras, e um permaneceu como peça de reposição. Este último, foi depois utilizado em substituição de outro que sofreu choque mecânico, sendo assim descontinuado seu uso. Percebeu-se então a necessidade de achar outro aparelho que possa suprir sua função, com a mesma confiabilidade, optando-se pelos micrômetros digitais. Após aproximadamente um ano de leituras em paralelo com os dois tipos de equipamentos, têm-se um banco de dados para a comparação e validação do novo equipamento, a partir das análises dessas informações e da aplicação do método científico, através das ferramentas da Análise Estatística.

2.2. O PROJETO ITAPU – DADOS E CARACTERÍSTICAS

O projeto Itaipu é umas das maiores obras de engenharia do mundo. Constitui-se numa usina hidrelétrica localizada no Rio Paraná (Figura 1), na fronteira entre Paraguai e Brasil, 14km a montante da ponte internacional que liga a cidade de Foz de Iguaçu à Ciudad del Este, consistindo “[...] de uma série de barragens de diversos tipos que atravessam o rio e cujos coroamentos se desenvolvem na Elevação 225,00 m.a.n.m. (metros acima do nível do mar).” (ITAIPU BINACIONAL, 2008, p.13). “Uma pequena ilha de pedra, originalmente situada no local da barragem, chamada Itaipu, ‘a pedra que canta’, na língua local dos Índios (Guarani), emprestou seu nome ao projeto”. (ITAIPU BINACIONAL, 2009, p. 31). O projeto Itaipu está numa posição central em relação aos maiores centros urbanos e industriais do Brasil e do Paraguai.

O objetivo da construção da usina de Itaipu foi fornecer energia ao Paraguai e à região Sudeste do Brasil, além de constituir-se numa solução política, diplomática e jurídica, quanto na definição das fronteiras entre ambos países.

Com relação a alguns dados importantes do projeto: a Itaipu tem um reservatório de 1350km², cuja extensão é de 170km e volume total de armazenamento de 29×10^9 m³. O comprimento total da barragem é de aproximadamente 7.700m e sua altura máxima chega aos 196m. O vertedouro apresenta uma capacidade de descarga de 62.200 m³/s, e possui 14 comportas radiais de 20m de vão livre. Quanto a sua capacidade de geração de energia, a usina tem uma capacidade instalada de 14.000 MW, com 20 unidades geradores de 700 MW cada, constituindo-se na segunda maior usina em termos de capacidade instalada, sendo as turbinas do tipo Francis. (ITAIPU BINACIONAL, 2009)

Figura 1 – Vista geral do empreendimento hidrelétrico de Itaipu.



Fonte: Itaipu Binacional (2009, p. 87).

De acordo com Itaipu Binacional (2008) a barragem é subdividida em cinco diferentes tipos de barragem:

- a) **Barragem de Enrocamento:** situada na margem esquerda próximo ao canal de desvio, foi construída com as rochas extraídas da escavação do canal e possui um núcleo de argila;
- b) **Barragens de Terra:** foram construídas com argila obtida das escavações da fundação da barragem de enrocamento e de áreas de empréstimo localizadas em suas proximidades. Existem duas barragens, na margem direita e na margem esquerda;
- c) **Barragem Principal:** construída com concreto, é do tipo de gravidade aliviada, o que levou a uma redução do volume de concreto necessário;
- d) **Barragens de Ligação Direita e Esquerda:** construídas também com concreto, são do tipo contraforte, que também levou a uma redução de 25 a 30% de volume de concreto;
- e) **Barragem de Gravidade Maciça:** construída com concreto e localizada no setor do Canal de Desvio, apresenta as adufas na parte inferior.

O arranjo geral do projeto pode ser observado na Figura 2 abaixo.

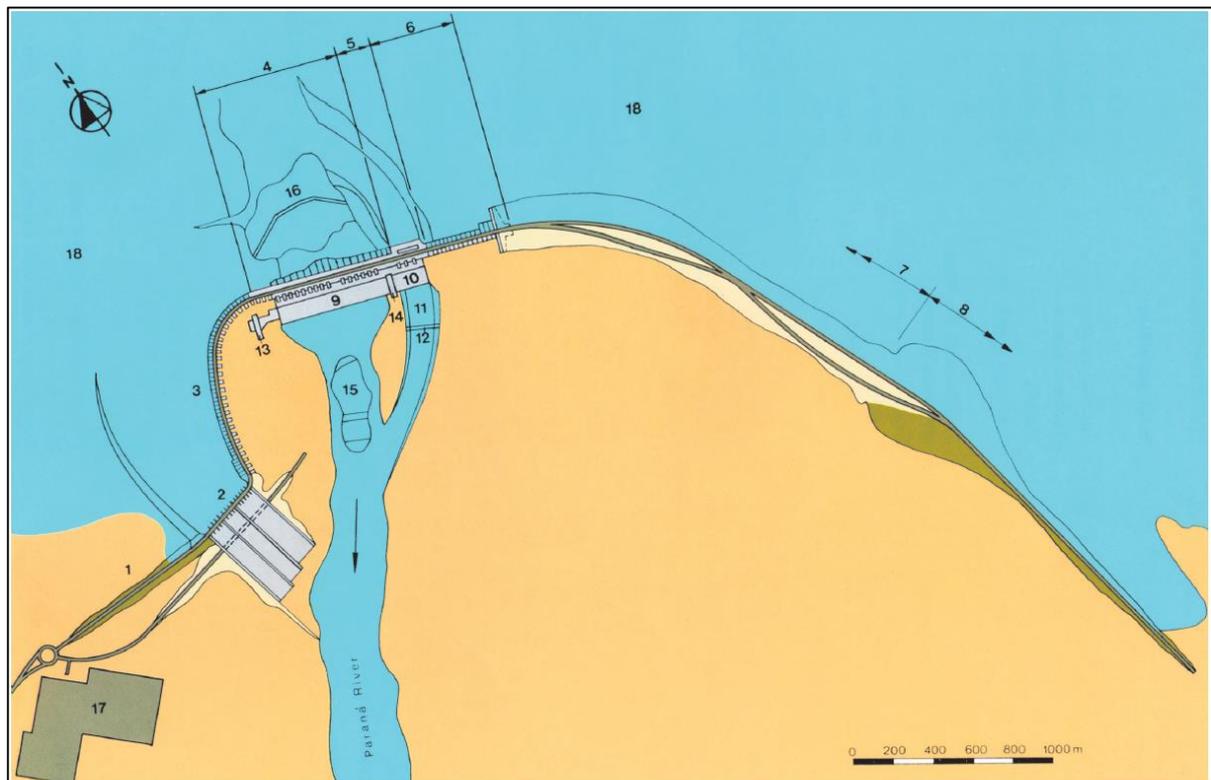
Figura 2 – Arranjo geral do projeto Itaipu.

Fig. 3.2 Arranjo geral do projeto

1 Barragem de terra direita	blocos F (36) e barragem de contrafortes direita, blocos E (6)	7 Barragem de enrocamento desvio, blocos U16 a U18A	15 Ensecadeira de jusante
2 Vertedouro, blocos A (15)	5 Estrutura de desvio, blocos H (14)	8 Barragem de terra esquerda	16 Ensecadeira de montante
3 Barragem lateral direita, blocos D (58)	6 Barragem de ligação esquerda (contrafortes), blocos I (27)	9 Casa de força no canal do rio, blocos U1 a U15	12 Ponte de serviço
4 Barragem principal,	10 Casa de força no canal de	11 Canal de desvio	13 Área de montagem direita
		14 Área de montagem central	17 Subestação da margem direita
			18 Reservatório

Fonte: Itaipu Binacional (2009, p. 89).

2.3. AUSCULTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE ITAIPU

De acordo com Piasentin (2007) na Itaipu Binacional foi implementado um sistema de auscultação composto pela instrumentação instalada nas estruturas e fundações de todas as barragens que compõem o projeto e pelos levantamentos geodésicos do coroamento, complementado com as inspeções locais e observações visuais efetuadas pela equipe técnica, além das análises de comportamento, relatórios e pareceres técnicos.

O objetivo do sistema de instrumentação é o monitoramento das estruturas durante a construção e ao longo da operação:

- a) Para fornecer dados durante a construção para verificar os pressupostos do projeto e, conseqüentemente, permitir o projeto a ser ampliado ou modificado;
- b) Para fornecer dados durante a execução das obras para a otimização dos métodos de construção;
- c) Para avaliar a segurança da estrutura e informar com antecedência sobre possíveis áreas de risco durante a construção e operação;

- d) Para fornecer uma base para verificar e melhorar os métodos de projeto para uso em futuros projetos;
- e) Para obter informações sobre as estruturas existentes e suas fundações, antes de tomar uma decisão como [...], reforço, [...] ou reparação;
- f) Para obter informações em um determinado local ou em determinado tipo de material de estrutura ou fundação;
- g) Para verificar as teorias para fins de investigação;
- h) Para estabelecer condições de desenvolvimento. (ANDRIOLO; BETIOLI, 2015, p. 788)

Na época da construção da barragem, optou-se pelo critério da leitura periférica da instrumentação em vez da leitura centralizada e automática (Piasentin, 2007), considerando que na época o custo dos equipamentos automáticos com leitura remota era muito mais caro que a instrumentação convencional, além do que a leitura periférica possibilita fazer inspeções rotineiras de toda a barragem e da instrumentação.

A instrumentação da barragem de concreto de Itaipu e suas fundações está composta pelos seguintes tipos de equipamentos, listados no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Tipos de instrumentos na barragem de concreto de Itaipu.

Tipo	Descrição- Objetivo
Piezômetro Stand- pipe	Conhecer a subpressão atuante no local da sua instalação.
Piezômetro elétrico	Conhecer a subpressão atuante no local da sua instalação.
Medidor de nível d'água	Conhecer o nível da água presente no subsolo (lençol freático).
Medidor de assentamento	É um medidor de recalque tipo IPT para conhecer deformações verticais ocorridas nas barragens de terra.
Medidor triortogonal de Juntas	Conhecer os deslocamentos entre juntas de concreto e zonas fraturadas nos maciços rochosos.
Célula de pressão total	Conhecer as pressões totais atuantes na zona de contato solo-concreto.
Extensômetro múltiplo de haste	Conhecer as deformações da fundação com relação ao ponto de ancoragem de sua haste.
Medidor de vazão	Conhecer as vazões de percolação através das estruturas e fundações das obras de terra e concreto.
Caixa seletora	Conectar os cabos elétricos de vários instrumentos em uma central que, ao ser conectada ao aparelho de leitura, fornece dados destes instrumentos.

Tipo	Descrição- Objetivo
Pêndulo direto	Conhecer os deslocamentos horizontais de pontos dos blocos instrumentados da barragem em determinadas cotas, em relação à fundação da estrutura.
Pêndulo invertido	Conhecer os deslocamentos da fundação da barragem em relação a um ponto da fundação suficientemente profundo para ser considerado fixo.
Base de alongâmetro	Conhecer a abertura, fechamento, recalque e deslizamento entre blocos ou juntas de monólitos.
Medidor elétrico de junta	Conhecer os deslocamentos de abertura e fechamento de determinadas juntas de contração, sem acesso por galerias, de estruturas de concreto.
Deformímetro de concreto	Conhecer a deformação do concreto e, por esta deformação, obter a tensão que está atuando na estrutura.
Tensômetro de concreto	Conhecer a tensão no interior de estruturas de concreto.
Tensômetro de armadura	Conhecer as tensões em barras de armadura, no interior de estruturas de concreto.
Termômetro de resistência	Conhecer a temperatura no interior da estrutura de concreto.

Fonte: Andriolo; Betioli (2015, p. 791).

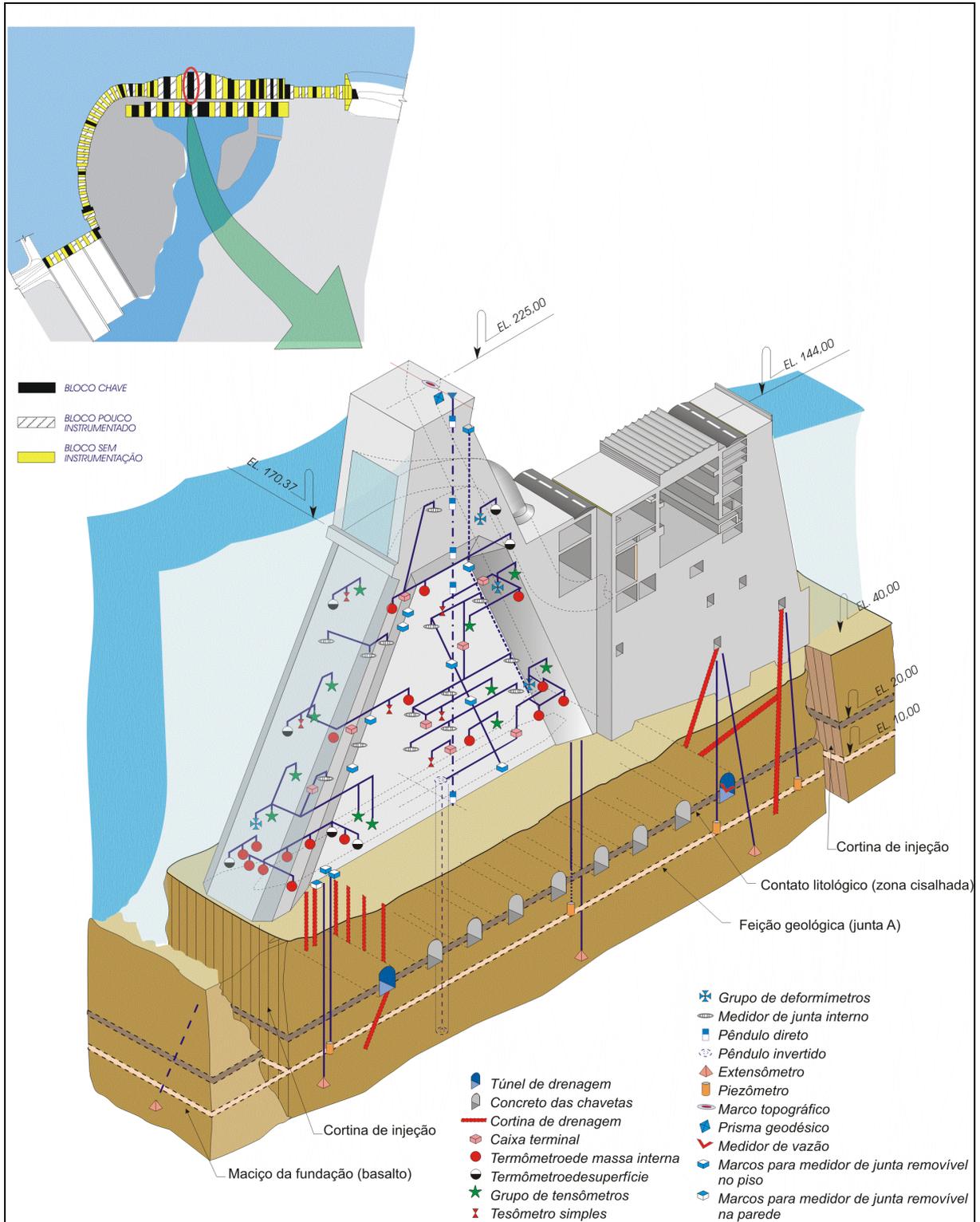
Piasentin (2007) comenta que um dos critérios mais importantes adotados no sistema de auscultação da barragem de Itaipu foi a definição de blocos chaves e seções chaves, os quais foram muito mais instrumentados do que os outros, constituindo-se em os blocos mais representativos. Por outra parte, fazem parte do sistema de auscultação, os levantamentos geodésicos para medir deslocamentos da crista da barragem, o registro dos níveis d'água do reservatório e do canal de fuga, a temperatura do ar e as precipitações, os levantamentos batimétricos, as inspeções visuais, os relatórios e pareceres técnicos.

Atualmente a Itaipu conta com ao redor de 2.400 instrumentos instalados no concreto, nas barragens de terra, de enrocamento e nas fundações, além de aproximadamente 5.300 drenos, cujas vazões também são monitoradas. Andriolo e Betioli (2015) comentam que o desempenho dos instrumentos foi analisado desde o início da sua instalação até o dia de hoje, e vários instrumentos foram desconsiderados, por estabilização de leituras ou por inconsistência de leituras.

A Figura 3 mostra o arranjo de todos os instrumentos de um bloco-chave da Barragem

Principal, junto com a disposição da Casa de Força e o esquema da fundação, com indicação das elevações correspondentes.

Figura 3 – Instrumentação de um bloco-chave da Itaipu Binacional.



Fonte: Itaipu Binacional (2010).

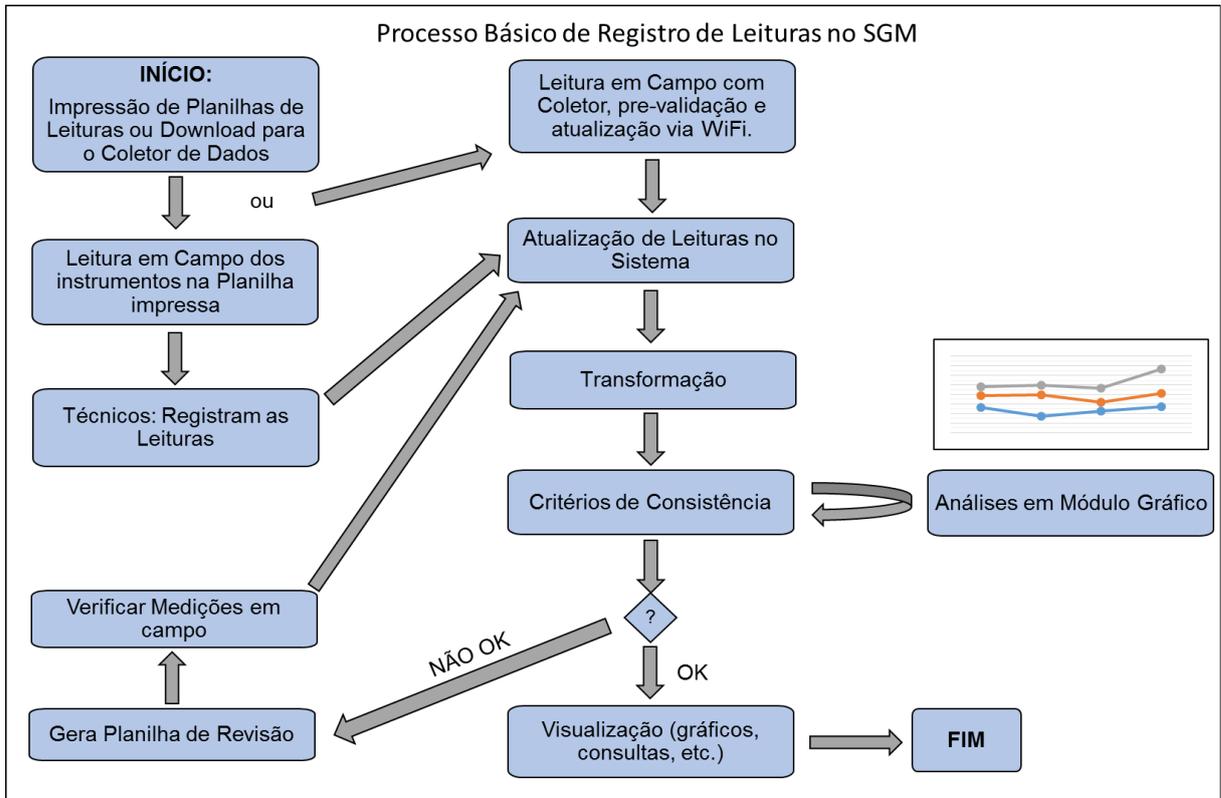
Outros instrumentos fazem parte do sistema de monitoramento da barragem, eles são: Medidores de Recalque, Células de Pressão Total, Marcos de Referência, Bases para Prismas, Pares de Pinos, etc. Além desses instrumentos, a Itaipu instalou uma rede sísmológica que cobre a área da barragem e o reservatório, com o objetivo de detectar a ocorrência de sismos induzidos e/ou registrar as acelerações em alguns lugares da barragem.

A equipe técnica encarregada da segurança da barragem de Itaipu está composta por profissionais técnicos e engenheiros. A equipe técnica realiza os levantamentos e medições de campo de todos os instrumentos com uma frequência definida de acordo com o tipo de equipamento e da fase da vida da barragem, de acordo com uma programação anual, e os profissionais engenheiros realizam as análises periódicas e interpretação dos resultados da instrumentação. A partir desses resultados são elaborados relatórios técnicos anuais com uma análise mais aprofundada. Além disso tem uma supervisão permanente de consultores e reuniões a cada 4 anos de um painel de expertos para verificar o comportamento da barragem (Piasentin, 2007).

Desde o início das instalações (no final de 1970) a Itaipu utiliza computadores para monitoramento e gestão da instrumentação. Os dados obtidos em campo são gerenciados através do Sistema SGM (Sistema de Gestão de Medições) o qual é um software específico desenvolvido a partir de 2010, pelo PTI-PY em conjunto com as equipes técnicas da instrumentação da Itaipu (SOCC.DT e ENCC.DT). No SGM estão cadastrados todos os instrumentos e drenos existentes nas barragens de concreto, de terra e enrocamento, com seus parâmetros de calibração, constantes de cálculos e fórmulas e outros dados. (PTI; CEASB, 2018). Assim, o Sistema SGM são carregados os dados e gerados gráficos para interpretação dos resultados, além de outras funcionalidades. Na Figura 4 é apresentado o diagrama do processo de obtenção e registro das leituras dos instrumentos da barragem. Na Figura 5 pode-se observar a tela do SGM com o exemplo dos gráficos gerados para um instrumento.

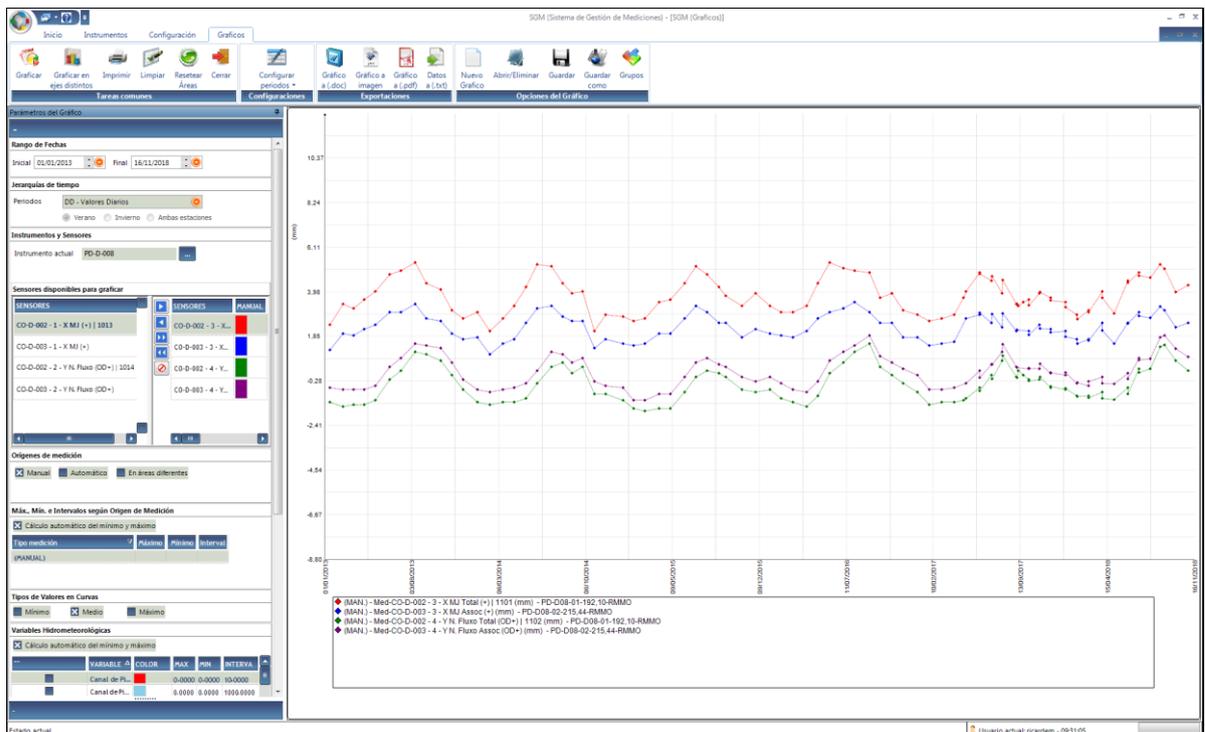
Para interpretação das leituras foram elaborados relatórios de previsão do comportamento da barragem e da instrumentação, baseados em estudos e cálculos realizados ao longo do projeto, utilizando modelos matemáticos e físicos. A partir desses estudos, foram extraídos valores de previsão definidos como valores de controle ou valores limite que servem de referência para estabelecer as condições e alertas para a barragem.

Figura 4 – Diagrama do processo básico de registro e pre-análises de leituras no SGM.



Fonte: Adaptado do PTI; CEASB (2018, p. 224).

Figura 5 – Captura de tela do SGM com gráficos gerados para o pêndulo PD-D-008.



Fonte: Itaipu Binacional (2018b).

Os processos mencionados anteriormente, são aplicados a todos instrumentos da barragem de Itaipu, incluindo os pêndulos diretos e invertidos, objetos de estudo desta monografia.

2.4. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DOS PÊNDULOS DA ITAIPU

Verificar os pressupostos de projeto resulta muito importante na hora de avaliar o comportamento de uma barragem, e compará-lo com o esperado. Nesse sentido, é necessário determinar as tensões nas estruturas e em suas fundações, a partir das deformações (deslocamentos) ocorridas nelas, quando sujeitas às diferentes ações variáveis (carga, temperatura, etc.) (Vasconcelos, 1978). Na prática, procura-se conhecer as três componentes dos deslocamentos em diversas seções da barragem, ao nível das fundações e na crista (coroamento).

Os pêndulos invertidos possibilitam o cálculo das componentes planas do deslocamento ao nível da fundação, já que se encontram fixados na rocha a uma profundidade tal que pode ser considerada sem influência de cargas variáveis. Entretanto, os pêndulos diretos permitem calcular as componentes ao nível do coroamento. Ambos tipos de pêndulo foram “[...] instalados em nichos apropriados e isolados com portas de chapa metálica, evitando circulação de ar, para não falsear as leituras efetuadas.” (VASCONCELOS, 1978, p. 89)

O princípio de funcionamento está baseado na verticalidade que o fio de aço mantém através do peso suspenso dos pêndulos diretos ou através do flutuador no caso dos pêndulos invertidos, permitindo assim medir o deslocamento da estrutura em comparação com o fio, em relação a dois eixos ortogonais, em diferentes pontos da barragem.

Os pêndulos estão considerados entre os instrumentos mais precisos e confiáveis. Além disso, dentre todas as medições feitas para barragens de concreto com altura considerável, as pendulares são as principais, pois fornecem os deslocamentos absolutos em vários pontos da estrutura. (PTI; CEASB, 2018)

2.4.1. Pêndulos Diretos

Segundo o PTI e CEASB (2018), na Itaipu os Pêndulos Diretos (PD) são instalados entre a crista e a base de um bloco, com o objetivo de medir os deslocamentos horizontais relativos de vários pontos da estrutura em relação a outros pontos da mesma estrutura, baseado no princípio do fio do prumo. Em outras palavras, os pêndulos diretos detectam as deformações das estruturas e rotação da fundação, mas não detectam movimentos de translação. Assim, os pêndulos diretos detectam três tipos de deslocamentos da crista dos blocos em relação à

superfície da fundação:

- a) De inclinação para jusante devido a forças hidrostáticas pelo reservatório e, também, pela contração do concreto a partir da fase de jusante.
- b) De inclinação para montante devido à dilatação térmica do concreto a partir da face de jusante.
- c) Rotacional (para jusante ou para montante) devido a recalques na fundação, pelo próprio peso da estrutura o por forças hidrostáticas verticais. (PTI; CEASB, 2018, p. 179)

Os deslocamentos citados são chamados de movimento pendular, pois os blocos da barragem de concreto de Itaipu apresentam inclinações sazonais para jusante e para montante por conta da contração e expansão do concreto devido à influência da variação térmica diferencial entre as faces de jusante e as de montante. Assim, os blocos apresentam uma movimentação para montante no verão e para jusante no inverno.

2.4.1.1. Componentes e instalação dos Pêndulos Diretos

Os pêndulos diretos são compostos dos seguintes elementos (PTI; CEASB, 2018):

- a) 1 fio de aço inoxidável de alta resistência, com diâmetro de 1,0mm.
- b) 1 dispositivo de fixação do fio, onde se faz a regulagem do fio ao centro do poço de pêndulo. Consta de uma placa de aço inoxidável, com um sulco pelo qual passa o fio. A placa é fixada sobre outra placa de aço por meio de 2 parafusos e porcas de 3/8pol x 1 1/2pol.
- c) 1 dispositivo de suspensão, que dispõe de um mancal, permitindo a regulagem de altura do fio. É constituída por um perfil U de bronze, no qual está fixado o eixo de suspensão de aço inoxidável, onde o fio é enrolado.
- d) 1 dispositivo de fixação do peso, dotado de um mancal para regulagem de altura do peso, para que este possa se mover livremente, em função das deformações da crista de barragem.
- e) 1 peso de aço com aproximadamente 60,0kg, mergulhado em óleo dentro de um balde de latão para dar estabilidade.
- f) 1 balde de latão, cilíndrico de chapa.

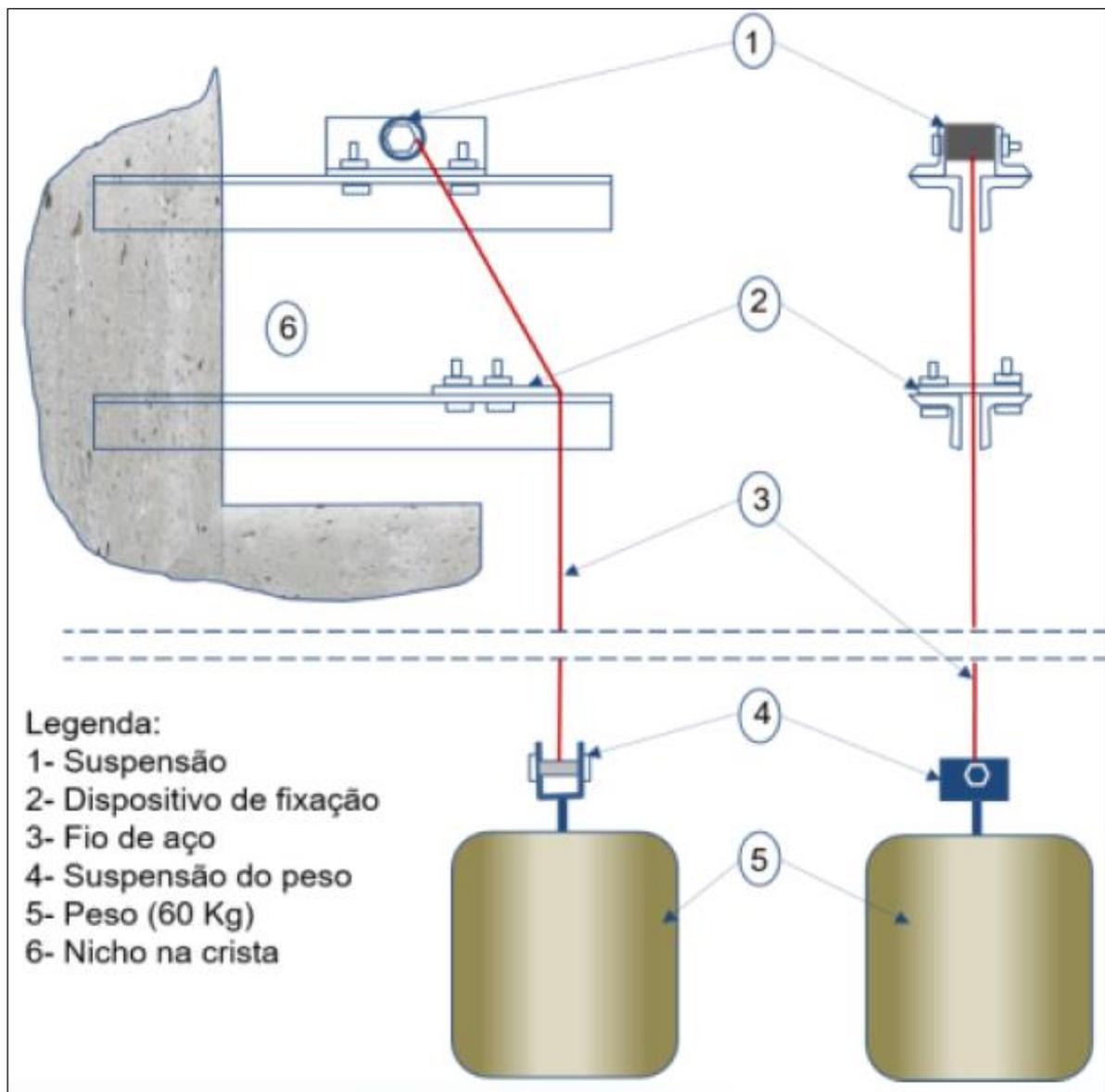
O poço de pendulo direto é formado, a partir do topo da galeria de menor cota, indo até a crista da barragem. Para formação do furo, foram utilizados tubos de concreto pré-moldado, instalados durante a concretagem da barragem, com diâmetro mínimo de 60,0cm, procurando-

se e melhor alinhamento possível na vertical, preservando uma área útil de no mínimo 20,0cm de diâmetro para não tornar o poço inutilizável (PTI; CEASB, 2018).

A Figura 6 mostra o arranjo dos elementos do dispositivo de fixação do fio do PD, junto com o peso na base. A Figura 7 é uma fotografia do dispositivo de fixação de um dos pêndulos diretos, na crista da barragem de Itaipu, dentro do nicho.

A Figura 8 mostra a base inferior do PD, com a base de leitura, dentro da sala do pêndulo e Figura 9 mostram o esquema de instalação de ambos tipos de pêndulos (PD e PI) numa mesma cabina de leitura.

Figura 6 – Detalhe de fixação do fio do Pêndulo Direto (crista e base).



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 183).

Figura 7 – Nicho de fixação do Pêndulo Direto na crista da barragem.



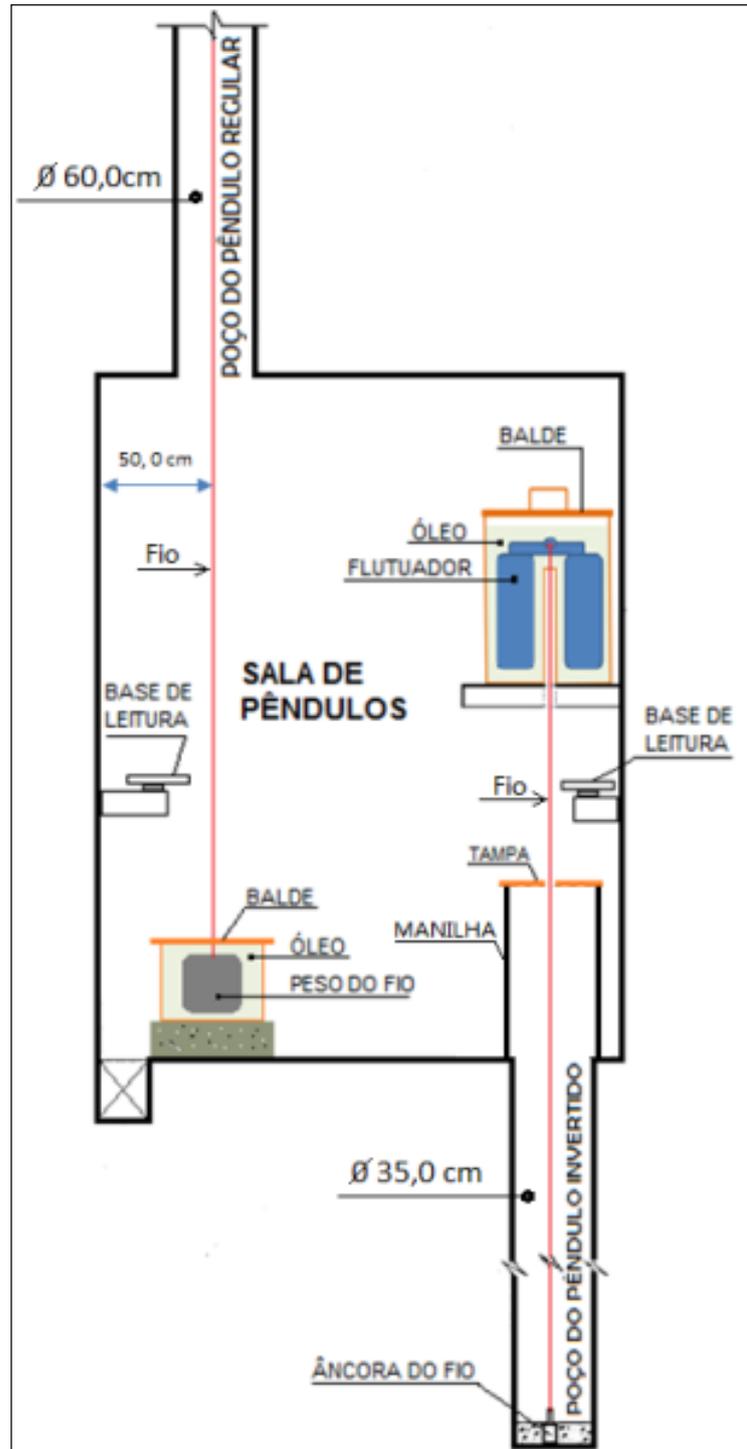
Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 183).

Figura 8 – Base inferior do Pêndulo Direto.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 183).

Figura 9 – Sala de pêndulos e componentes de instalação dos pêndulos direto e invertido.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 182).

2.4.2. Pêndulos Invertidos

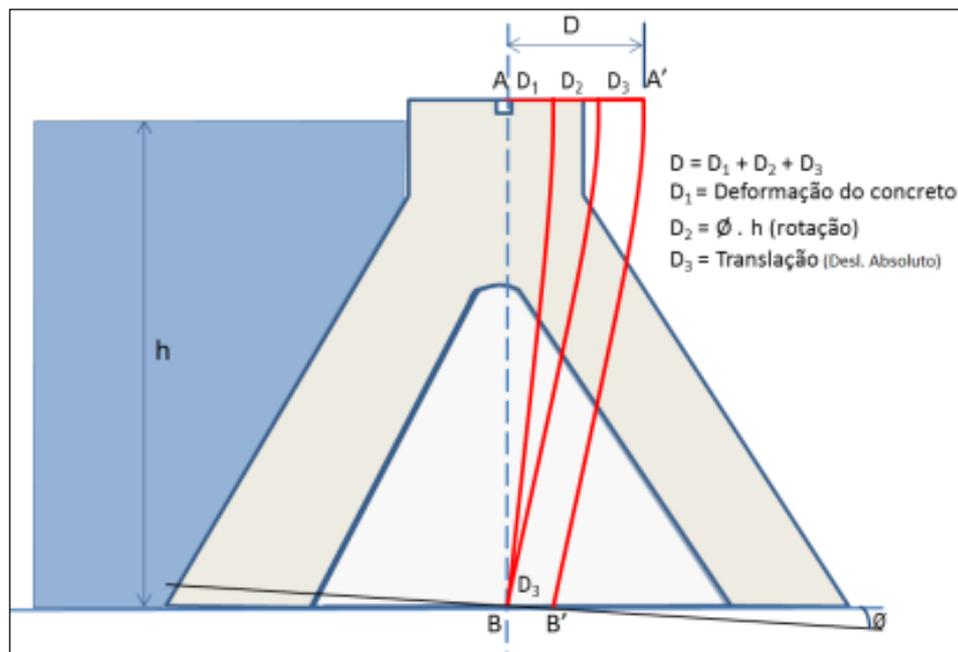
Segundo o PTI e CEASB (2018), no caso dos Pêndulos Invertidos (PI) instalados na Itaipu, eles determinam os deslocamentos de pontos da estrutura próximos ao contato concreto-rocha em relação a pontos considerados fixos na fundação, embora alguns apresentem sua

extensão até a crista da barragem.

Para a instalação do pêndulo invertido foram perfurados furos de aproximadamente 35,0cm de diâmetro desde o contato concreto-rocha até um ponto profundo da fundação, onde não existe influência do campo de deformação da barragem. Alguns poços de sondagem foram aproveitados para instalação de alguns pêndulos invertidos.

O cálculo dos deslocamentos absolutos dos pontos da estrutura é feito através da combinação de um pêndulo direto com um pêndulo invertido, cujas bases de leitura devem estar no mesmo nível e o mais próximo possível entre si. Essa combinação permite também determinar o movimento horizontal absoluto (translação) da crista da barragem. A Figura 10 ilustra os deslocamentos medidos e o resultado da associação dos pêndulos.

Figura 10 – Deformações possíveis e normais de uma barragem de concreto na direção montante-jusante (sem escala).



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 202).

2.4.2.1. Componentes e instalação dos Pêndulos Invertidos

Os Pêndulos Invertidos são compostos dos seguintes elementos (ver Figuras 9, 11 e 12) (ITAIPU BINACIONAL, 1992a):

- 1 fio de aço inoxidável de alta resistência, com diâmetro de 1,0mm;
- 1 dispositivo de fixação inferior, constituído de um corpo cilíndrico com cerca de 8kg, ancorado em concreto no centro da área útil no fundo do poço.

- c) 1 dispositivo de fixação superior, composto de um carretel de fixação de aço inoxidável e outros componentes.
- d) 1 flutuador, de aproximadamente 20kg, é constituído por um cilindro oco de chapa de cobre, dispõe de 4 aletas de equilíbrio de chapa.
- e) 1 depósito do flutuador, o qual é um cilindro que serve de recipiente ao óleo de imersão do flutuador.

Figura 11 – Pêndulo invertido e detalhes do flutuador com fixação do fio e poço.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 184).

Figura 12 – Detalhe de fixação do fio do pêndulo invertido (montagem didática em corte).



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 184).

2.4.3. Equipamentos utilizados para a leitura dos pêndulos

Desde o início das campanhas de monitoramento da instrumentação na Itaipu foram utilizados equipamentos escolhidos de acordo com os critérios de confiabilidade, durabilidade, precisão requerida para as grandezas a serem monitoradas, estabilidade, etc. Assim, para a leitura dos deslocamentos acusados pelos pêndulos da barragem, foram utilizados os coordenômetros ótico-mecânicos. Posteriormente a Itaipu desenvolveu o foto-coordenômetro, com o intuito de automatizar as leituras, que foi utilizado durante um certo período, mas foi abandonado devido à falta de peças de reposição (ANDRIOLO; BETIOLI, 2015). Já nos anos 2000 foi estabelecido o Sistema ADAS (Automatic Data Acquisition System) ou Sistema de Aquisição Automática de Dados da instrumentação civil da Itaipu, para o monitoramento remoto dos instrumentos, no qual foi incluído o telecoordenômetro para a leitura de alguns pêndulos, sem perda das leituras manuais.

Atualmente as leituras são feitas de forma manual, com o uso dos coordenômetros e com o uso também do novo equipamento em fase de testes, os micrómetros digitais, além das leituras automatizadas. Seguidamente veremos em detalhe os equipamentos em estudo.

2.4.3.1. Coordenômetro ótico-mecânico

O Coordenômetro ótico-mecânico, simplesmente chamado de coordenômetro, é um instrumento utilizado para medir a distância entre um ponto fixo da estrutura e fio de aço dos pêndulos direto e invertido. Fornece leituras em duas direções ortogonais, sendo uma paralela ao eixo da barragem e outra normal ao eixo. Este instrumento formado por duas réguas graduadas e perpendiculares entre si, apresenta uma precisão de $\pm 0,2\text{mm}$ e uma sensibilidade “teórica” de $0,1\text{mm}$. Mais detalhadamente, os componentes do coordenômetro são (ITAIPU BINACIONAL, 1992b):

- a) Régua maior: de aço inoxidável, seu comprimento é de 525mm, mas apresenta faixa de medição graduada de 300mm, com precisão milimétrica.
- b) Régua menor: também de aço inoxidável, ele tem 255mm de comprimento, com uma faixa de medição graduada de 150mm.

Sobre a régua menor é fixada uma luneta provida de retículo com seus eixos coincidentes.

- c) Cursor: composto de parafusos de translação com roda dentada e nônios de coincidência para as duas réguas.

Em diferentes locais da barragem foram dispostas cabinas específicas para à realização das leituras, chamadas de salas de pêndulo. O coordenômetro é apoiado sobre uma base fixada à parede da sala, assegurando uma posição fixa em relação à estrutura. Outro elemento que forma parte do sistema é o cone de referência, de aço inoxidável e fixado também à parede sobre um perfil L. Para a realização da leitura, o procedimento é o seguinte:

A régua menor tem uma ocular provida de retículo, com seus eixos coincidentes, tendo na extremidade um prisma que está a 45° do eixo da régua. A régua menor se move sobre a maior, que é fixa, permitindo então leituras sem mover o coordenômetro. [...] A primeira leitura será feita no cone de referência com a régua menor, lendo depois o fio com a mesma régua. Estas duas leituras serão efetuadas com o prisma levantado. A terceira leitura será feita com a régua maior no cone, lendo depois o fio com a mesma régua. A luneta do coordenômetro possui um retículo com 6 fios paralelos verticais e ao efetuar a leitura coloca-se a ponta do cone ou o fio entre a terceira e a quarta linha vertical. [O coordenômetro, apoiado na base de leitura, é sempre colocado na mesma posição. Em cada posição das régua, é registrada a leitura na planilha correspondente]. (VASCONCELOS, 1978, p. 91 e p.96)

Para maior entendimento, referir-se à secção 2.4.4.1 deste capítulo e as Figuras 13 e 14 que mostram o detalhe do sistema.

Figura 13 – Coordenômetro - detalhamento.

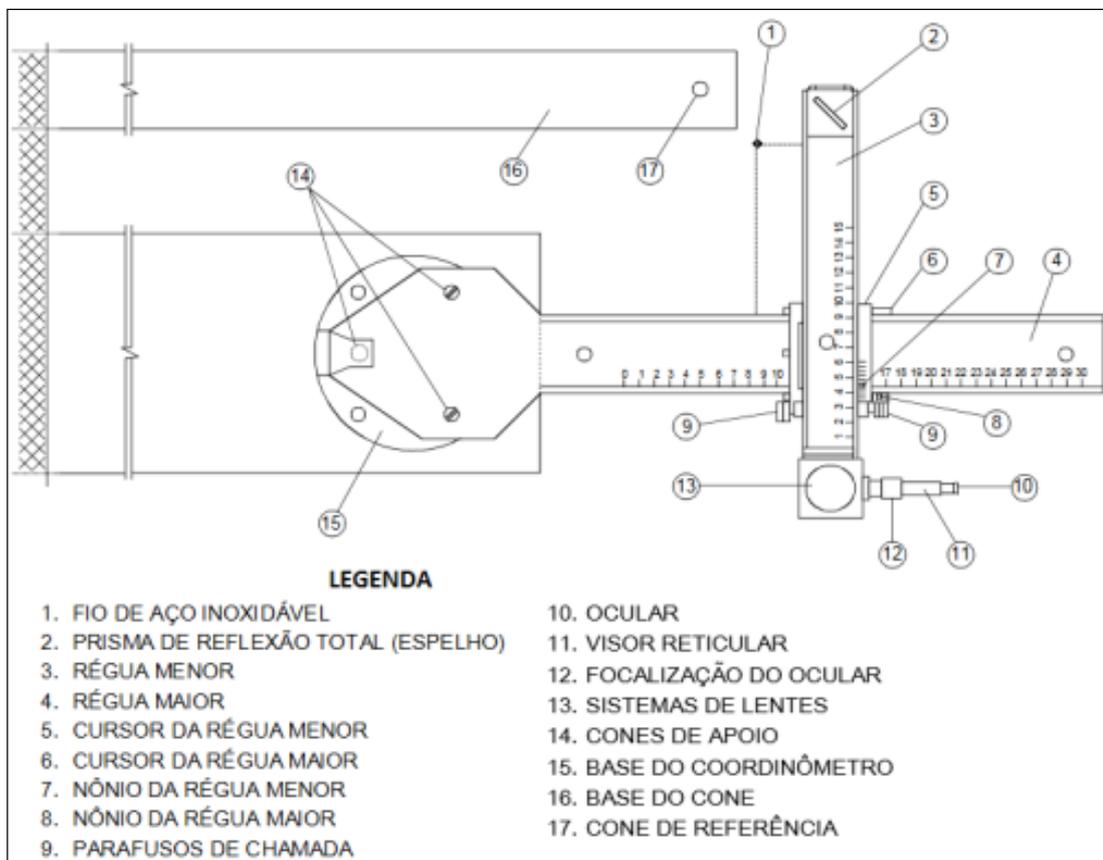
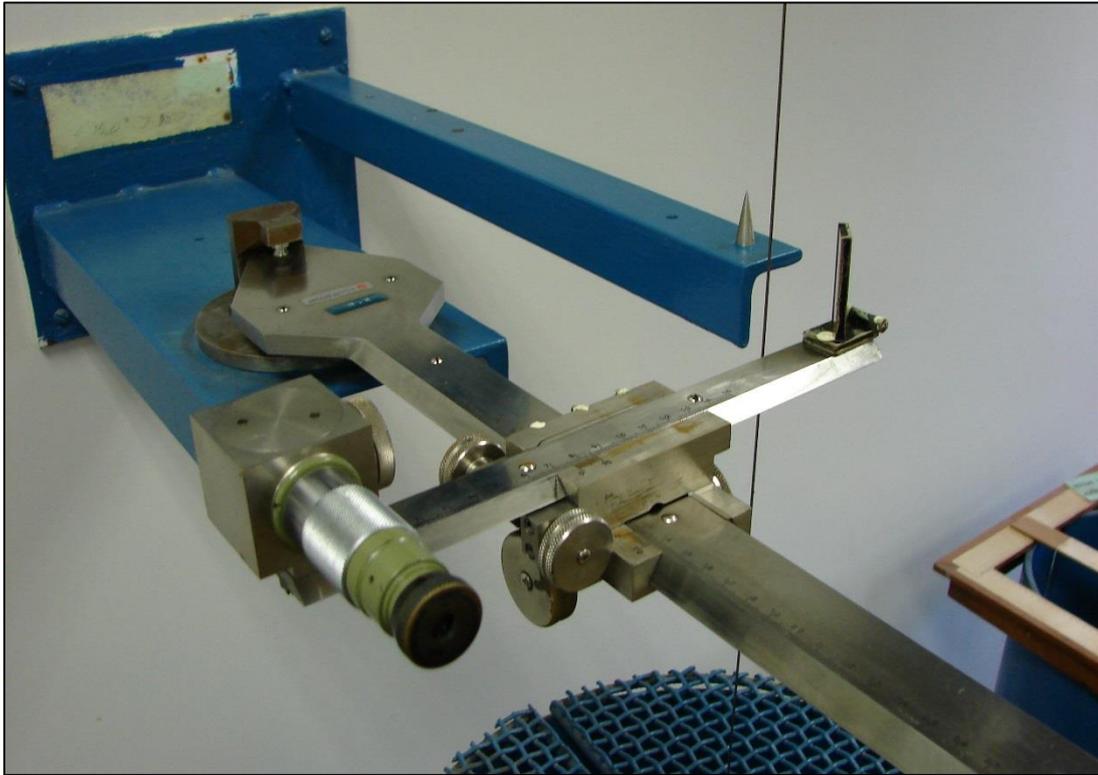


Figura 14 – Coordenômetro acoplado na base de apoio e leitura.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 186).

Segundo Silveira (2003, p.228) o sistema de leitura com coordenômetro ótico, apesar de possuir nônios com precisão de $\pm 0,01\text{mm}$, permitem leituras com precisão de $0,5\text{mm}$, em virtude das dificuldades de visualização precisa do fio. Partiu-se, então, mais recentemente, para a utilização de coordenômetros eletrônicos, o mais precisamente, micrômetros eletrônicos, os quais foram os equipamentos escolhidos para a substituição dos coordenômetros.

Na Itaipu, inicialmente se tinham 6 coordenômetros, dos quais 4 foram utilizados para a realização das leituras e 2 ficavam como substitutos no caso de perda, desajuste ou manutenção. Posteriormente um dos coordenômetros sofreu choque mecânico, com o qual não foi possível recuperá-lo e foi desativado, ficando 4 disponíveis para a realização das leituras e um como reposto, até hoje.

2.4.3.2. *Micrômetro digital*

O micrômetro com display digital, ou simplesmente micrômetro, é um aparelho de medição proposto como substituto dos coordenômetros para a realização das leituras dos pêndulos na Itaipu. O uso de este aparelho implicou a adaptação da base de leitura nas salas dos pêndulos, mas sem prejudicar as leituras com os coordenômetros, cuja realização não foi impedida. O sistema conta com o “auxílio de sinal eletrônico amplificado de tal forma que um

leve toque no fio do pêndulo pelo micrômetro não seja capaz de movimentá-lo.” (ITAIPU BINACIONAL, 2018d, p.3)

Entre as vantagens que apresenta, o equipamento possui excelente resolução, ótima precisão e exatidão, é leve para transporte e de fácil calibração. Também evita erros de leitura e só precisa de uma leitura por coordenada (PTI; CEASB, 2018).

O uso do micrômetro requer uma adaptação da base de leitura e de alguns componentes, com o qual o novo sistema completo se compõe dos seguintes elementos (ITAIPU BINACIONAL, 2018d):

- a) Micrômetro: tipo tubular da marca Mitutoyo, com display LCD digital e com extensão tipo haste em aço inoxidável. O fundo da escala é de 30,0mm no display digital e 25,0mm na leitura analógica. Apresenta uma resolução de leitura de 0,001mm no display digital e 0,01mm no tambor graduado.

Na Itaipu se tem 4 micrómetros, cada um deles com um comprimento específico, o qual é considerado nos cálculos, considerado como fator k, de referência de cada um.

A Figura 15 mostra o micrômetro.

Figura 15 – Micrômetro com suas dimensões.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 187).

- b) Haste de prolongamento: em aço inoxidável, com as dimensões de 60,0mm de comprimento, 20,0mm de largura e 30,0mm de altura. Possui um furo longitudinal com rosca para acoplamento com o micrômetro, e outro furo transversal para acoplamento aos pinos fixos na chapa metálica que serve de base de leitura, permitindo o giro do micrômetro conforme a movimentação do fio do pêndulo. Na Figura 15 se observa a haste acoplada ao micrômetro e a Figura 16 mostra a haste separadamente.

Figura 16 – Haste de prolongamento.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 12).

- c) Unidade sinalizadora: consiste numa caixa plástica composta com buzzer elétrico, bipe contínuo, que serve como indicador eletrônico de sinal sonoro e composto também com ponto de LED vermelho para sinal luminoso (ver Figura 17). Este dispositivo é acoplado aos bornes instalados na chapa metálica de base para permitir o fechamento do circuito no momento que o micrômetro toca ao fio de pêndulo, emitindo sinal sonoro e luminoso, indicando assim que esta é a leitura.

Figura 17 – Unidade sinalizadora.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 13).

- d) Base para leitura: está composto de uma chapa retangular de aço, que tem a função de suporte para o micrômetro, com espessura de 6,3mm e revestida com pintura anticorrosiva na cor azul, apresenta um recorte em um dos vértices para permitir a livre movimentação do fio do pendulo neste espaço. A chapa também conta com 4 furos, 2 para fixação dos pinos de acoplamento do micrômetro e os outros 2 para fixação dos conectores bornes, para acoplamento da unidade sinalizadora.

Outros componentes são os grampos metálicos utilizados para acoplar a chapa metálica com o suporte do coordenômetro já existente, porcas, arruelas, conectores borne, pinos metálicos, cabos de 1,00mm², terminais elétricos, etc. As Figuras 18, 19 e 20, mostram os componentes citados.

Figura 18 – Chapa metálica – Vista superior e inferior.



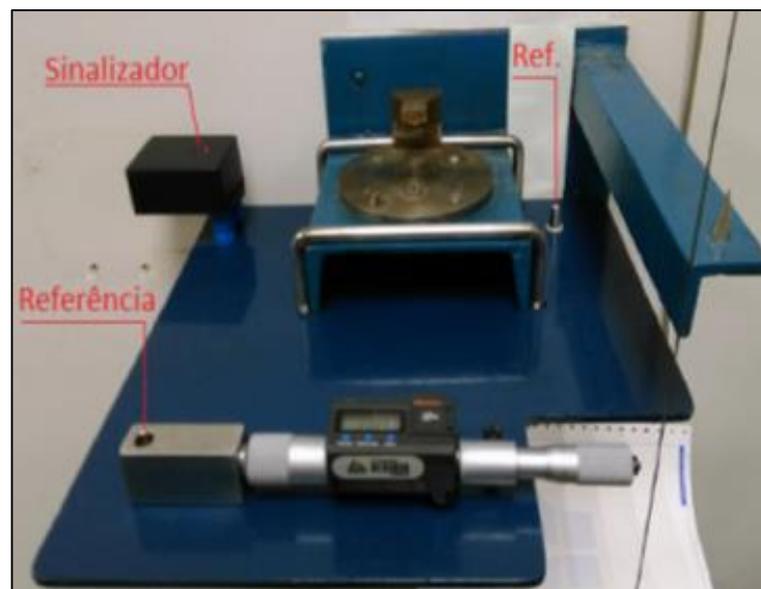
Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 13).

Figura 19 – Grampos metálicos.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 13).

Figura 20 – Montagem do micrômetro na base e componentes.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p. 187).

Quanto à utilização do micrômetro, se descreve o seguinte:

Para a leitura, a face de medição do micrômetro deve tocar levemente no fio à medida que o operador for girando o tambor. Porém, o toque no fio não pode fazer com que ele se mova e, para isso, é utilizado um circuito eletrônico (unidade sinalizadora) que ao leve toque no fio, fecha o circuito com o aterramento e sinais sonoros e luminosos são disparados, informando ao operador. Nesse momento, cessa o movimento do tambor e o valor da leitura indicada no display é lida. A falta de prática e sensibilidade do operador pode mover o fio e, nesse caso, deve-se aguardar alguns minutos para estabilidade do fio e repetição da leitura. (PTI; CEASB, 2018, p.187)

Para maior detalhamento do procedimento de leitura, referir-se à secção 2.4.4.2.

2.4.4. Processo de Leituras – Considerações

De acordo com PTI, CEASB (2018) o procedimento para a execução das leituras é simples, seja com o coordenômetro ou o micrômetro. Em ambos casos, são realizadas leituras em duas direções ortogonais, uma paralela ao eixo da barragem e outra normal ao eixo, que em Itaipu acostuma-se chamar na direção Tangencial e Radial, ou ainda Direção do Fluxo e Normal ao Fluxo.

Para o PD, o fio se move com a crista da barragem, aproximando-se ou se afastando do ponto do referência (cone ou pino). No caso do PI, o fio não se move com a barragem, o ponto de referência é que se aproxima o afasta do fio. Para os dois pêndulos, realizam-se leituras nas duas direções com coordenômetro ótico-mecânico. Porém, é necessário observar as posições de instalação das bases, ou seja, se estão à montante ou à jusante, à ombreira direita ou à ombreira esquerda em relação aos fios e referências (cones, pinos), pois foi adotada uma convenção de sinais positivos e negativos para os sentidos de movimentos da barragem. A convenção de sinais é a seguinte:

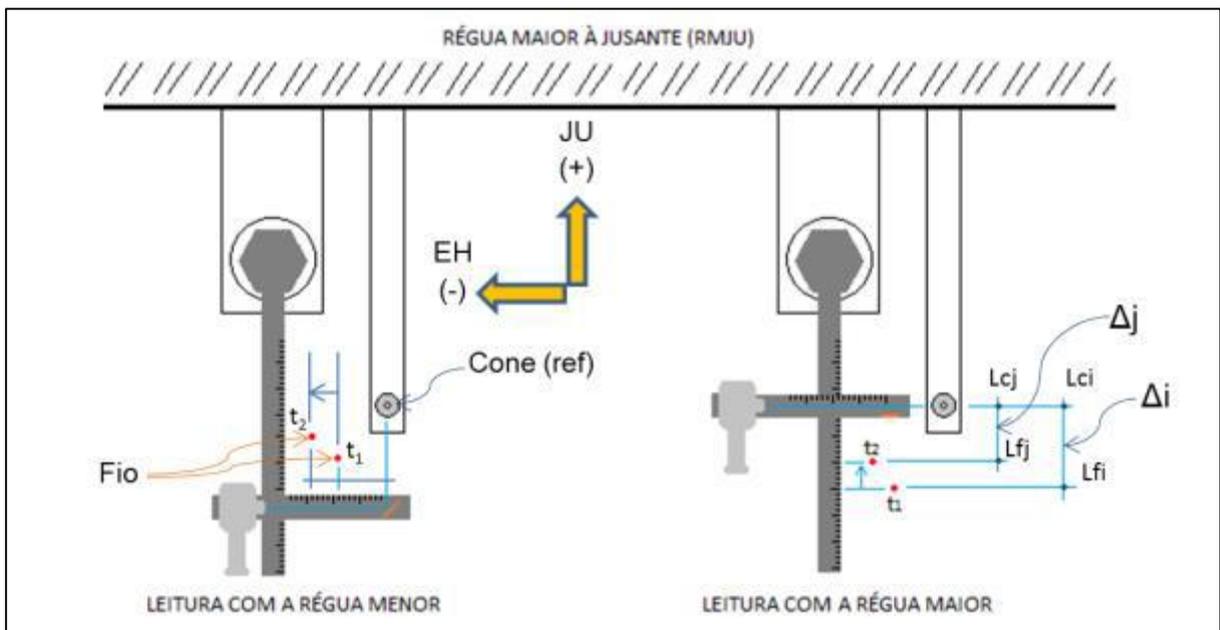
- Para jusante: +;
- Para montante: -;
- Para ombreira direita ou Direita Hidráulica: +;
- Para ombreira esquerda ou Esquerda Hidráulica: -.

Assim, para que os valores dos deslocamentos calculados indiquem os sentidos corretos é preciso multiplicar os valores calculados por coeficientes +1 ou -1.

2.4.4.1. Leituras com coordenômetros e cálculo dos deslocamentos

A seguir, um exemplo extraído do PTI, CEASB (2018) que ilustra a situação quando a crista da barragem está se deslocando para jusante (JU) e para esquerda hidráulica (EH), com leituras por coordenômetro, como mostra a Figura 21:

Figura 21 – Leituras realizadas com coordenômetro. Fio (t_2) indicando deslocamento para JU e EH.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p.193)

As referências para a figura são as seguintes:

Lci: Leitura inicial do cone (ref) num tempo “i” (t_1);

Lfi: Leitura inicial do fio num tempo “i” (t_1);

Lcj: Leitura do cone num tempo “j” (t_2);

Lfj: Leitura do fio num tempo “j” (t_2);

$\Delta_i = Lfi - Lci$, a leitura do fio menos a leitura do cone numa época “i”;

$\Delta_j = Lfj - Lcj$, a leitura do fio menos a leitura do cone numa época “j”.

Assim, a expressão geral para os cálculos dos acréscimos ou decréscimos dos deslocamentos, tanto para os deslocamentos tangenciais quanto os radiais, é a seguinte (PTI; CEASB, 2018, p. 193):

$$D = \pm C (\Delta_j - \Delta_i)$$

Onde:

D: deslocamento em uma época “j” em relação à data da instalação (inicial);

C: coeficientes (+1 ou -1), dependendo da posição de instalação da base e do tipo de pêndulo, se direto ou invertido.

Nota a destacar:

Quando não há pêndulo invertido associado e nem bases de leituras intermediárias entre a crista da barragem e a fundação, os cálculos terminam como no parágrafo anterior, bastando realizar novas leituras para os tempos posteriores (t3, t4...atual), sendo que **os deslocamentos são relativos e sempre cumulativos em relação à data ou à leitura inicial.** (PTI; CEASB, 2018, p. 194, grifo nosso)

Para os pêndulos invertidos, “o processo de leitura e instalação das bases são os mesmos usados para pêndulo direto, porém invertem-se os sinais dos coeficientes multiplicadores utilizados para PD.” (PTI; CEASB, 2018, p. 195).

Quando existem PI associados a PD, ou seja, as bases de leitura de ambos tipos de pêndulo estão no mesmo nível, é possível determinar os deslocamentos absolutos. Outro assunto se dá também no caso dos blocos com altura significativa, pois foram instaladas bases de leitura intermediárias para os pêndulos que monitoram alguns desses blocos, fornecendo informação da deformação devido às variações térmicas ao longo da altura. As deformações indicadas por essas bases intermediárias são associadas à base inferior e ao pêndulo invertido, quando existir.

Todas as equações e sinais para todos os pêndulos da barragem estão inseridas no sistema SGM, que realiza os cálculos automaticamente, a partir das leituras do campo.

2.4.4.2. Leituras com micrômetros e cálculo dos deslocamentos

O procedimento de leitura com os micrômetros, depois de realizar uma inspeção visual na sala do pêndulo e verificar a ausência de vibração, umidade, o contato do fio com alguma parte da estrutura, é o seguinte:

- a) Plugar o buzzer no encaixe da chapa com se fosse uma tomada (Figura 22);
- b) Aplicar um spray ‘limpa contato’ no fio do pêndulo para melhorar a condutibilidade elétrica (Figura 23);
- c) Proporcionar o encaixe perfeito entre o pino da chapa e o orifício na peça de encaixe de modo que a base do micrômetro fique completamente encostada sobre a chapa;
- d) Posicionar a ponta de leitura do micrometro exatamente em direção ao eixo do fio (Figura 24);
- e) Avançar com o micrômetro (rotação) até que o mesmo toque no fio do pêndulo, o normal é que ocorra um apito pelo fechamento do contato

entre o conjunto fio-chapa, ao primeiro sinal do apito deve-se obter a leitura (Figura 25);

- f) Coletar a leitura apresentada no visor do micrômetro. (ITAIPU BINACIONAL, 2018d, p. 16 e 17)

Figura 22 – Posição do buzzer.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 17).

Figura 23 – Spray limpa contato.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 17).

Figura 24 – Posicionamento do micrômetro.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 17).

Figura 25 – Toque do micrômetro no fio.



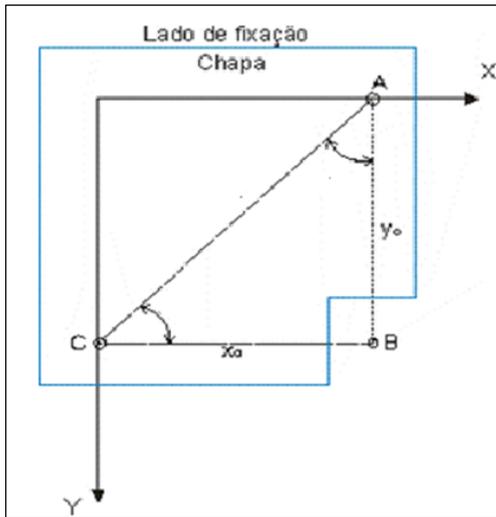
Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 18).

Algumas considerações sobre a leitura com o micrômetro são (PTI; CEASB, 2018):

- São realizadas apenas duas leituras por base (uma por coordenada no fio), dispensando a leitura no pino de referência;
- Os sinais dos coeficientes não coincidem com os do coordenômetro, na maioria dos casos.

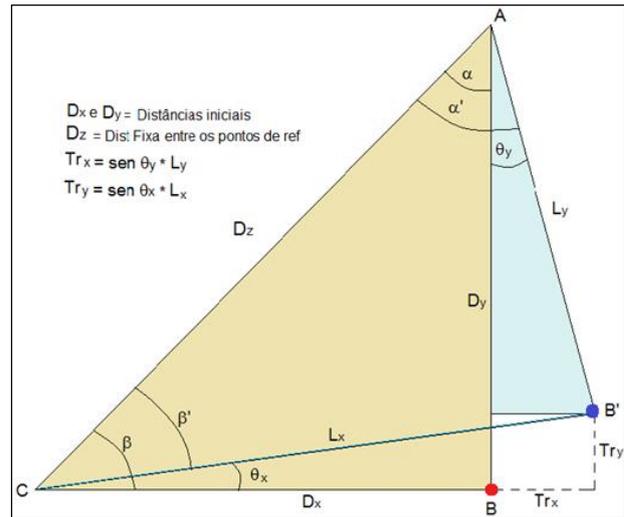
- c) São aplicadas fórmulas trigonométricas às leituras feitas em campo, pois como o fio move-se, o micrometro para acompanhar o fio, gira em torno do pino, levando em consideração os ângulos formados entre os pinos de referência e o fio (ver Figuras 26 e 27)

Figura 26 – Disposição dos eixos e distâncias.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 18).

Figura 27 – Posição dos ângulos e distâncias.



Fonte: Itaipu Binacional (2018d, p. 18).

Na Figura 27 as referências são as seguintes:

Tr_x : diferença de posição do fio no eixo X com relação a posição inicial;

θ_y : ângulo encontrado pela diferença entre α (inicial) e α' (final);

L_y : distancia obtida através da leitura com o micrômetro.

Tr_y : diferença de posição do fio no eixo Y com relação a posição inicial;

θ_x : ângulo encontrado pela diferença entre β (inicial) e β' (final);

L_x : distancia obtida através da leitura com o micrômetro.

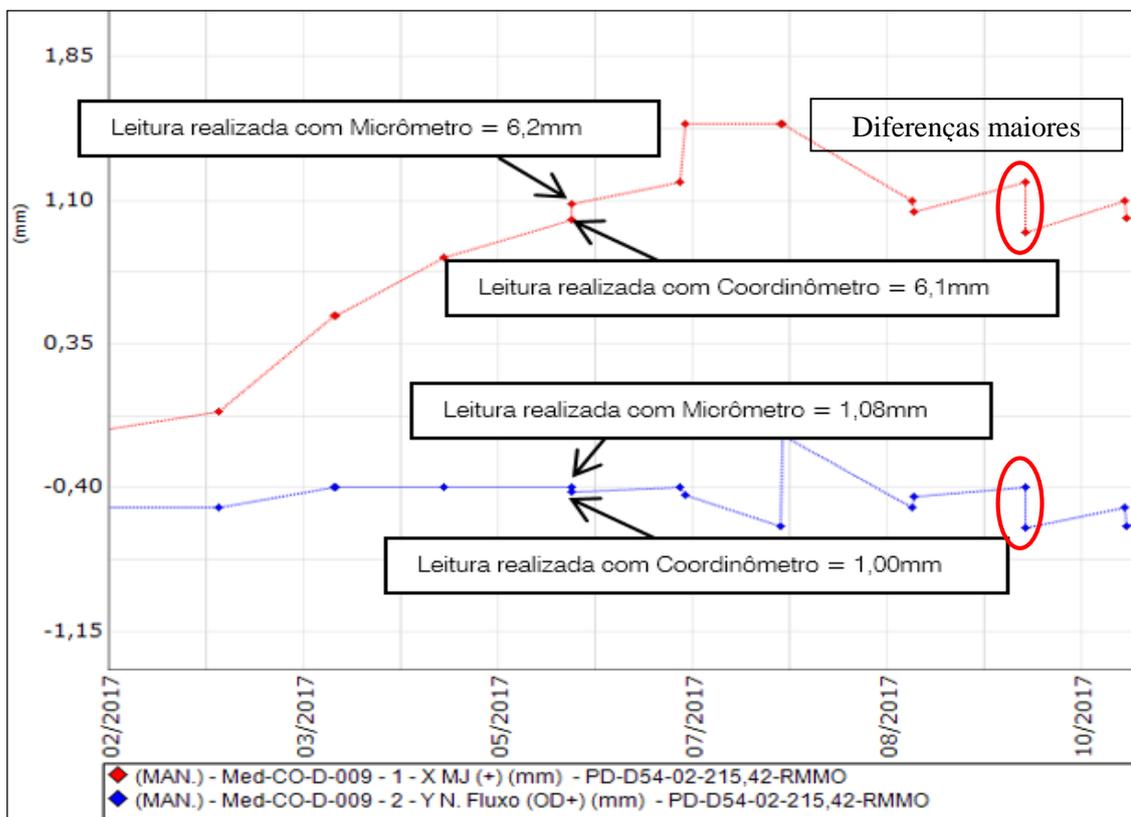
Assim, com as fórmulas indicadas anteriormente, são obtidos os acréscimos e decréscimos de deslocamento, mas de forma automática com o sistema SGM.

É importante também mencionar que as leituras com o coordenômetro e o micrômetro foram feitas simultaneamente nas mesmas bases de leitura, durante as campanhas de medição, e durante a fase experimental cuja duração foi de aproximadamente um ano, para poder fazer as comparações e as análises respectivas.

2.4.4.3. Apresentação no Sistema SGM

De acordo com Itaipu Binacional (2018d) o Sistema SGM realiza automaticamente a conversão dos dados adquiridos em campo e carregados no sistema, apresentando os resultados dos deslocamentos históricos reais da estrutura. Os valores de leitura para os micrômetros e os coordenômetros são diferentes, porém, no sistema não são apresentados gráficos diferentes para cada instrumento. A linha de ligação dos dados obtidos com cada instrumento é a mesma, com uma pequena defasagem devido às diferenças entre cada instrumento. Isso foi estabelecido para que o histórico dos dados seja mantido a partir do momento em que houver a substituição total do método de leitura. A Figura 28 ilustra o descrito anteriormente.

Figura 28 – Exemplo de apresentação gráfica dos resultados obtidos.



Fonte: Adaptado de Itaipu Binacional (2018d, p. 21)

No intuito da substituição total de um instrumento por outro, foi criado um “offset” igual à diferença entre as leituras na primeira campanha realizada, porém a diferença foi maior em posteriores medições, com o qual não resultou numa solução satisfatória. A obtenção de um offset que ajuste mais adequadamente às diferenças entre os instrumentos é detalhada no Capítulo 3, além de apresentar gráficos com curvas separadas para cada tipo de instrumento, com o propósito de visualizar melhor as diferenças entre eles e fazer um melhor análise.

2.4.5. Localização e arranjo geral dos pêndulos na barragem de Itaipu

No Quadro 2 e na Figura 29 é apresentada a localização dos pêndulos na barragem de Itaipu com relação à estrutura da barragem, e suas respectivas bases de leitura, além dos equipamentos de leitura correspondentes, cota de localização das bases de leitura e outros dados complementários:

Quadro 2 – Localização dos pêndulos na barragem de concreto de Itaipu.

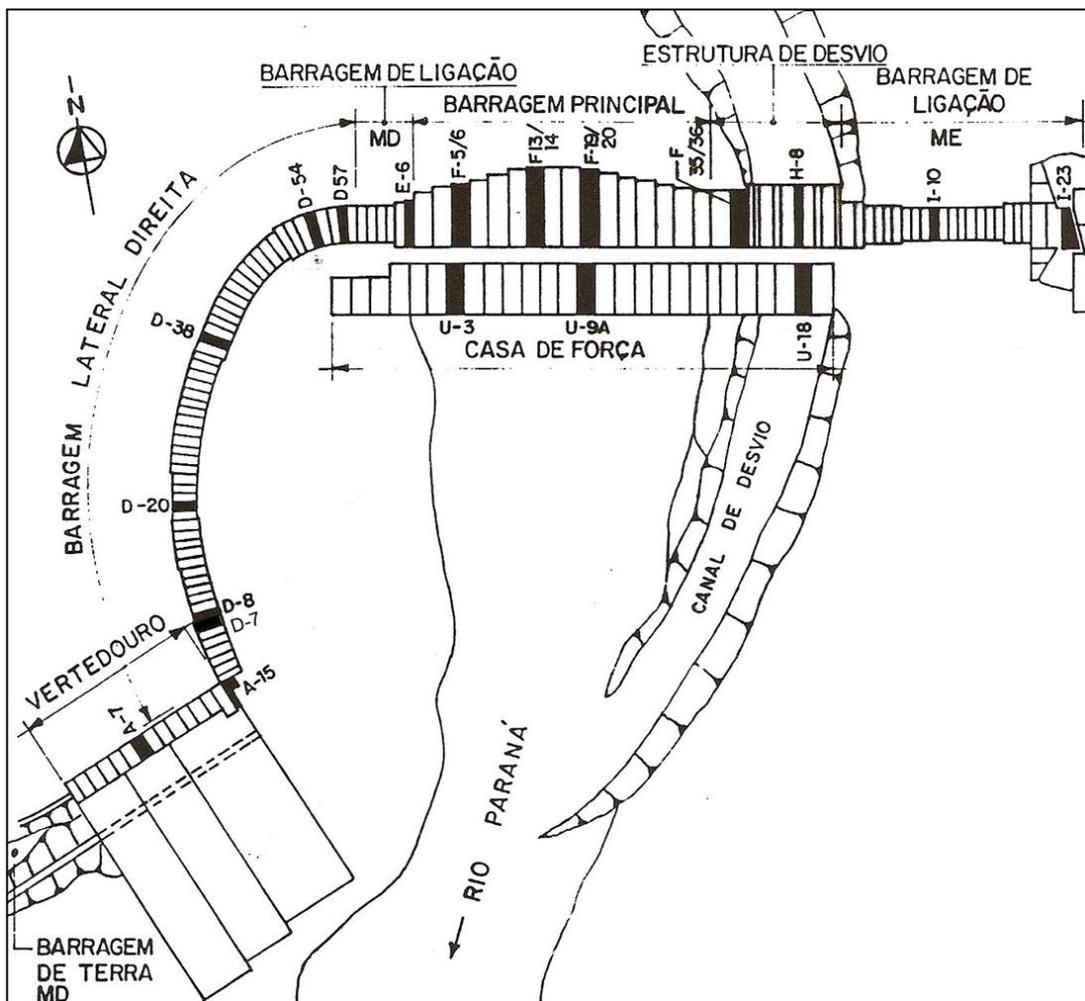
ESTRUTURA	BLOCO	PÊNDULO		BASE DE COORDINÔMETRO	COTA DE LOCALIZAÇÃO	INSTRUMENTO
		DIRETO	INVERTIDO			
Vertedouro Trecho A	A07	PD-A-007		CO-A-01	185,13	Coordinômetro 2 Micrômetro 2
	A15	PD-A-015		CO-A-02	184,15	
Barragem Lateral Direita Trecho D	D07		PI-D-007	CO-D-01	191,62	
	D08	PD-D-008		CO-D-02	192,10	
				CO-D-03	215,44	
	D20	PD-D-020		CO-D-04	185,23	
				CO-D-05	215,48	
	D38		PI-D-038	CO-D-06	175,66	
				CO-D-07	215,40	
D54	PD-D-054		CO-D-08	162,66		
			CO-D-09	215,42		
D57	PD-D-057		CO-D-10	162,64		
			CO-D-11	215,51		
Barragem de Ligação Direita Trecho E	E06	PD-E-006		CO-E-01	215,39	
				CO-E-02	170,46	
				CO-E-03	141,52	
Barragem Principal Trecho F	F05	PD-F-005		CO-F-01	197,95	
				CO-F-02	170,44	
				CO-F-03	145,42	
				CO-F-04	125,34	
				CO-F-05	96,93	
				PI-F-005-1	CO-F-06	96,38
				PI-F-005-2	CO-F-07	96,91
				PI-F-005-3	CO-F-08	96,91

ESTRUTURA	BLOCO	PÊNDULO		BASE DE COORDINÔMETRO	COTA DE LOCALIZAÇÃO	INSTRUMENTO
		DIRETO	INVERTIDO			
	F13	PD-F-013		CO-F-09	197,87	Coordinômetro 1 Micrômetro 1
				CO-F-10	170,27	
				CO-F-11	145,39	
				CO-F-12	125,41	
				CO-F-13	100,41	
				CO-F-14	51,40	
	F14		PI-F-014	CO-F-15	47,62	
	F15		PI-F-015	CO-F-16	41,93	
	F19	PD-F-019		CO-F-17	197,94	
				CO-F-18	170,46	
				CO-F-19	145,45	
				CO-F-20	125,15	
				CO-F-21	100,40	
				CO-F-22	46,63	
			PI-F-019	CO-F-23	46,38	
F35	PD-F-035		CO-F-25	197,93		
			CO-F-26	170,40		
			CO-F-27	45,39		
			CO-F-28	116,36		
Estrutura de Desvio Trecho H	H08		PI-H-008	CO-H-01	68,92	
				CO-H-02	115,67	
				CO-H-03	145,37	
				CO-H-04	170,41	
				CO-H-05	211,17	
Barragem de Ligação Esquerda Trecho I	I10	PD-I-010		CO-I-01	215,42	
				CO-I-02	166,21	
	I23	PD-I-023		CO-I-03	215,40	
				CO-I-04	156,62	

ESTRUTURA	BLOCO	PÊNDULO		BASE DE COORDINÔMETRO	COTA DE LOCALIZAÇÃO	INSTRUMENTO	
		DIRETO	INVERTIDO				
Casa de Força Trecho U	U03	PD-U-003		CO-U-01	61,43	Coordinômetro 3 Micrômetro 3	
				CO-U-02	99,88		
	U9A	PD-U-09A		CO-U-03	61,35		
				CO-U-04	99,90		
	U18			PI-U-018-1	CO-U-05	103,33	Coordinômetro 4 Micrômetro 4
				PI-U-018-2	CO-U-06	99,90	
					CO-U-07	134,56	
TOTAL		15 PDs	11 PIs	59 bases			

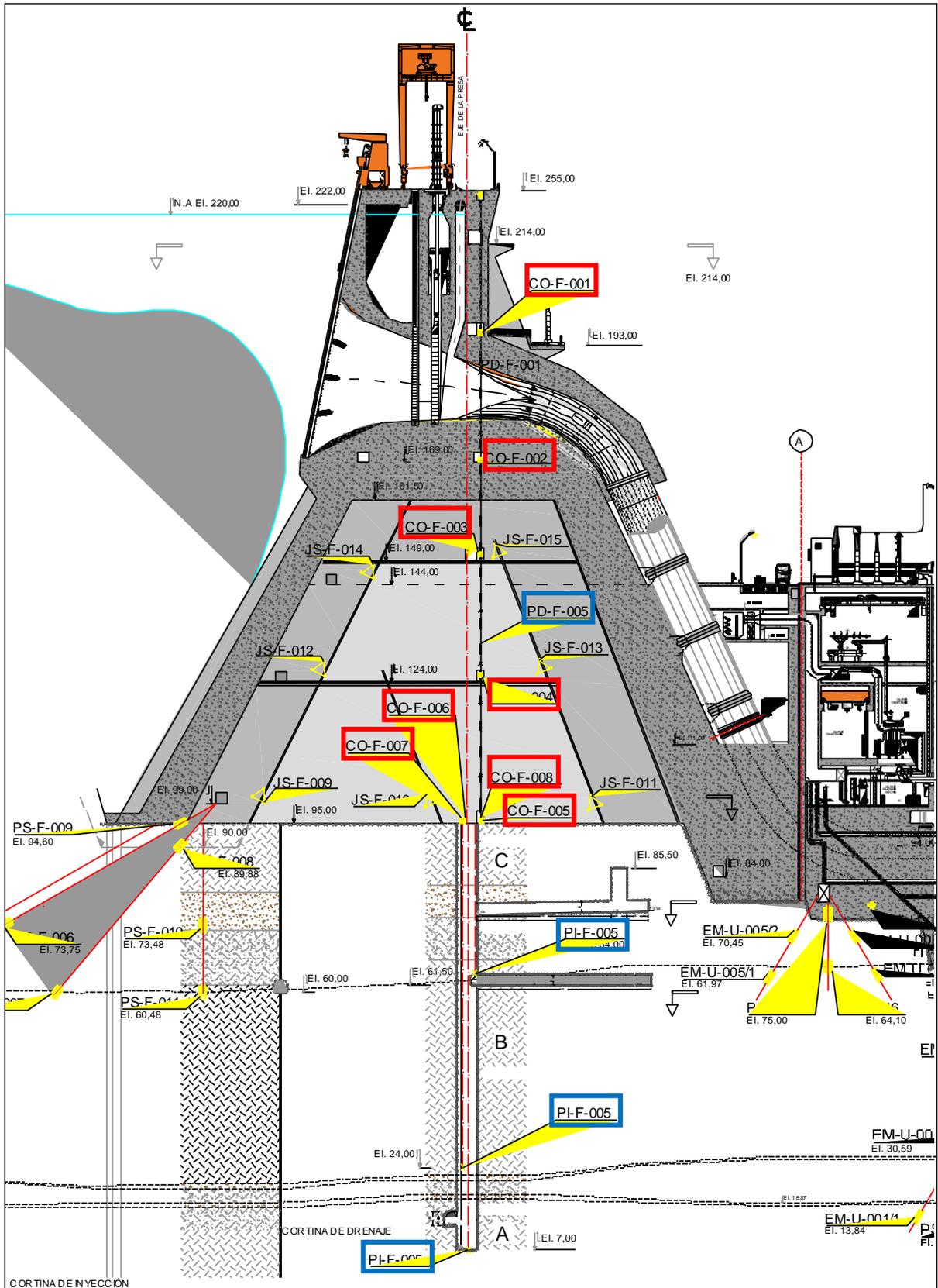
Fonte: Acervo da Itaipu Binacional.

Figura 29 – Planta de localização dos pêndulos na barragem de Itaipu.



Fonte: Acervo da Itaipu Binacional.

Figura 30 – Sección transversal del bloque F-5/6, con la localización dos pêndulos e as bases de leitura.

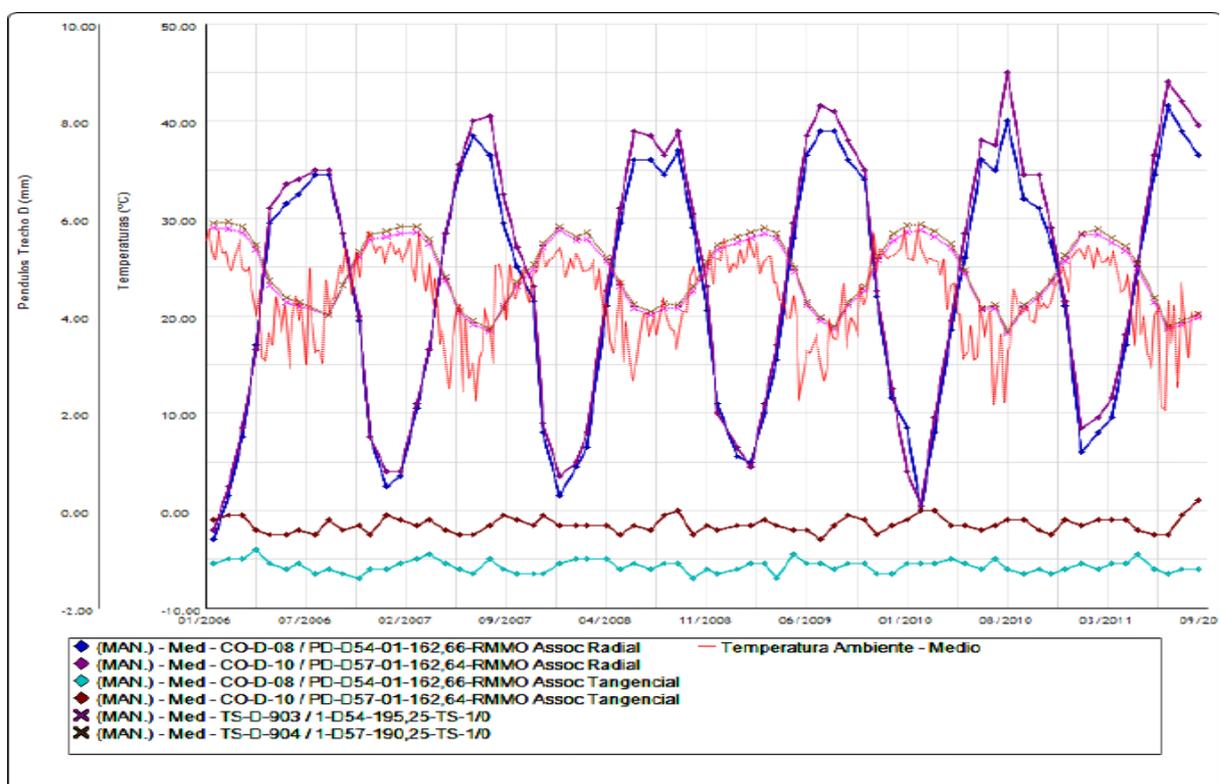


Fonte: Itaipu Binacional (2018c).

2.4.6. Comportamento da barragem de Itaipu detectado pelos pêndulos

A Figura 31 mostra o comportamento típico dos blocos de concreto da barragem de Itaipu. De acordo com o PTI, CEASB (2018) o gráfico apresenta as oscilações através do tempo, dos pêndulos diretos instalados nos blocos D54 e D57, junto com as variações de temperatura do concreto no interior destes blocos, e a temperatura média diária do local do projeto. Percebe-se que, quando a temperatura diminui, o bloco avança para jusante e quando aumenta recua para montante.

Figura 31 – Oscilações de pêndulo direto em função da temperatura.



Fonte: PTI; CEASB (2018, p.200)

2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICO DE DADOS

2.5.1. Estatística - Generalidades

Todo problema de pesquisa parte de uma questão que desejamos responder, e particularmente, na área das Ciências, surgem inúmeras questões, no intuito de avançar no desenvolvimento e bem-estar da sociedade. Nesse sentido, no curso da história, foi necessário desenvolver uma metodologia suficientemente capaz de adaptar-se às necessidades da Ciência, no que se refere à credibilidade dos resultados obtidos através dela. Surgiu então o que se chama de Método Científico, o qual permite a padronização da forma de investigação para que seja

comum e aceita por toda a comunidade científica e geral, outorgando confiabilidade aos resultados e conclusões obtidos.

Existem vários tipos de métodos científicos, entre os quais se destacam o método experimental e o método estatístico. “O **método experimental** consiste em manter constantes todas as causas (fatores), menos uma, e variar esta causa de modo que o pesquisador possa descobrir seus efeitos, caso existam.” (CRESPO, 2002, p. 12). Porém, o método experimental não pode ser aplicado em todos os casos, pois muitas vezes os fatores envolvidos no fenômeno em estudo não podem permanecer constantes. Nesses casos, existe outro método, embora mais difícil e menos preciso: o método estatístico.

O **método estatístico**, diante da impossibilidade de manter as causas constantes, admite todas essas causas presentes variando-as, registrando essas variações e procurando determinar, no resultado final, que influencias cabem a cada uma delas. (CRESPO, 2002, p. 13)

Assim, quando houver variáveis que não podem ser controladas, como é o caso de estudo desta monografia (onde os erros de medição, associados normalmente aos instrumentos de leitura como o coordenômetro e o micrometro), o método estatístico permite estudar os casos e estabelecer, com rigorosidade científica, conclusões úteis e confiáveis.

É obvio que o método estatístico está baseado na Estatística, a qual “é uma parte da Matemática Aplicada que fornece métodos para a coleta, organização, descrição, análise e interpretação de dados e para a utilização dos mesmos na tomada de decisões.” (CRESPO, 2002, p. 13). A Estatística apresenta duas vertentes, que são a Estatística Descritiva, encarregada da coleta, organização e descrição dos dados, e a Estatística Inferencial ou Indutiva, encarregada da análise e a interpretação dos dados.

A Estatística compreende uma variabilidade de conceitos e princípios matemáticos que integram sua estrutura, porém pelo escopo deste trabalho, serão apresentadas somente as envolvidas no estudo que sejam necessárias para o entendimento desta monografia.

2.5.2. Considerações sobre procedimentos de medição com instrumentos

“A execução de uma medição é um procedimento experimental em que o valor de uma grandeza física será apurada por comparação com a grandeza de referência.” (PTI; CEASB, 2018, p. 20).

Procedimentos de medição são executados periodicamente na atividade técnica e científica, incluindo aqueles efetuados no âmbito da segurança de barragens, como no caso da Itaipu, com o propósito de obter valores indicativos do comportamento e condições da

barragem, quando registrados ao longo do tempo e comparados com os valores de referência de projeto. As medições são efetuadas com o auxílio dos instrumentos de medição, os quais apresentam um sistema numérico e uma unidade de base, de acordo com a grandeza a medir.

Todo procedimento de medição acarreta sempre uma incerteza, que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a uma medição, com o qual é impossível conhecer o valor verdadeiro, porém, convencionalmente são considerados e aceitos os valores nominais registrados pelos instrumentos, desde que os valores das incertezas sejam menores dos que são exigidos pelo projeto para a grandeza medida.

Faz parte do procedimento de medição a inclusão de erros, próprios da natureza da atividade. O importante é que esse procedimento seja padronizado, de tal forma que os erros sejam eliminados ou reduzidos a valores aceitáveis, embora nunca poderão ser eliminados completamente. **Não obstante o anterior, quando se trata de comparar dois tipos de instrumentos, a presença desses erros pode mascarar os resultados, induzindo a conclusões erradas sobre que um deles não mede de igual forma do que o outro.** Daí a necessidade de utilizar o método estatístico que nos auxilie na determinação da existência o não de diferenças significativas entre eles, e nos ajude na tomada de decisões.

2.5.3. Algarismos significativos e arredondamento de dados

O trabalho científico muitas vezes é desenvolvido através da realização de experimentos que implicam o uso de instrumentos de medição. Porém, as medições são sempre afetadas por uma incerteza, relacionada com a escala do aparelho de medida (COSTA, 2018). Os números ou valores que resultam de uma mensuração podem ser exatos quando assumem a forma de contagem ou enumeração, em números naturais, de coisas ou unidades indivisíveis (variáveis discretas). Mas existem outras mensurações que se dão numa escala contínua, que pode, teoricamente, ser indefinidamente subdividida (variáveis contínuas) (CRESPO, 2002), as quais são as que apresentam essas incertezas. Assim, “todas as medidas de quantidades que podem assumir um intervalo contínuo de valores (distância, massa, volume, etc.) consistem de duas partes: o valor reportado e a incerteza associada à medição.” (REZENDE, 2014).

Por outra parte, “o termo algarismo significativo refere-se ao número mínimo de algarismos necessários para expressar o valor de uma medida experimental sem perda de exatidão” (REZENDE, 2014). O último algarismo de um resultado é considerado incerto (pois por melhor que seja o sistema de medição, o mesmo sempre terá uma incerteza por conta da resolução limitada do aparelho e os erros acidentais que não podem ser eliminados), porém

ainda é significativo para a medida obtida. Ao efetuar os ensaios experimentais, os valores obtidos devem conter um número adequado de algarismos significativos, através da escolha de um instrumento com resolução adequada, e no caso de efetuar cálculos matemáticos, determinado pelas normas e convenções, com o propósito de diminuir a propagação dos erros. É necessário, então, realizar o arredondamento numérico dos dados, o qual consiste na alteração de um valor numérico por outro aproximadamente equivalente, de acordo com regras específicas. Normalmente

A seguir são apresentadas as regras de arredondamento na numeração decimal:

- a) Quando o algarismo a ser conservado for seguido de algarismo inferior a 5, permanece o algarismo a ser conservado e retiram-se os posteriores.
- b) Quando o algarismo a ser conservado for seguido de algarismo superior a 5, ou igual a 5 seguido de no mínimo um algarismo diferente de zero, soma-se uma unidade ao algarismo a ser conservado e retiram-se os posteriores.
- c) Quando o algarismo a ser conservado for ímpar, seguido de 5 e posteriormente de zeros, soma-se uma unidade ao algarismo a ser conservado e retiram-se os posteriores.
- d) Quando o algarismo a ser conservado for par, seguido de 5 e posteriormente de zeros, permanece o algarismo a ser conservado e retiram-se os posteriores. (ABNT, 2014, p. 1)

As mesmas regras estão estabelecidas na Resolução 886/66 da Fundação IBGE. A razão destas regras prende-se com a necessidade de evitar “que as médias dos valores arredondados venham a apresentar erros sistemáticos num ou noutro sentido.” (COSTA, 2018, p. 6)

Outro ponto a considerar são as operações algébricas com os valores obtidos das medições. Ao efetuar um cálculo, dispomos em geral de valores com números diferentes de algarismos significativos. A seguir, são apresentadas as regras gerais para a apresentação desses resultados:

- a) Numa multiplicação ou divisão o resultado deve ter o mesmo número de algarismos significativos que o termo com menos algarismos significativos.
- b) O número de casas decimais do resultado de uma adição ou subtração é igual ao do termo com menor número de casas decimais.
- c) Em cálculos complicados, para que as diversas aproximações não se reforcem, elevando o erro, os resultados só devem ser arredondados no final dos cálculos. Nos cálculos intermédios, deve ser sempre mantido pelo menos mais um algarismo significativo do que o previsto para o resultado final. (COSTA, 2018, p. 6)

Todas as regras apresentadas foram utilizadas para a realização dos cálculos estatísticos na comparação do coordenômetro e o micrômetro.

2.5.4. Escolha e implementação do teste estatístico

2.5.4.1. Considerações gerais

“A análise estatística dos resultados obtidos em um determinado estudo é uma ferramenta importantíssima na validação desses dados, assim como para a adequada extrapolação dos resultados obtidos para a população estudada.” (NORMANDO, TJÄDERHANE, QUINTÃO, 2010, p. 101). No momento de fazer um estudo científico com o auxílio da Estatística, a primeira questão a resolver é a seguinte: a escolha do método apropriado para a análise estatística, ou melhor, a escolha do teste estatístico. Diferentes autores propõem essencialmente o mesmo roteiro a seguir. O mais importante é definir o objetivo do estudo e o tipo de dados com que contamos.

De acordo com Ferrero (2018a) e também Mello (2016), o procedimento para a escolha do teste estatístico correto e sua aplicação consta das seguintes etapas:

1. Definir o objetivo da análise: basicamente existem dois objetivos principais: **associar ou comparar**. Os dois procuram estabelecer relações (semelhanças ou diferenças) entre os elementos, porém, as comparações avaliam estas relações entre um ou vários grupos.

Para esclarecer ainda mais o objetivo do estudo, é preciso nesta etapa reconhecer o tipo de amostras, as quais poderão ser:

- a) Amostras independentes: se cada observação corresponde a um sujeito ou caso distinto, em outras palavras, quando a amostra selecionada de uma população não é relacionada à amostra selecionada da segunda população.
- b) Amostras relacionadas, ou pareadas: quando temos várias observações do mesmo sujeito ou caso. Por exemplo, medidas feitas na mesma unidade amostral antes e depois da aplicação de alguma técnica ou tratamento.

2. Definir o tipo de dados e seus parâmetros estatísticos: esta etapa pode ser subdividida em várias outras, de acordo com as características que precisam ser definidas:

- a) Definição do tipo de variável: podem ser:
 - i. *Qualitativas ou Categóricas*: consistem em atributos, rótulos ou entradas não numéricas. Apresentam um número limitado de valores ou categorias. Se subdividem em Ordinais, se seguem um nível crescente (ordem) entre as categorias, como o nível de formação acadêmica, e Nominais, se as

categorias não apresentam nenhuma ordem específica, com o gênero (masculino ou feminino).

- ii. *Quantitativas ou Numéricas*: consistem em medidas numéricas ou contagens. Se são representadas por números inteiros, se denominam Variáveis Discretas, como o número de filhos, ou Variáveis Contínuas, se seus possíveis valores podem ser expressos através de números reais e varrem uma escala contínua de medição.
- b) Amostragem: o número de elementos das amostras depende do tempo e recursos disponíveis para sua obtenção e de outros fatores que serão descritos posteriormente. Influi posteriormente na comprovação dos pressupostos e na escolha do teste, razão pela qual deve ser planejada levando em consideração esses assuntos. Os dados podem ser coletados no campo, laboratório, biblioteca ou computador.
- c) Comprovação dos pressupostos clássicos: deve-se comprovar se os dados **cumprem ou não** com os pressupostos dos testes estatísticos clássicos:
- i. *Normalidade*: refere-se à distribuição de probabilidade normal, ou seja, a função de distribuição de probabilidade gaussiana (sino de Gauss).
 - ii. *Homogeneidade de variância*: refere-se à dispersão dos dados, ou em termos da estatística, se as populações envolvidas no estudo apresentam variâncias iguais ou diferentes.
 - iii. *Independência*: as observações de distintos sujeitos são independentes umas das outras, cada sujeito apresenta a mesma probabilidade de ser escolhido, ou em outras palavras, **aleatoriedade** na seleção dos dados da amostra. Não confundir com amostras independentes ou emparelhadas.
 - iv. *Presença de outliers*: os *outliers* são valores atípicos, ou seja, valores pouco comuns que aparecem distantes da maioria dos dados. Esses valores atípicos podem distorcer os resultados e conduzir a conclusões erradas se não forem tratados adequadamente.

A comprovação desses indicadores nos permitirá decidir qual é o tipo de teste que se ajusta a cada caso. Os testes que podem ser aplicados são os testes paramétricos, não paramétricos ou testes robustos.

3. Escolha do teste estatístico propriamente dito: de acordo com as considerações feitas anteriormente. Se os critérios clássicos são satisfeitos, podem-se aplicar testes paramétricos, porém, se eles não fossem satisfeitos, existem 3 caminhos a seguir:

- i. *A transformação dos dados:* quando os dados não seguem uma distribuição normal ou desejamos diminuir sua variabilidade.
- ii. *Utilizar testes no paramétricos:* quando os dados não seguem uma distribuição normal.
- iii. *Utilizar testes robustos:* quando temos dados atípicos.

O Quadro 3 apresenta um resumo dos testes que podem ser aplicados levando em consideração os critérios mencionados anteriormente:

Quadro 3 – Técnicas mais usuais para comparação de populações.

Objetivo	Tipos de Dados e Distribuição de Probabilidade		
	Numéricos – Distribuição Normal	Ordinais ou numéricos – Distribuição não Normal	Nominais binários (2 resultados possíveis)
Comparar 1 grupo com um valor hipotético	Teste t de uma amostra	Teste de Wilcoxon	Teste Qui-quadrado ou Binomial
Comparar 2 grupos independentes	Teste t para 2 amostras independentes	Teste de Mann-Whitney	Teste de Fisher ou Qui-quadrado (para amostras grandes)
Comparar 2 grupos relacionados	Teste t para 2 amostras relacionadas	Teste de Wilcoxon para amostras relacionadas	Teste de McNemar
Comparar 3 ou mais grupos independentes	ANOVA unifatorial	Teste de Krustall-Wallis	Teste Qui-quadrado
Comparar 3 ou mais grupos relacionados	ANOVA de medições repetidas	Teste de Friedman	Teste Q de Cochran
Associar 2 variáveis	Correlação de Pearson	Correlação de Spearman ou Kendall	Coefficiente V de Cramer

Fonte: Adaptado de Ferrero (2018).

No apartado de Anexos pode-se encontrar um diagrama que ilustra melhor os fatores a

considerar na escolha do teste e as opções disponíveis.

4. Definição da hipótese estatística e do nível de significância do teste: de forma mais precisa, de acordo com as práticas mais comuns neste tipo de pesquisa.

5. Rodar o teste escolhido: de acordo com as melhores práticas da ciência, seja manual, seja com o uso de softwares, etc.

6. Analisar e interpretar o resultado do teste: levando em consideração a **potência estatística** da prova, ou seja, o poder do teste para rejeitar uma afirmação falsa e o **tamanho do efeito**, que se refere ao significado real (prático) dos resultados.

7. Elaborar gráficos apropriados: que ajudem na interpretação dos resultados.

8. Elaborar a conclusão do estudo.

2.5.4.2. Testes de hipóteses e significância

De acordo com Larson e Farber (2015) uma **hipótese estatística** é uma afirmação sobre um parâmetro populacional. Para testar essa afirmação, deve-se especificar cuidadosamente um par de hipóteses (uma deve representar a afirmação e outra, seu complemento). Quando uma dessas hipóteses é falsa, a outra deve ser verdadeira.

Por outra parte, Pinheiro et al. (2009) afirma que o procedimento de teste de hipótese permite avaliar a validade (ou não) de uma afirmação sobre uma determinada característica da população, usando para isso os dados de uma amostra retirada dessa população. Deseja-se, através de um experimento envolvendo a coleta de dados, decidir entre duas afirmações mutuamente excludentes: a **Hipótese nula H_0** e a **Hipótese alternativa H_1** . As definições são apresentadas a seguir:

Uma **hipótese nula H_0** é uma hipótese estatística que contém uma afirmação de igualdade, tal como \leq , $=$ ou \geq .

A **hipótese alternativa H_1** é o complemento da hipótese nula. É uma afirmação que é aceita como verdadeira se H_0 for falsa e contém uma declaração de desigualdade estrita, tal como $<$, \neq ou $>$. (LARSON, FARBER, 2015, p. 324)

Com base nos valores observados nas amostras coletadas experimentalmente, pode-se estabelecer um critério de decisão que nos leve a:

Aceitar H_0 ou Rejeitar H_0 (em favor de H_1)

O critério de decisão passa por escolher uma função de densidade de probabilidade **t**, chamada **estatística de teste** e dividir o conjunto dos possíveis valores dessa função em duas

partes chamadas **Região de Aceitação A** e **Região de Rejeição** ou **Região Crítica R**. Assim, conforme o valor de t , calculado a partir dos dados coletados, pertença a A ou pertença a R, aceita-se H_0 ou rejeita-se H_0 . Mas adiante são explicadas com maior detalhe.

Sempre segundo Pinheiro et al. (2009), na tomada de decisão sobre a realidade, com base em informação apenas parcial (a partir da amostragem), há dois tipos de erro de decisão que poderão ser cometidos, e que preferivelmente devem ser evitados:

1 – Erro tipo I: rejeitar H_0 , quando H_0 é verdadeira.

2 – Erro tipo II: aceitar H_0 , quando H_0 é falsa.

A cada erro se tem associada uma probabilidade de ocorrer:

α = Probabilidade de Erro tipo I = Probabilidade de rejeitar H_0 , se H_0 é verdadeira.

β = Probabilidade de Erro tipo II = Probabilidade de aceitar H_0 , se H_0 é falsa.

O Quadro 4 resume as situações descritas:

Quadro 4 – Resultado possíveis na tomada de decisão.

Decisão	Situação Real	
	H_0 é verdadeira	H_0 é falsa
H_0 é aceita	Decisão correta	Erro tipo II
H_0 é rejeitada	Erro tipo I	Decisão correta

Fonte: Pinheiro et al. (2009, p. 215).

Em um teste de hipótese, a probabilidade máxima permitida de cometer um erro do tipo I (α) é chamada **Nível de significância**. Estabelecendo o nível de significância em um valor pequeno, o desejo é que a probabilidade de rejeitar uma hipótese nula verdadeira seja pequena. Os três níveis de significância usuais são $\alpha = 0,10$, $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,01$.

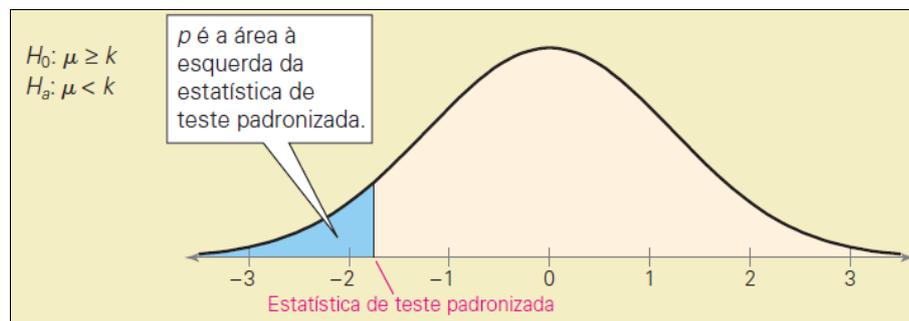
Outro conceito é o de **Nível crítico** ou **p-valor** ou **valor-p**, o qual é o menor valor de α (nível de significância) para o qual, ao usar uma certa metodologia de Teste de Hipótese e trabalhar com os valores observados x_1, x_2, \dots, x_n , no experimento de coleta de dados, ainda rejeitaríamos H_0 (Pinheiro et al., 2009). Outra forma de interpretar esse conceito é o seguinte: quando o valor-p for menor ou igual que o nível de significância, rejeita-se H_0 .

De acordo com Larson e Farber (2015) o valor p de um teste de hipótese depende da natureza do teste, existindo 3 tipos de testes:

- 1- Unilateral à esquerda: se H_1 contém o símbolo “menor que” ($<$).
- 2- Unilateral a direita: se H_1 contém o símbolo “maior que” ($>$).
- 3- Bilateral: se H_1 contém o símbolo “diferente de” (\neq).

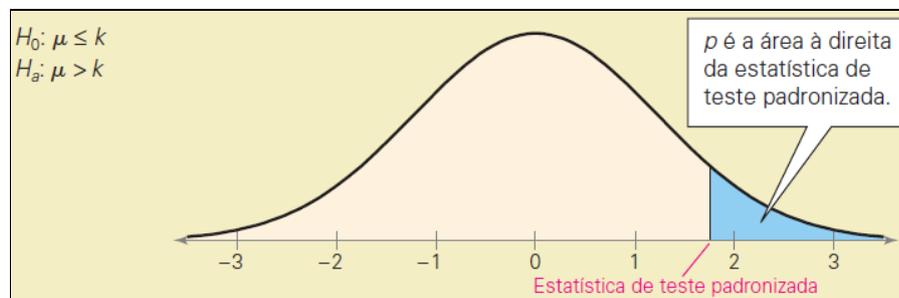
O tipo de teste depende da localização da região da distribuição amostral que favorece a rejeição de H_0 . Essa região é indicada pela hipótese alternativa. As Figuras abaixo ilustram o mencionado.

Figura 32 – Indicação de um teste unilateral à esquerda.



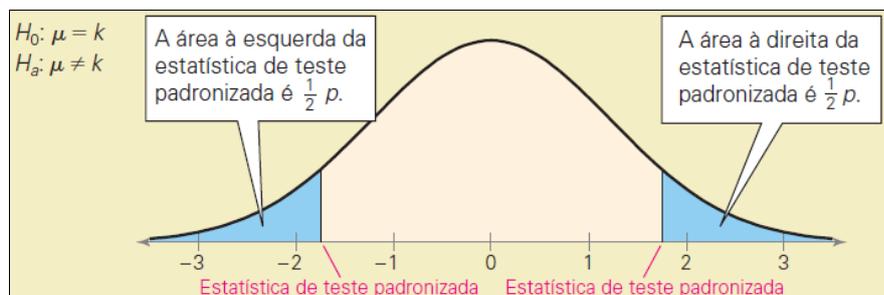
Fonte: Larson e Farber (2015, p. 330)

Figura 33 – Indicação de um teste unilateral à direita.



Fonte: Larson e Farber (2015, p. 330)

Figura 34 – Indicação de um teste bilateral.



Fonte: Larson e Farber (2015, p. 331)

Para a tomada de decisão, a regra baseada no valor p estabelece que devemos comparar o valor p com α :

1. Se $p \leq \alpha$, então rejeite H_0 .
2. Se $p > \alpha$, não rejeite H_0 .

Não rejeitar H_0 não significa que ter aceitado a hipótese nula como verdadeira. Isso significa simplesmente que não há evidência suficiente para rejeitar a hipótese nula

Outro conceito envolvido nos testes de hipóteses é o **Poder do teste** ou **Potência estatística**, cujo valor é $1 - \beta$, e representa “a capacidade de o teste rejeitar corretamente uma hipótese nula falsa, ou seja, a probabilidade de rejeitar a hipótese nula quando a hipótese alternativa for verdadeira.” (PINHEIRO et al., 2009, p. 227) Em termos percentuais, o mínimo aceitado na prática científica é de 80%, para a potência estatística.

O ideal é que ambas as probabilidades de erro, α e β , fossem tão pequenas quanto possível, mas na prática, se o tamanho n da amostra está fixado, não é possível. A diminuição de um deles produz o aumento do outro. A única forma de que ambos diminuam, é aumentar o tamanho n da amostra.

2.5.4.2.1. Teste para a média populacional

Segundo Pinheiro et al. (2009), quando o teste que vai ser realizado envolve a Média Populacional μ da variável de interesse, então na construção do critério de decisão será usada a média amostral \bar{X} . Se a distribuição original dos dados é Normal, ou n é suficientemente grande ($n \geq 30$) de forma a que a distribuição de \bar{X} se aproxime da Normal (Teorema Central do Limite), o roteiro para se construir um teste de hipótese para μ quando o Desvio Padrão σ é conhecido e μ_0 também é conhecido (μ_0 é a média populacional suposta que vai ser comprovada a partir de \bar{X}), é o seguinte:

1. Especificar H_0 e H_1 , usando uma dentre estas três possibilidades:

$$H_0: \mu = \mu_0 \quad \text{vs.} \quad H_1: \mu \neq \mu_0 \quad (\text{teste bilateral}) \text{ ou}$$

$$H_0: \mu \leq \mu_0 \quad \text{vs.} \quad H_1: \mu > \mu_0 \quad (\text{teste unilateral}) \text{ ou}$$

$$H_0: \mu \geq \mu_0 \quad \text{vs.} \quad H_1: \mu < \mu_0 \quad (\text{teste unilateral}).$$

2. Escolher o nível de significância α , igual a 0,01 ou 0,05.

3. Usar como estatística de teste a expressão $Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$, cuja distribuição de probabilidade correspondente a H_0 é normal (com média 0 e variância 1, ou $N(0;1)$)

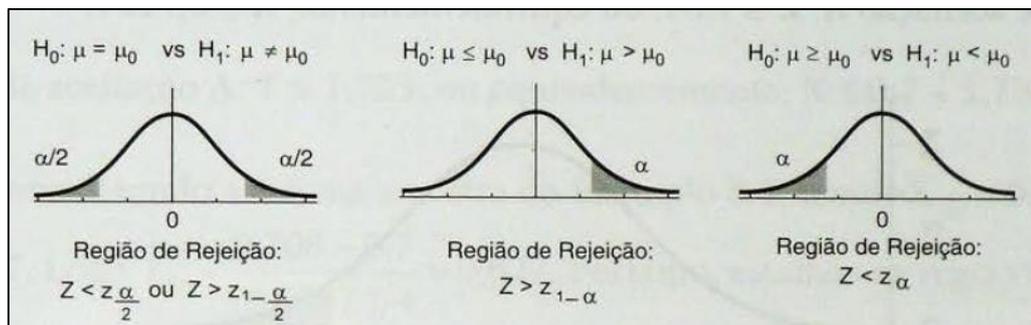
4. Obter a região de rejeição R (ou seja, o conjunto de valores de Z que nos levarão a rejeitar H_0), levando em conta:
 - a) A especificação das hipóteses.
 - b) O nível de significância α escolhido.
 - c) A distribuição de Z é $N(0;1)$.

“Uma **região de rejeição** (ou **região crítica**) da distribuição amostral é um intervalo de valores para o qual a hipótese nula não é provável. Se uma estatística de teste padronizada cai nessa região, então a hipótese nula é rejeitada. Um **valor crítico** z_0 separa a região de rejeição da região de não rejeição.” (LARSON, FARBER, 2015, p. 344)

5. Coletar dos dados da amostra (x_1, x_2, \dots, x_n), calcular valor de Z e decidir pela rejeição ou pela aceitação de H_0 , conforme o critério especificado.

A Figura 32 mostra as respectivas regiões de rejeição para cada uma das três possibilidades mencionadas.

Figura 35 – Teste da média – regiões de rejeição e de aceitação.



Fonte: Pinheiro et al. (2009, p. 221)

Uma observação importante é que se o desvio padrão populacional não fosse conhecido, uma alternativa possível seria trabalharmos com o desvio padrão amostral (estimado a partir dos dados) em seu lugar. Nesse caso, a estatística de teste seria uma **distribuição t de Student** com $(n - 1)$ graus de liberdade, descrito na seção 2.5.4.4, e que foi utilizado para a comparação do micrômetro com o coordenômetro.

2.5.4.3. Teste t de Student para amostras emparelhadas

O objetivo deste trabalho de pesquisa é determinar se existem diferenças significativas entre as medições feitas usando o micrômetro e o coordenômetro, e portanto, se é possível substituir um por outro. Assim, temos medições dos mesmos pêndulos e nas mesmas bases de leitura, com cada aparelho de leitura. As leituras assim feitas são apresentadas, então, em pares

de dados, com o qual, as amostras são dependentes, pareadas ou emparelhadas, ou seja, correspondentes a duas observações para cada caso.

De acordo com Pinheiro et. al (2009) e Larson e Farber (2015) para realizar um teste de hipótese usando duas amostras dependentes, primeiramente devemos calcular a diferença d entre os elementos de cada par de dados:

$$d = (\text{valor do dado na primeira amostra}) - (\text{correspondente valor do dado na segunda amostra})$$

A estatística de teste é a média \bar{d} dessas diferenças:

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$$

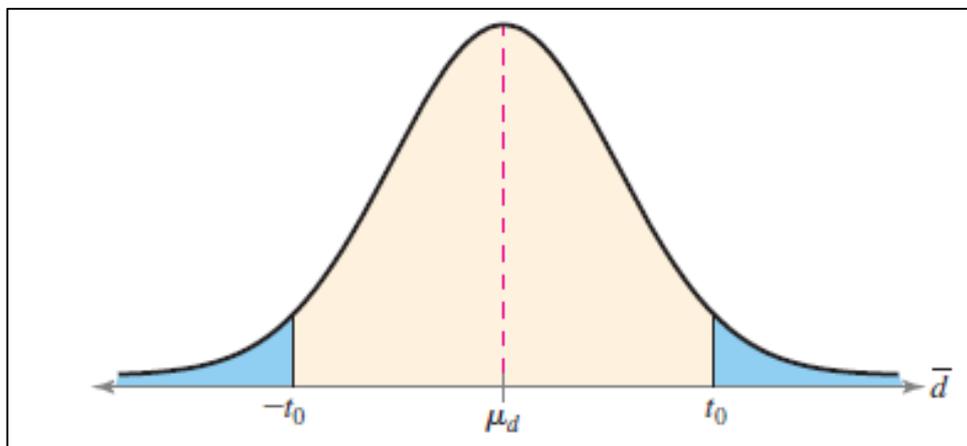
onde n é o número de pares de dados.

São necessárias as seguintes condições para conduzir o teste:

1. As amostras são selecionadas aleatoriamente.
2. As amostras são dependentes (emparelhadas).
3. As populações são normalmente distribuídas ou o número n de pares de dados é pelo menos 30.

Quando essas condições são satisfeitas, a distribuição amostral para \bar{d} , a média das diferença dos valores dos dados emparelhados nas amostras dependentes, é aproximada por uma distribuição t de Student, com $n - 1$ graus de liberdade, em que n é o número de pares de dados. A Figura abaixo amostra a distribuição de \bar{d} para um teste bilateral.

Figura 36 – Distribuição de \bar{d} e valores críticos na escala t , para um teste bilateral.



Fonte: Larson e Farber (2015, p. 410)

O desvio padrão das diferenças entre os valores dos dados emparelhados é:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(d - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

A distribuição t de Student para dados emparelhados da amostra, permite testar a afirmação sobre a média das diferenças para uma população de dados emparelhados (Larson e Farber, 2015, p. 411), generalizando os dados obtidos na amostra para a população.

A estatística de teste padronizada a ser usada é a seguinte:

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{s_d/\sqrt{n}}$$

onde μ_d é a média hipotética das diferenças de dados emparelhados na população.

O roteiro para aplicação deste teste de hipótese é o seguinte:

1. Verificar se as amostras são aleatórias e dependentes e as populações são normalmente distribuídas ou $n \geq 30$. Verificar também a presença de *outliers*.
2. Expressar a afirmação verbal e matematicamente. Identificar H_0 e H_1 .
3. Especificar o nível de significância: α .
4. Determinar os graus de liberdade (g.l.): $n - 1$.
5. Determinar os valores críticos t_0 , com α e gl (através das tabelas adequadas).
6. Determinar as regiões de rejeição.
7. Calcular \bar{d} e S_d .
8. Calcular a estatística de teste padronizada t .
9. Tomar uma decisão para rejeitar ou não rejeitar H_0 .
10. Interpretar a decisão no contexto da afirmação original (considerando o tamanho do efeito, a potência estatística, e elaborando gráficos).
11. Elaborar a conclusão baseado nos resultados.

As observações pareadas são utilizadas em situações em que a unidade amostral é o seu próprio controle, **diminuindo assim o efeito de variações individuais**.

Para qualificar melhor a dispersão de uma distribuição de probabilidade pode-se considerar o Coeficiente de Variação. Segundo Crespo (2002), um desvio padrão de 2 unidades pode ser considerado pequeno para uma série de valores cuja média seja 200; no entanto, se a média for 20, o mesmo não pode ser dito. A variabilidade dos dados pode ser caracterizada em relação a sua média, com a fórmula do **Coeficiente de Variação (CV)**:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

onde s é do desvio padrão dos dados e \bar{x} é sua média.

2.5.4.4. Determinação do tamanho das amostras

De acordo com García et. al (2013), os fatores que condicionam o tamanho da amostra, podem ser do tipo logístico ou estatístico. Entre os do tipo logístico se encontram as limitantes financeiras ou disponibilidade de acesso aos dados. Os fatores estatísticos são: hipóteses, erro tipo I, erro tipo II, poder do teste ou potência estatística, e principalmente o tamanho do efeito e significância estatística, entre outros.

Ao calcular o tamanho da amostra existem várias propostas, entre as que se encontram fórmulas matemáticas que consideram simultaneamente os sete fatores, porém para a maioria deles já existem valores aceitados por convenção, após anos de estudos, como são os erros tipo I e II ou a potência estatística, com o qual os fatores de variabilidade e o tamanho do efeito são os que precisam de mais análises para determinar. (GARCÍA et. al, 2013)

O **tamanho do efeito** refere-se ao significado prático dos resultados da pesquisa. Em outras palavras, refere-se à grandeza das diferenças encontradas no estudo. Uma diferença de 0,5 segundo entre os tempos médios de processamento de um computador e outro, pode ser estatisticamente significativa, mas considerando os efeitos práticos, não representa um ganho de tempo. O tamanho do efeito é relevante para o cálculo do tamanho da amostra porque se as diferenças fossem grandes, precisaríamos poucos elementos para detectá-las, mas quando as diferenças fossem pequenas, precisaríamos de muitos elementos.

No processo experimental, podemos ter definido a quantidade de elementos das amostras, com o qual, só fica comprovar se os resultados encontrados são significativos, ou, determinar o tamanho das amostras a partir das fórmulas matemáticas mencionadas ou com o auxílio de tabelas disponíveis nas bibliografias especializadas, ou ainda, através de estudos mais aprofundados, além da opinião de expertos nas diferentes áreas das ciências.

Em testes estatísticos interessa tanto o tamanho das amostras, quanto sua aleatoriedade.

2.5.5. Determinação do offset

Como foi mencionado na secção 2.4.4.3, no sistema SGM foram inseridas as fórmulas correspondentes aos micrômetros, para que o sistema realize a conversão automática dos dados adquiridos em campo. Para possibilitar que o histórico dos deslocamentos dos pêndulos, seja mantido na apresentação dos resultados nos gráficos, foi criado um offset para cada um dos pontos de monitoramento. Esses offsets foram determinados como a diferença entre os dois métodos de leitura na primeira campanha de coleta simultânea no campo. Porém, com o passar do tempo, observou-se que em alguns casos ocorreu uma diferença maior entre os dois métodos, como pode ser observado na Figura 28.

Visando diminuir as diferenças citadas acima, foi sugerido utilizar como valor de offset, uma média entre as diferenças dos dois métodos, calculadas para cada base de leitura, a partir dos dados coletados no período em que foram realizadas as leituras simultâneas. Os resultados são apresentados no Capítulo 4.

3. CAPÍTULO II – METODOLOGIA

3.1. TIPO DE PESQUISA E ETAPAS DA METODOLOGIA

Para o estudo comparativo entre ambos equipamentos de leitura, foi executada uma pesquisa do tipo Quantitativa – Analítica, cujo procedimento, aplicado de forma sistemática e organizada, compreendeu as seguintes atividades:

- 1 – Investigação bibliográfica com relação a instrumentação e segurança de barragens, com ênfases nos pêndulos utilizados em Itaipu, para o monitoramento dos deslocamentos e deformações da barragem de concreto, além de pesquisa relativa à Análise Estatística de conjuntos de dados. É uma revisão aprofundada da bibliografia técnica correspondente, além de procura de informação em fontes tipo sites de Internet, banco de dados de Itaipu, entre outros.
- 2 – Coleta de dados de leituras dos pêndulos diretos e invertidos, a partir do banco de dados da Itaipu Binacional.
- 3 – Análise dos dados coletados com base nas teorias da Estatística Descritiva e Estatística Inferencial.
- 4 – Expressão dos resultados e conclusões derivados das análises efetuadas, além de recomendações para futuras linhas de pesquisa.

3.2. POPULAÇÃO

A população objeto do estudo está conformada por todas as medições que podem ser efetuadas com ambos equipamentos nas bases de leitura dos pêndulos instalados na Itaipu Binacional, e a partir da qual são coletadas amostras representativas para determinar seus parâmetros e extrapolar os resultados a essa população.

3.3. TIPO E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Na Itaipu Binacional, a organização do trabalho de monitoramento dos deslocamentos com os pêndulos é a seguinte: existem 59 bases de leitura para todos os pêndulos da barragem (ver Quadro 2), correspondentes aos coordenômetros, e que foram adaptados para fazer leituras também com os micrômetros. Essas bases são agrupadas em 4 grupos, de acordo com um roteiro definido para as equipes técnicas de leituristas. A cada grupo de bases corresponde um par de instrumentos: um coordenômetro e um micrômetro. Desta forma, existem 4 pares de instrumentos a comparar:

- 1 – Coordenômetro 1 e micrômetro 1: Grupo 1.
- 2 – Coordenômetro 2 e micrômetro 2: Grupo 2.
- 3 – Coordenômetro 3 e micrômetro 3: Grupo 3.
- 4 – Coordenômetro 4 e micrômetro 4: Grupo 4.

Se realizaram leituras de todos os pêndulos com ambos tipos de instrumentos, durante um pouco mais de um ano, nas mesmas bases de leitura e simultaneamente em cada campanha. As medições foram executadas mensalmente, de acordo com o padrão estabelecido na Itaipu. Além disso, cada par de leituras foi realizada pelo mesmo técnico, variando somente de acordo com a programação mensal. O procedimento de leitura é padronizado de acordo com as normas técnicas de Itaipu, diminuindo a afetação de variáveis não controláveis. Assim feito, o experimento ficou completamente aleatorizado.

Os dados brutos coletados foram inseridos no Sistema SGM, onde a partir das fórmulas carregadas foram calculados os valores dos deslocamentos para cada pêndulo, com cada um dos equipamentos. Posteriormente, esses valores foram obtidos do banco de dados do sistema para a execução das análises e aplicação dos testes estatísticos.

3.4. MÉTODO DE ANÁLISE E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

A análise estatística dos dados e a determinação da confiabilidade do novo equipamento

de leitura, requer o planejamento do processo experimental, de acordo com a teoria da Análise Estatística. A escolha e implementação do teste estatístico, tal como foi descrito na secção 2.5.4, corresponde ao teste t de Student para amostras emparelhadas e a expressão dos resultados corresponde aos critérios estabelecidos pelo método científico para análises estatísticas.

4. CAPÍTULO III – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS

As etapas da análise estatística são as seguintes:

1) Definição do objetivo da análise:

- a) Objetivo: Comparação de duas populações de medições (medições feitas com coordenômetro e medições feitas com micrômetro).
- b) Tipo de amostras: emparelhadas ou relacionadas, pois existem duas medições em cada base de leitura, uma com o coordenômetro e outra com o micrômetro.

2) Definição do tipo de dados e seus parâmetros:

- a) Definição do tipo de variável: numéricas, tipo variáveis contínuas.
- b) Amostragem: tal como foi descrito na secção 3.3. Por tanto, o número de elementos das amostras estava predefinido, de acordo com decisões técnicas de Itaipu.
- c) Comprovação dos pressupostos clássicos:
 - i. *Normalidade*: verificado. A quantidade de dados das amostras é superior a 30, satisfazendo a condição do Teorema Central do Limite, tendo sua distribuição muito próxima à Normal. Pode ser verificado nos histogramas apresentados mas adiante.
 - ii. *Homogeneidade de variância*: verificado. Devido a que são as mesmas unidades amostrais, ou seja, leituras feitas nas mesmas bases de leituras, nos mesmos pêndulos, nas mesmas condições ambientais; é uma condição própria das amostras emparelhadas.
 - iii. *Independência*: verificado. As amostras são aleatórias e cada par de dados é independente dos outros pares.
 - iv. *Presença de outliers*: verificado. Pode-se observar nas tabelas de dados nos Anexos.

3) Escolha do teste:

E razoável supor que devido as condições ambientais no momento da realização das leituras (temperatura ambiente de acordo com a época do ano, manuseio do aparelho pelo leitorista, etc.), se apresentem diferenças nas leituras, aumentando os erros por causas não controláveis. Se existe alguma diferença significativa entre os instrumentos, ela poderia resultar mascarada por esses erros. Para salvar esse inconveniente pode-se trabalhar então, com a diferença das leituras dos dois equipamentos, de acordo com a teoria da Estatística. A técnica escolhida é: **Teste t de Student para duas amostras emparelhadas**. O Quadro 5 apresenta a opção escolhida entre as técnicas mais usuais.

Quadro 5 – Opções de testes estatísticos.

Objetivo	Tipos de Dados e Distribuição de Probabilidade		
	Numéricos – Distribuição Normal	Ordinais ou numéricos – Distribuição não Normal	Nominais binários (2 resultados possíveis)
Comparar 1 grupo com um valor hipotético	Teste t de uma amostra	Teste de Wilcoxon	Teste Qui-quadrado ou Binomial
Comparar 2 grupos independentes	Teste t para 2 amostras independentes	Teste de Mann-Whitney	Teste de Fisher ou Qui-quadrado (para amostras grandes)
Comparar 2 grupos relacionados	Teste t para 2 amostras relacionadas	Teste de Wilcoxon para amostras relacionadas	Teste de McNemar
Comparar 3 ou mais grupos independentes	ANOVA unifatorial	Teste de Krustall-Wallis	Teste Qui-quadrado
Comparar 3 ou mais grupos relacionados	ANOVA de medições repetidas	Teste de Friedman	Teste Q de Cochran
Associar 2 variáveis	Correlação de Pearson	Correlação de Spearman ou Kendall	Coefficiente V de Cramer

Fonte: Adaptado de Ferrero (2018).

4) Implementação do teste:

Inclui as seguintes atividades:

a) Definir as hipóteses:

Hipótese nula: $H_0: \mu_d = 0$, a média das diferenças entre as duas populações de medições é igual a zero, ou, não existem diferenças significativas entre as medições efetuadas com ambos equipamentos (para cada um dos 4 grupos de aparelhos de leitura).

Hipótese alternativa: $H_1: \mu_d \neq 0$, existem diferenças significativas entre as medições efetuadas com ambos equipamentos (para cada um dos 4 grupos de aparelhos de leitura).

Assim definido, o teste é **bilateral**.

b) Especificar o nível de significância (α):

Nível de significância $\alpha = 0,05$, equivalente ao nível de confiança de 95%.

c) Determinar os graus de liberdade:

Graus de liberdade (g.l.): $n - 1$

n é a quantidade de pares de dados.

Tabela 1 – Graus de liberdade para cada grupo de equipamentos.

	n	g.l.
GRUPO 1	360	359
GRUPO 2	344	343
GRUPO 3	402	401
GRUPO 4	446	445

Fonte: O autor (2018).

d) Determinar os valores críticos t_0 :

Os valores críticos podem ser determinados usando tabelas que podem ser encontradas nas bibliografias relacionadas, ou ainda, com o uso de softwares como Excel, ou outros. Se não tiver os graus de liberdade na tabela, pode-se interpolar, tomando os cuidados necessários. Nos Anexos se encontra uma tabela de valores críticos para a distribuição t de Student, para vários graus de liberdade e vários níveis de significância.

Tabela 2 – Valores críticos t_0 para cada grupo de equipamentos.

	t_0	$-t_0$
GRUPO 1	1,9666	-1,9666
GRUPO 2	1,9669	-1,9669
GRUPO 3	1,9659	-1,9659
GRUPO 4	1,9653	-1,9653

Fonte: O autor (2018).

e) Determinar as regiões de rejeição:

As regiões de rejeição da H_0 , para cada grupo são:

Tabela 3 – Regiões de rejeição para cada grupo de equipamentos.

	Região de Rejeição	
GRUPO 1	$t < -1,9666$	e $t > 1,9666$
GRUPO 2	$t < -1,9669$	e $t > 1,9669$
GRUPO 3	$t < -1,9659$	e $t > 1,9659$
GRUPO 4	$t < -1,9653$	e $t > 1,9653$

Fonte: O autor (2018).

f) Calcular \bar{d} e S_d :

\bar{d} é a média das diferenças de todos os pares de dados, para cada grupo.

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$$

S_d é o desvio padrão das diferenças de todos os pares de dados, para cada grupo.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

Os valores obtidos são:

Tabela 4 – Média e desvio padrão, para cada grupo de equipamentos.

	\bar{d} (mm)	S_d (mm)
GRUPO 1	-0,0083	0,2133
GRUPO 2	0,0032	0,2006
GRUPO 3	0,0055	0,3156
GRUPO 4	0,0732	0,2913

Fonte: O autor (2018).

No Apêndice podem-se encontrar as tabelas com os cálculos das diferenças para cada grupo de instrumentos.

g) Calcular a estatística de teste padronizada t :

A estatística de teste padronizada t é dada pela seguinte fórmula:

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{s_d/\sqrt{n}}$$

Os valores obtidos são:

Tabela 5 – Estatística de teste padronizada t .

	t
GRUPO 1	-0,7378
GRUPO 2	0,2945
GRUPO 3	0,3475
GRUPO 4	5,3092

Fonte: O autor (2018).

h) Tomar uma decisão com relação a H_0 :

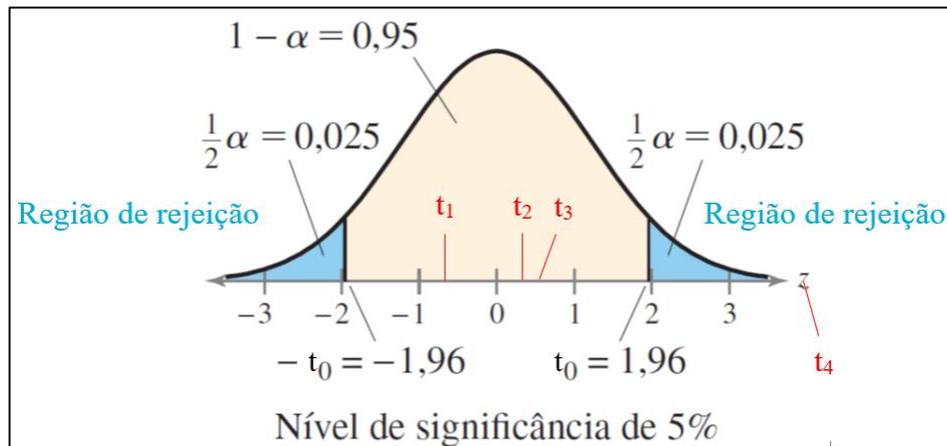
Para tomar uma decisão, precisamos determinar a localização da estatística de teste t com relação às regiões de rejeição. A tabela abaixo amostra as análises correspondentes.

Tabela 6 – Localização da estatística de teste padronizada t .

	Localização de t	Descrição
GRUPO 1	$-1,9666 < t_1 = -0,7378 < 1,9666$	t_1 está fora das regiões de rejeição.
GRUPO 2	$-1,9669 < t_2 = 0,2945 < 1,9669$	t_2 está fora das regiões de rejeição.
GRUPO 3	$-1,9659 < t_3 = 0,3475 < 1,9659$	t_3 está fora das regiões de rejeição.
GRUPO 4	$-1,9653 < t < 1,9653 < t_4 = 5,3092$	t_4 está dentro das regiões de rejeição.

Fonte: O autor (2018).

Figura 37 – Localização da estatística de teste padronizada t .



Fonte: O autor (2018)

Quadro 6 – Decisões com relação a H_0 .

	Decisão
GRUPO 1	A hipótese nula H_0 não deve ser rejeitada.
GRUPO 2	A hipótese nula H_0 não deve ser rejeitada.
GRUPO 3	A hipótese nula H_0 não deve ser rejeitada.
GRUPO 4	A hipótese nula H_0 deve ser rejeitada.

Fonte: O autor (2018).

i) Interpretar a decisão tomada e elaborar conclusões:

Uma interpretação dos resultados, considerando seu significado prático (real), é apresentada no Quadro 7:

Quadro 7 – Interpretação dos resultados e conclusões para cada grupo de equipamentos.

	Interpretações e conclusões
GRUPO 1	Há evidência suficiente, ao nível de significância de 5%, para concluir que não existem diferenças significativas entre as medições efetuadas com o coordenômetro 1 e o micrômetro 1.
GRUPO 2	Há evidência suficiente, ao nível de significância de 5%, para concluir que não existem diferenças significativas entre as medições efetuadas com o coordenômetro 2 e o micrômetro 2.

	Interpretações e conclusões
GRUPO 3	Há evidência suficiente, ao nível de significância de 5%, para concluir que não existem diferenças significativas entre as medições efetuadas com o coordenômetro 3 e o micrômetro 3.
GRUPO 4	Não há evidência suficiente, ao nível de significância de 5%, para concluir que não existem diferenças significativas entre as medições efetuadas com o coordenômetro 4 e o micrômetro 4. Em outras palavras, existem diferenças estatisticamente significativas entre ambos equipamentos. Porém, analisando os resultados, observou-se que a média das diferenças é igual a 0,0732 mm (na ordem de centésimos de mm), muito menor que a precisão requerida pelo projeto (precisão na leitura dos pêndulos de 0,2 mm, na ordem de décimos de mm), com o qual, considerando o tamanho do efeito, essa diferença não é relevante em termos da precisão requerida nas medições.

Fonte: O autor (2018).

Nas Figuras a seguir são apresentados os histogramas correspondentes às diferenças de leituras para cada grupo, com suas tabelas de distribuição de frequências. Pode-se observar a forma da distribuição dos dados, próximas à distribuição normal.

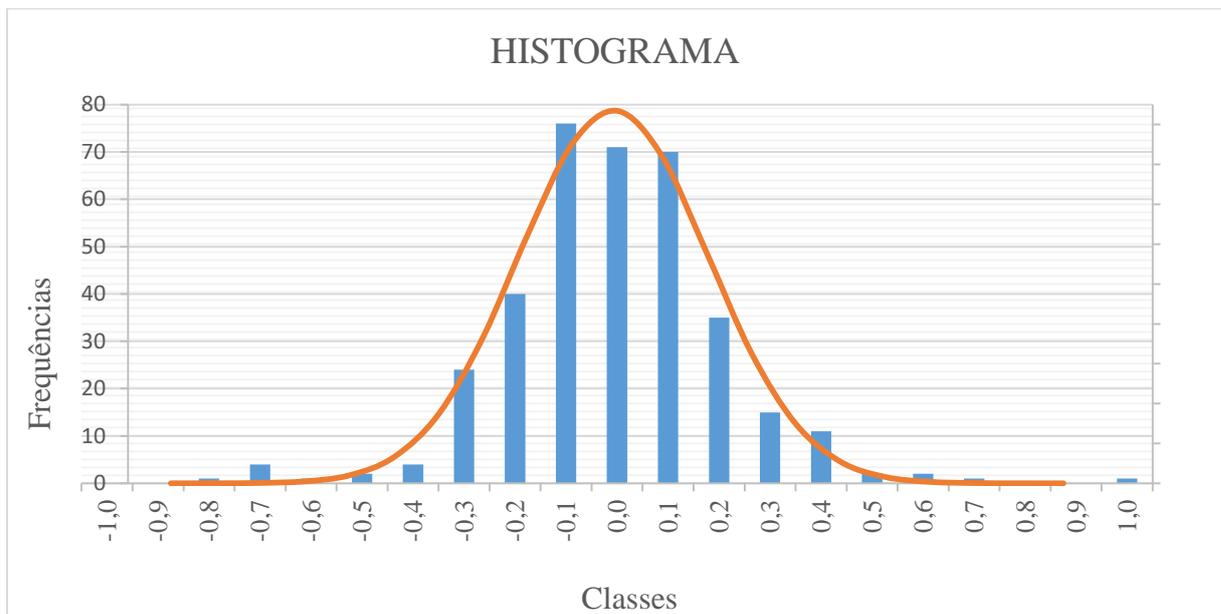
Tabela 7 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 1.

<i>Classe (diferenças arredondadas)</i>	<i>Frequências</i>
-1,0	0
-0,9	0
-0,8	1
-0,7	4
-0,6	1
-0,5	2
-0,4	4
-0,3	24
-0,2	40
-0,1	76
0,0	71
0,1	70
0,2	35
0,3	15
0,4	11
0,5	2
0,6	2

<i>Classe (diferenças arredondadas)</i>	<i>Frequências</i>
0,7	1
0,8	0
0,9	0
1,0	1

Fonte: O autor (2018).

Figura 38 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 1.



Fonte: O autor (2018).

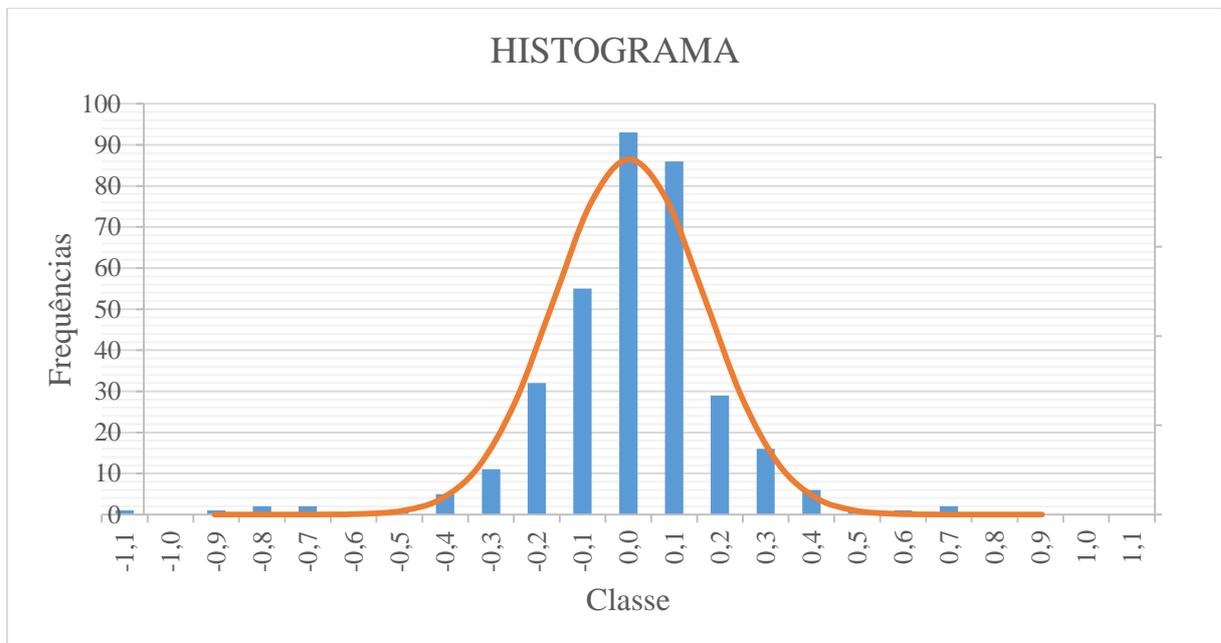
Tabela 8 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 2.

<i>Classe (mm) (diferenças arredondadas)</i>	<i>Frequências</i>
-1,1	1
-1,0	0
-0,9	1
-0,8	2
-0,7	2
-0,6	0
-0,5	1
-0,4	5
-0,3	11
-0,2	32
-0,1	55
0,0	93
0,1	86
0,2	29

<i>Classe (mm)</i> <i>(diferenças arredondadas)</i>	<i>Frequências</i>
0,3	16
0,4	6
0,5	1
0,6	1
0,7	2
0,8	0
0,9	0
1,0	0
1,1	0

Fonte: O autor (2018).

Figura 39 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 2.



Fonte: O autor (2018).

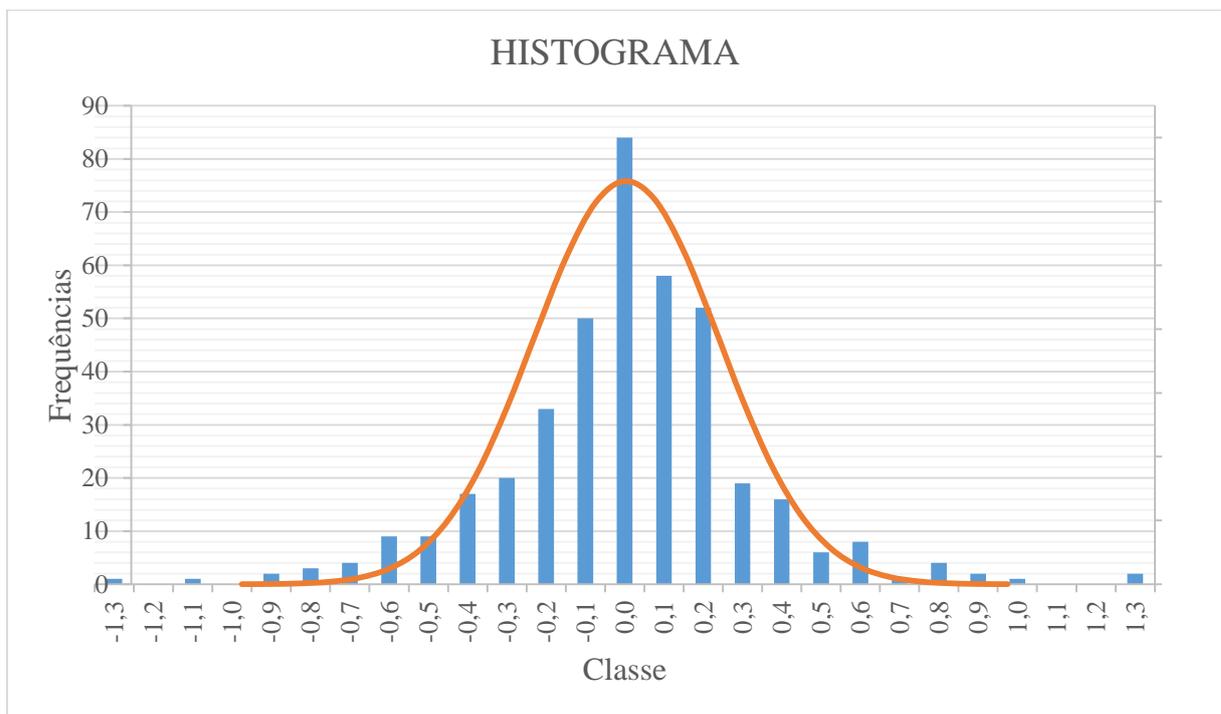
Tabela 9 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 3.

<i>Classe (mm)</i> <i>(diferenças arredondadas)</i>	<i>Frequências</i>
-1,3	1
-1,2	0
-1,1	1
-1,0	0
-0,9	2
-0,8	3
-0,7	4

<i>Classe (mm)</i> <i>(diferenças arredondadas)</i>	<i>Frequências</i>
-0,6	9
-0,5	9
-0,4	17
-0,3	20
-0,2	33
-0,1	50
0,0	84
0,1	58
0,2	52
0,3	19
0,4	16
0,5	6
0,6	8
0,7	1
0,8	4
0,9	2
1,0	1
1,1	0
1,2	0
1,3	2

Fonte: O autor (2018).

Figura 40 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 3.

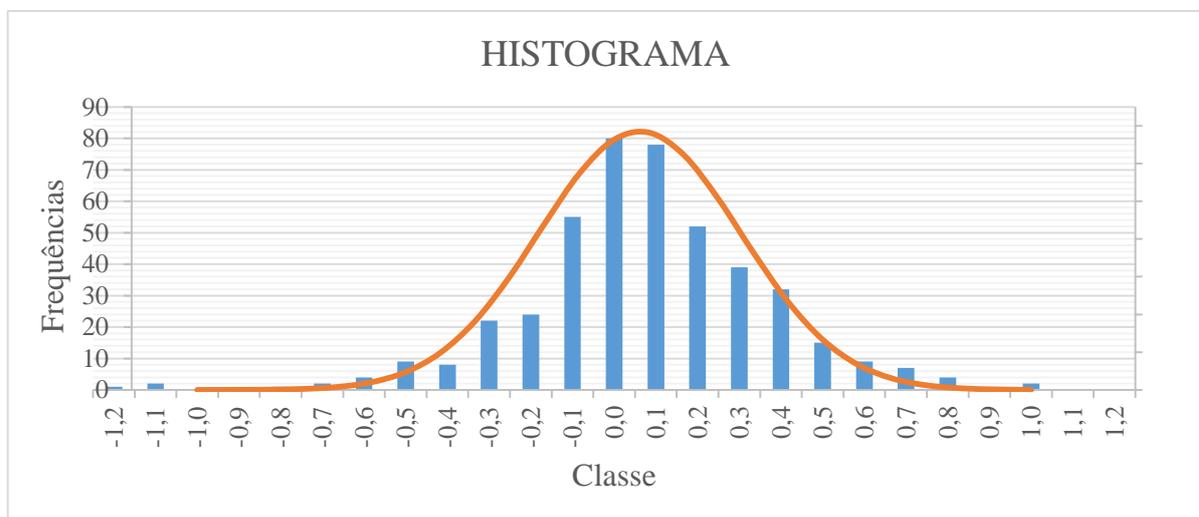


Fonte: O autor (2018).

Tabela 10 – Distribuição de frequências das diferenças de leituras - Grupo 4.

<i>Classe (mm)</i> <i>(diferenças arredondadas)</i>	<i>Frequências</i>
-1,2	1
-1,1	2
-1,0	0
-0,9	0
-0,8	1
-0,7	2
-0,6	4
-0,5	9
-0,4	8
-0,3	22
-0,2	24
-0,1	55
0,0	80
0,1	78
0,2	52
0,3	39
0,4	32
0,5	15
0,6	9
0,7	7
0,8	4
0,9	0
1,0	2
1,1	0
1,2	0

Fonte: O autor (2018).

Figura 41 – Histograma das diferenças de leituras - Grupo 4.

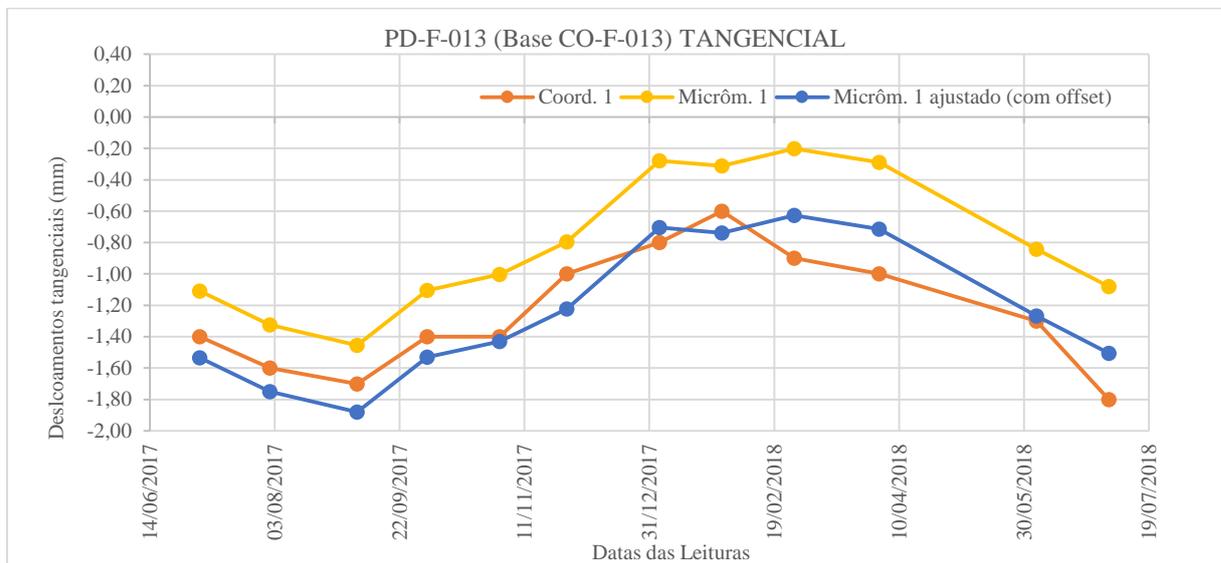
Fonte: O autor (2018).

5) Determinação do offset:

Os valores de offset propostos foram calculados assim como foi descrito na secção 2.5.5, ou seja, foi calculada a média das diferenças para cada base de coordenômetro, e para as duas direções de leitura. Os resultados são apresentados nas tabelas mostradas abaixo.

Entretanto, no Apêndice são apresentados os gráficos dos deslocamentos medidos com o coordenômetro e o micrômetro. Pode-se observar a diferença entre as linhas correspondentes a ambos equipamentos, e também a linha correspondente ao micrômetro ajustado com os valores de offset, muito mais próxima da linha do coordenômetro. Como exemplo é apresentado o gráfico a seguir.

Figura 42 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-013, tangencial.



Fonte: O autor (2018).

Tabela 11 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 1, de acordo com as bases de coordenômetro.

Base de Coordenômetro	Direção	
	Radial	Tangencial
CO-F-009	-0,1765	0,0628
CO-F-010	0,1360	-0,0642
CO-F-011	-0,1480	-0,0526
CO-F-012	-0,0582	0,1790
CO-F-013	-0,0253	-0,4257
CO-F-014	0,2070	-0,0583
CO-F-015	-0,0659	-0,0192
CO-F-016	-0,1578	0,0128

Base de Coordinômetro	Direção	
	Radial	Tangencial
CO-F-017	-0,0430	0,0949
CO-F-018	-0,0703	0,1755
CO-F-019	-0,0762	-0,1709
CO-F-020	0,1332	-0,0794
CO-F-021	0,0686	-0,0663
CO-F-022	0,0278	0,0962
CO-F-023	0,1254	0,1901

Fonte: O autor (2018).

Tabela 12 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 2, de acordo com as bases de coordenômetro.

Base de Coordinômetro	Direção	
	Radial	Tangencial
CO-A-001	0,1385	-0,0235
CO-A-002	0,1749	-0,0169
CO-D-001	0,0904	-0,1387
CO-D-002	-0,0428	0,2033
CO-D-003	0,0189	0,0654
CO-D-004	-0,1180	-0,0398
CO-D-005	0,0021	-0,0079
CO-D-006	0,0639	-0,1801
CO-D-007	-0,1967	0,0000
CO-D-008	-0,2393	0,0890
CO-D-009	0,0202	-0,0324
CO-D-010	0,2629	-0,0362
CO-D-011	-0,0342	-0,0179

Fonte: O autor (2018).

Tabela 13 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 3, de acordo com as bases de coordenômetro.

Base de Coordinômetro	Direção	
	Radial	Tangencial
CO-E-001	0,0295	0,2881
CO-E-002	-0,1848	-0,0099
CO-E-003	-0,1266	0,2582
CO-F-001	0,0667	-0,1928

Base de Coordinômetro	Direção	
	Radial	Tangencial
CO-F-002	0,3978	0,0204
CO-F-003	0,1452	-0,4293
CO-F-004	0,3611	0,0203
CO-F-005	0,1511	0,0676
CO-F-006	-0,0888	-0,1890
CO-F-007	-0,0704	0,0425
CO-F-008	-0,1027	0,0350
CO-U-001	-0,2521	0,2223
CO-U-002	0,0099	-0,1097
CO-U-003	0,0252	-0,0381
CO-U-004	0,0812	-0,3175

Fonte: O autor (2018).

Tabela 14 – Valores de offset determinados para os equipamentos do Grupo 4, de acordo com as bases de coordenômetro.

Base de Coordinômetro	Direção	
	Radial	Tangencial
CO-F-025	0,1859	0,1643
CO-F-026	0,1548	0,0430
CO-F-027	0,1331	0,2038
CO-F-028	0,2132	0,1033
CO-H-001	0,0344	0,0829
CO-H-002	-0,1075	0,0594
CO-H-003	0,0947	0,0652
CO-H-004	0,0745	0,0676
CO-H-005	0,0358	0,0554
CO-I-001	-0,0784	0,4764
CO-I-002	0,1617	-0,1722
CO-I-003	0,1073	-0,2172
CO-I-004	0,1280	-0,2543
CO-U-005	-0,0280	0,1200
CO-U-006	0,1209	0,0862
CO-U-007	0,0103	0,2268

Fonte: O autor (2018).

5. CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de leituras simultâneas dos pêndulos da barragem de Itaipu Binacional, tanto com o coordenômetro quanto com o micrômetro, foi parte de um processo experimental que possibilitou a coleta e a análise de uma grande quantidade de dados, com o intuito de determinar a confiabilidade das medições efetuadas com os micrômetros.

A análise estatística das amostras coletadas demonstrou, com um grau de confiabilidade de 95%, que apesar de existir diferenças nas medições efetuadas com ambos equipamentos, elas não são estatisticamente significativas, para os grupos de equipamentos 1, 2 e 3. Em outras palavras, as medições efetuadas com os coordenômetros e os micrômetros foram essencialmente iguais, somente havendo diferenças devidas aos erros aleatórios inerentes aos procedimentos de leitura, que não são considerados significativos, concluindo assim, que os micrômetros são confiáveis para a realização das leituras.

Por outro lado, não houve evidência suficiente para concluir que não existem diferenças entre as medições efetuadas com o coordenômetro 4 e o micrômetro 4. O grupo 4 apresentou diferenças **estatisticamente significativas**, porém, esses resultados não devem ser interpretados estritamente. A consideração do tamanho do efeito nos leva a entender que as diferenças encontradas não são relevantes em termos da precisão requerida nas medições, pois a diferença média ficou na ordem das centésimos de mm, muito menor ainda que a precisão requerida para os pêndulos, na ordem das décimos de mm.

Com relação aos valores de ajuste (offsets) propostos para cada ponto de leitura (bases de coordenômetro) e para as duas direções (radial e tangencial), foi encontrado que a média das diferenças, somada algebricamente aos valores correspondentes aos micrômetros, fornece uma melhor aproximação às medições dos coordenômetros, embora o ajuste não foi completamente satisfatório em todos os casos, de acordo com as análises dos gráficos.

Sugere-se como recomendação, manter um controle mais estrito nos procedimentos de medição com os equipamentos do grupo 4, ou ainda, realizar novos testes para verificar se a tendência de apresentar diferenças entre os equipamentos é mantida ou não.

Outras linhas de pesquisas, poderiam focar-se em realizar estudos mais aprofundados para à obtenção de valores de offset mais adequados, que apresentem melhores resultados para manter o padrão dos gráficos de deslocamentos mostrados pelos coordenômetros.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e documentação: Referências: Elaboração.** Rio de Janeiro, 2002a. 24 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024: Informação e documentação: Numeração progressiva das seções de um documento escrito: Apresentação.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2011a. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027: Informação e documentação: Sumário: Apresentação.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028: Resumos.** Rio de Janeiro, 2003. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6034: Informação e documentação: Índice: Apresentação.** Rio de Janeiro, 2005. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: Informação e documentação: Citações em documentos: Apresentação.** Rio de Janeiro, 2002b. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação: Trabalhos acadêmicos: Apresentação.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2011b. 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15287: Informação e documentação: Projeto de pesquisa: Apresentação.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2011c. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5891: Regras de arredondamento na numeração decimal.** 2. Ed. Rio de Janeiro, 2014. 1 p.
- ANDRIOLO, Francisco Rodrigues; BETIOLI, Ideval. **Obras de Concreto de Itaipu: Desenvolvimento, controle, qualidade, durabilidade... 40 anos depois.** Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu, 2015. 936 p.
- BETIOLI, Ideval; FIORINI, Ademar Sérgio; ROSSO, José Antonio; BIANCHI, Paulo Roberto; PIASENTIN, Corrado. **Projeto Itaipu - Aspectos relacionados com a Segurança das Estruturas e Equipamentos.** In: 23º Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte. Comitê Brasileiro de Barragens, 1999. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/documentos/23sngb/PROJETO%20ITAIPU.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2018.
- BRASIL. **Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>. Acesso em: 03 nov. 2018.
- CRESPO, Antônio Arnot. **Estatística fácil.** 18 ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 224 p.
- COSTA, André. **Erros e Algarismos Significativos.** Lisboa: Centro de Física das Interações Fundamentais. Disponível em: <<https://www.spf.pt/magazines/GFIS/94/article/651/pdf>>.

Acesso em: 30 out 2018.

DEVORE, Jay L. Tradução de MGS Language Services e Joaquim Pinheiro Nunes da Silva. **Probabilidade e Estatística: para Engenharia e Ciências**. 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006. 708 p.

ELETROBRAS, CBDB. **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**, 2003. 279 p. Disponível em: <[http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/Manuais para Estudos e Projetos de Geração de Energia/Critérios de Projetos.pdf](http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/Manuais%20para%20Estudos%20e%20Projetos%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Energia/Crit%C3%A9rios%20de%20Projetos.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2018.

FERRERO, Rosana. **Guía definitiva para encontrar la prueba estadística que buscas**. Máxima formación: Blog: Data Science, 2018a. Disponível em: <<https://www.maximaformacion.es/blog-dat/guia-para-encontrar-tu-prueba-estadistica/>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

FERRERO, Rosana. **Prueba t de Student para medidas repetidas con R**. Máxima formación: Blog: Data Science, 2018b. Disponível em: <<https://www.maximaformacion.es/blog-dat/prueba-t-de-student-para-medidas-repetidas-con-r/>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Centro de Documentação e Disseminação de Informações. **Normas de Apresentação Tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro, 1993. 61 p.

ITAIPU BINACIONAL. **Descripción de Funcionamiento: Péndulo Directo/Invertido – DDF.CI.006**. SOM – Sistema de Operación y Mantenimiento, Manuales de Descripción de Funcionamiento. Itaipu Binacional, Brasil/Paraguai: 1992a. 17 p.

ITAIPU BINACIONAL. **Descripción de Funcionamiento: Coordinómetro Óptico – DDF.CI.007**. SOM – Sistema de Operación y Mantenimiento, Manuales de Descripción de Funcionamiento. Itaipu Binacional, Brasil/Paraguai: 1992b. 10 p.

ITAIPU BINACIONAL. **Usina Hidrelétrica de Itaipu: aspectos técnicos das estruturas civis**. Foz do Iguaçu - Itaipu Binacional: Fotolaser Gráfica e Editora Ltda., 2008. 135 p.

ITAIPU BINACIONAL. **Itaipu: usina hidrelétrica – projeto: aspectos de engenharia**. Foz do Iguaçu - Itaipu Binacional: TAB Marketing Editorial, 2009. 784 p.

ITAIPU BINACIONAL. **Instrumentação de um bloco-chave da Itaipu Binacional**. Formato GIF, 2159 × 2751 pixels. Compactado. Disponível em: http://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/instrumenta_barragem.GIF. 2010
Acesso em: 16 nov. 2018, il. color.

ITAIPU BINACIONAL. SOAA – Sistema para Otimização da Análise da Auscultação, Módulo SGM – Sistema de Gestão de Medições. **Banco de Dados da Itaipu Binacional**. Acesso em: 06 ago. 2018a.

ITAIPU BINACIONAL. SOAA – Sistema para Otimização da Análise da Auscultação, Módulo SGM – Sistema de Gestão de Medições. **Captura de tela do SGM**. Acesso em: 06 ago. 2018b, il. color.

ITAIPU BINACIONAL. SOAA – Sistema para Otimização da Análise da Auscultação. Módulo MD – Maqueta Digital. **Banco de Desenhos de Itaipu Binacional**. Acesso em: 06 ago. 2018c, il. color.

ITAIPU BINACIONAL. **Substituição do Método de Leitura dos Pêndulos Instalados na Barragem de Itaipu (Coordinômetros x Micrômetros)**. Diretoria Técnica, SAT – Sistema de Arquivo Técnico, Relatório Técnico 4006-50-15432-P. Itaipu Binacional, Brasil/Paraguai: 2018d. 84 p.

ITAIPU BINACIONAL; PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; BRASIL. **Curso Segurança de Barragens. Módulo I - Barragens: Aspectos Legais, Técnicos e Socioambientais. Unidade 2: Aspectos gerais da segurança de barragens**. Brasil: ICBA – Centro de Línguas. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/110/6/Unidade_2-modulo1.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. Tradução de José Fernando Pereira Gonçalves. **Estatística aplicada**. 6 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. 674 p.

LUBISCO, Nídia Maria Lienert; VIEIRA, Sônia Chagas. **Manual de estilo acadêmico: Trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses**. 5 ed. revisado e ampliado. Salvador: EDUFBA, 2013. 145 p.

MELLO, Marco. **¿Qual teste estatístico devo usar? Sobrevivendo na ciência: Um pequeno manual para a jornada do cientista**, 2012. Disponível em: <<https://marcoarmello.wordpress.com/2012/05/17/qualteste/>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. Tradução de Verônica Calado. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 514 p.

NORMANDO, David; TJÄDERHANE, Leo; QUINTÃO, Cátia Cardoso Abdo. A escolha do teste estatístico – um tutorial em forma de apresentação em Power Point. **Dental Press J. Orthod**. Maringá, v. 15, no. 1, p. 101-106, Jan/Feb. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/dpjo/v15n1/12.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

PIASENTIN, Corrado. **Apostila: Auscultação e Segurança de Barragens e o Projeto Itaipu**. In: Curso de Auscultação de Segurança de Barragens. Centro de Treinamento de Itaipu, Foz do Iguaçu: Piasex Assessoria e Consultoria, 2007. 59 p.

PINHEIRO, Joao Ismael D. CUNHA; Sonia Baptista da; CARVAJAL, Santiago Ramírez; GOMES, Gastão Coelho. **Estatística Básica: A arte de trabalhar com dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 306 p.

PTI (PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU); CEASB (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS). **Curso de Instrumentação e Auscultação de Barragens**. CEASB: Foz do Iguaçu, 2018. 231 p.

REZENDE, Túlio Pessoa de. **Algarismos significativos e arredondamento**. Anápolis:

Laboratório Teuto, 2014. Disponível em: <http://www.teuto.com.br/arquivos/qualidade-e-pesquisa/ALGARISMOS_SIGNIFICATIVOS_E_ARREDONDAMENTO.pdf>. Acesso em: 30 out 2018.

SILVEIRA, João Francisco Alves. **Instrumentação e Comportamento de Fundações de Barragens de Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 317 p.

SPIEGEL, Murray R.; SCHILLER, John; SRINIVASAN, R. Alu. Tradução de Gabriel Nagore Cázares. **Probabilidad y Estadística**. 4 ed. México: Mc Graw Hill Education, 2013. 427 p.

VASCONCELOS, Gustavo Reis Lobo de. **Plano de Implantação e Acompanhamento do Instrumental de Auscultação de Estruturas de Concreto – Obra Hidroelétrica de Itaipu**. In: 2º Colóquio sobre Sistemas de Inspeção e Observação de Barragens. Salto Santiago, 1978. 148 p.

APÊNDICE

Tabela 15 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 1.

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-F-009	PD-F13-06-197,87-RMJU	Leitura Radial	03/07/2018	2,5	2,5761	-0,0761	-0,1
			04/06/2018	2,6	2,6928	-0,0928	-0,1
			02/04/2018	2,5	2,6878	-0,1878	-0,2
			27/02/2018	2,4	2,7045	-0,3045	-0,3
			29/01/2018	2,3	2,3718	-0,0718	-0,1
			04/01/2018	2,4	2,5654	-0,1654	-0,2
			28/11/2017	2,7	3,0059	-0,3059	-0,3
			01/11/2017	2,7	2,9218	-0,2218	-0,2
			03/10/2017	2,8	2,9636	-0,1636	-0,2
			05/09/2017	2,7	2,9348	-0,2348	-0,2
	01/08/2017	2,6	2,8341	-0,2341	-0,2		
	04/07/2017	2,6	2,6592	-0,0592	-0,1		
	03/07/2018	-0,7	-0,5822	-0,1178	-0,1		
	04/06/2018	-0,6	-0,6142	0,0142	0,0		
	02/04/2018	-0,3	-0,7212	0,4212	0,4		
	27/02/2018	-0,6	-0,7511	0,1511	0,2		
	29/01/2018	-0,6	-0,7181	0,1181	0,1		
	04/01/2018	-0,4	-0,5503	0,1503	0,2		
	28/11/2017	-0,6	-0,5937	-0,0063	0,0		
	01/11/2017	-0,5	-0,6134	0,1134	0,1		
03/10/2017	-0,6	-0,6360	0,0360	0,0			
05/09/2017	-0,5	-0,6103	0,1103	0,1			
01/08/2017	-0,7	-0,6890	-0,0110	0,0			
04/07/2017	-0,9	-0,6735	-0,2265	-0,2			
CO-F-010	PD-F13-05-170,27-RMDH	Leitura Radial	03/07/2018	2,5	2,2129	0,2871	0,3
			04/06/2018	2,4	2,4609	-0,0609	-0,1
			02/04/2018	2,1	1,6845	0,4155	0,4
			27/02/2018	1,6	1,5649	0,0351	0,0
			29/01/2018	1,4	1,4411	-0,0411	0,0
			04/01/2018	2,1	1,5028	0,5972	0,6
			28/11/2017	2,8	2,3974	0,4026	0,4
			01/11/2017	2,6	2,6666	-0,0666	-0,1
			03/10/2017	2,8	2,7079	0,0921	0,1
			05/09/2017	3,0	2,9060	0,0940	0,1
			01/08/2017	2,9	2,9670	-0,0670	-0,1
			04/07/2017	2,7	2,7555	-0,0555	-0,1

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			03/07/2018	-1,9	-1,7184	-0,1816	-0,2
			04/06/2018	-1,8	-1,6784	-0,1216	-0,1
			02/04/2018	-1,7	-1,4027	-0,2973	-0,3
			27/02/2018	-1,4	-1,4165	0,0165	0,0
			29/01/2018	-1,3	-1,3391	0,0391	0,0
		Leitura	04/01/2018	-1,4	-1,4118	0,0118	0,0
		Tangencial	28/11/2017	-1,6	-1,4510	-0,1490	-0,1
			01/11/2017	-1,6	-1,5463	-0,0537	-0,1
			03/10/2017	-1,7	-1,5983	-0,1017	-0,1
			05/09/2017	-1,7	-1,6867	-0,0133	0,0
			01/08/2017	-1,9	-1,8910	-0,0090	0,0
			04/07/2017	-1,7	-1,7893	0,0893	0,1
			03/07/2018	5,5	5,6169	-0,1169	-0,1
			04/06/2018	5,4	5,4950	-0,0950	-0,1
			02/04/2018	4,5	4,7617	-0,2617	-0,3
			27/02/2018	4,1	4,3891	-0,2891	-0,3
			29/01/2018	4,0	3,9774	0,0226	0,0
		Leitura	04/01/2018	4,0	4,2471	-0,2471	-0,2
		Radial	28/11/2017	5,0	5,1653	-0,1653	-0,2
			01/11/2017	5,4	5,4755	-0,0755	-0,1
			03/10/2017	5,5	5,6344	-0,1344	-0,1
			05/09/2017	5,8	5,9418	-0,1418	-0,1
			01/08/2017	5,8	5,9092	-0,1092	-0,1
			04/07/2017	5,7	5,8627	-0,1627	-0,2
CO-F-011	PD-F13-04-145,39-RMMO		03/07/2018	-4,7	-4,6119	-0,0881	-0,1
			04/06/2018	-4,3	-4,3001	0,0001	0,0
			02/04/2018	-3,9	-3,2064	-0,6936	-0,7
			27/02/2018	-3,7	-3,6618	-0,0382	0,0
			29/01/2018	-3,5	-3,6268	0,1268	0,1
		Leitura	04/01/2018	-3,8	-3,6675	-0,1325	-0,1
		Tangencial	28/11/2017	-4,1	-4,0392	-0,0608	-0,1
			01/11/2017	-4,3	-4,2403	-0,0597	-0,1
			03/10/2017	-4,4	-4,3657	-0,0343	0,0
			05/09/2017	-4,7	-4,6213	-0,0787	-0,1
			01/08/2017	-4,9	-5,1936	0,2936	0,3
			04/07/2017	-4,5	-4,6342	0,1342	0,1
CO-F-012	PD-F13-03-	Leitura Radial	03/07/2018	8,4	8,6775	-0,2775	-0,3
			04/06/2018	8,4	8,7299	-0,3299	-0,3
			02/04/2018	7,7	7,6117	0,0883	0,1

GRUPO 1								
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]	
CO-F- 013	125,41- RMMO		27/02/2018	7,1	7,0372	0,0628	0,1	
			29/01/2018	6,7	6,8217	-0,1217	-0,1	
			04/01/2018	7,1	7,0145	0,0855	0,1	
			28/11/2017	8,0	7,9790	0,0210	0,0	
			01/11/2017	8,5	8,3850	0,1150	0,1	
			03/10/2017	8,7	8,5466	0,1534	0,2	
			05/09/2017	9,0	8,9437	0,0563	0,1	
			01/08/2017	9,1	9,3385	-0,2385	-0,2	
			04/07/2017	8,7	9,0129	-0,3129	-0,3	
			03/07/2018	-3,3	-3,3296	0,0296	0,0	
			04/06/2018	-3,0	-3,0625	0,0625	0,1	
			02/04/2018	-2,0	-2,2514	0,2514	0,3	
			27/02/2018	-2,1	-2,1021	0,0021	0,0	
			29/01/2018	-2,2	-2,1390	-0,0610	-0,1	
	04/01/2018	-2,0	-2,3894	0,3894	0,4			
	28/11/2017	-2,3	-2,6930	0,3930	0,4			
	01/11/2017	-3,1	-2,9055	-0,1945	-0,2			
	03/10/2017	-3,2	-3,0293	-0,1707	-0,2			
	05/09/2017	-3,4	-3,3650	-0,0350	0,0			
	01/08/2017	-2,5	-3,4702	0,9702	1,0			
	04/07/2017	-2,7	-3,2105	0,5105	0,5			
		PD-F13- 02- 100,41- RMMO	Leitura Radial	03/07/2018	12,0	11,8642	0,1358	0,1
				04/06/2018	11,6	11,8866	-0,2866	-0,3
				02/04/2018	10,7	10,7485	-0,0485	0,0
				27/02/2018	10,1	10,2562	-0,1562	-0,2
				29/01/2018	10,2	10,0334	0,1666	0,2
				04/01/2018	10,2	10,3576	-0,1576	-0,2
				28/11/2017	11,3	11,4371	-0,1371	-0,1
	01/11/2017			11,7	11,8290	-0,1290	-0,1	
	03/10/2017			12,0	11,9709	0,0291	0,0	
	05/09/2017			12,5	12,1139	0,3861	0,4	
	01/08/2017			12,4	12,4514	-0,0514	-0,1	
	04/07/2017			12,2	12,2549	-0,0549	-0,1	
	03/07/2018			-1,8	-1,0804	-0,7196	-0,7	
	04/06/2018			-1,3	-0,8422	-0,4578	-0,5	
	02/04/2018	-1,0	-0,2880	-0,7120	-0,7			
	27/02/2018	-0,9	-0,2012	-0,6988	-0,7			
	29/01/2018	-0,6	-0,3119	-0,2881	-0,3			
	04/01/2018	-0,8	-0,2779	-0,5221	-0,5			

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			28/11/2017	-1,0	-0,7963	-0,2037	-0,2
			01/11/2017	-1,4	-1,0038	-0,3962	-0,4
			03/10/2017	-1,4	-1,1043	-0,2957	-0,3
			05/09/2017	-1,7	-1,4538	-0,2462	-0,2
			01/08/2017	-1,6	-1,3239	-0,2761	-0,3
			04/07/2017	-1,4	-1,1082	-0,2918	-0,3
			03/07/2018	17,0	16,3000	0,7000	0,7
			04/06/2018	16,6	16,3107	0,2893	0,3
			02/04/2018	15,6	15,3883	0,2117	0,2
			27/02/2018	15,3	15,0085	0,2915	0,3
			29/01/2018	15,3	15,1001	0,1999	0,2
		Leitura Radial	04/01/2018	15,7	15,5025	0,1975	0,2
			28/11/2017	16,9	16,8437	0,0563	0,1
			01/11/2017	17,3	17,3502	-0,0502	-0,1
			03/10/2017	17,6	17,4911	0,1089	0,1
			05/09/2017	17,9	17,7919	0,1081	0,1
			01/08/2017	17,9	17,6679	0,2321	0,2
CO-F-014	PD-F13-01-051,40-RMDH		04/07/2017	17,7	17,5610	0,1390	0,1
			03/07/2018	-2,8	-2,0180	-0,7820	-0,8
			04/06/2018	-1,5	-2,0899	0,5899	0,6
			02/04/2018	-2,1	-1,7221	-0,3779	-0,4
			27/02/2018	-2,0	-1,8948	-0,1052	-0,1
			29/01/2018	-2,4	-2,2552	-0,1448	-0,1
		Leitura Tangencial	04/01/2018	-2,3	-2,1604	-0,1396	-0,1
			28/11/2017	-2,5	-2,4209	-0,0791	-0,1
			01/11/2017	-2,6	-2,6578	0,0578	0,1
			03/10/2017	-2,8	-2,7520	-0,0480	0,0
			05/09/2017	-2,9	-2,9842	0,0842	0,1
			01/08/2017	-3,0	-3,0660	0,0660	0,1
			04/07/2017	-2,7	-2,8786	0,1786	0,2
			03/07/2018	3,0	3,2180	-0,2180	-0,2
			04/06/2018	3,1	3,2041	-0,1041	-0,1
			02/04/2018	3,3	3,1830	0,1170	0,1
		Leitura Radial	27/02/2018	3,1	3,0478	0,0522	0,1
			29/01/2018	3,0	3,2802	-0,2802	-0,3
			04/01/2018	3,1	3,2900	-0,1900	-0,2
			28/11/2017	3,2	3,2611	-0,0611	-0,1
			01/11/2017	3,2	3,2670	-0,0670	-0,1
			03/10/2017	3,2	3,2670	-0,0670	-0,1

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			05/09/2017	3,3	3,2820	0,0180	0,0
			01/08/2017	3,4	3,2720	0,1280	0,1
			04/07/2017	3,3	3,4190	-0,1190	-0,1
			03/07/2018	-1,6	-1,5860	-0,0140	0,0
			04/06/2018	-1,7	-1,5500	-0,1500	-0,2
			02/04/2018	-1,6	-1,5790	-0,0210	0,0
			27/02/2018	-1,9	-1,6863	-0,2137	-0,2
			29/01/2018	-1,5	-1,4609	-0,0391	0,0
		Leitura Tangencial	04/01/2018	-1,6	-1,6009	0,0009	0,0
			28/11/2017	-1,6	-1,5629	-0,0371	0,0
			01/11/2017	-1,6	-1,6169	0,0169	0,0
			03/10/2017	-1,5	-1,6179	0,1179	0,1
			05/09/2017	-1,5	-1,5989	0,0989	0,1
			01/08/2017	-1,5	-1,6009	0,1009	0,1
			04/07/2017	-1,7	-1,6087	-0,0913	-0,1
			03/07/2018	2,1	2,1766	-0,0766	-0,1
			04/06/2018	2,1	2,2316	-0,1316	-0,1
			02/04/2018	2,0	2,2130	-0,2130	-0,2
			27/02/2018	2,1	2,1750	-0,0750	-0,1
			29/01/2018	1,9	2,2082	-0,3082	-0,3
		Leitura Radial	04/01/2018	2,1	2,2141	-0,1141	-0,1
			28/11/2017	2,1	2,2262	-0,1262	-0,1
			01/11/2017	2,1	2,2506	-0,1506	-0,2
			03/10/2017	2,0	2,2393	-0,2393	-0,2
			05/09/2017	2,0	2,2370	-0,2370	-0,2
			01/08/2017	2,1	2,1849	-0,0849	-0,1
			04/07/2017	2,1	2,2367	-0,1367	-0,1
			03/07/2018	0,5	0,3462	0,1538	0,2
			04/06/2018	0,3	0,4647	-0,1647	-0,2
			02/04/2018	0,5	0,4179	0,0821	0,1
			27/02/2018	0,4	0,5362	-0,1362	-0,1
			29/01/2018	0,3	0,3979	-0,0979	-0,1
		Leitura Tangencial	04/01/2018	0,4	0,4089	-0,0089	0,0
			28/11/2017	0,4	0,3968	0,0032	0,0
			01/11/2017	0,5	0,3466	0,1534	0,2
			03/10/2017	0,5	0,3887	0,1113	0,1
			05/09/2017	0,3	0,2957	0,0043	0,0
			01/08/2017	0,4	0,3081	0,0919	0,1
			04/07/2017	0,3	0,3387	-0,0387	0,0

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-F-017	PD-F19-06-197,94-RMJU	Leitura Radial	03/07/2018	2,2	2,4544	-0,2544	-0,3
			04/06/2018	2,8	2,7756	0,0244	0,0
			02/04/2018	2,7	2,7342	-0,0342	0,0
			27/02/2018	2,5	2,5401	-0,0401	0,0
			29/01/2018	2,4	2,2550	0,1450	0,1
			04/01/2018	2,3	2,2414	0,0586	0,1
			28/11/2017	2,7	2,6288	0,0712	0,1
			01/11/2017	2,6	2,8369	-0,2369	-0,2
			03/10/2017	2,6	2,7006	-0,1006	-0,1
			05/09/2017	2,5	2,6177	-0,1177	-0,1
			01/08/2017	2,6	2,5877	0,0123	0,0
			04/07/2017	2,4	2,4436	-0,0436	0,0
	PD-F19-05-170,46-RMDH	Leitura Tangencial	03/07/2018	2,3	1,9312	0,3688	0,4
			04/06/2018	2,1	1,8874	0,2126	0,2
			02/04/2018	2,1	1,7657	0,3343	0,3
			27/02/2018	1,9	1,7848	0,1152	0,1
			29/01/2018	1,8	1,7921	0,0079	0,0
			04/01/2018	2,0	1,9242	0,0758	0,1
			28/11/2017	2,1	2,0743	0,0257	0,0
			01/11/2017	2,1	2,0411	0,0589	0,1
			03/10/2017	2,1	2,1049	-0,0049	0,0
			05/09/2017	2,1	2,0934	0,0066	0,0
			01/08/2017	2,0	2,0755	-0,0755	-0,1
			04/07/2017	1,9	1,8863	0,0137	0,0
CO-F-018	PD-F19-05-170,46-RMDH	Leitura Radial	03/07/2018	3,8	3,8696	-0,0696	-0,1
			04/06/2018	4,1	3,8523	0,2477	0,2
			02/04/2018	3,5	3,3803	0,1197	0,1
			27/02/2018	3,2	2,7548	0,4452	0,4
			29/01/2018	2,6	2,8333	-0,2333	-0,2
			04/01/2018	2,4	3,0414	-0,6414	-0,6
			28/11/2017	3,5	3,8241	-0,3241	-0,3
			01/11/2017	4,0	4,1098	-0,1098	-0,1
			03/10/2017	3,9	4,0406	-0,1406	-0,1
			05/09/2017	3,9	4,1266	-0,2266	-0,2
			01/08/2017	4,1	4,0972	0,0028	0,0
			04/07/2017	4,0	3,9132	0,0868	0,1
Leitura Tangencial	03/07/2018	1,4	1,0812	0,3188	0,3		
	04/06/2018	1,3	1,1223	0,1777	0,2		
	02/04/2018	1,2	0,9504	0,2496	0,2		

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			27/02/2018	1,1	1,0470	0,0530	0,1
			29/01/2018	1,1	0,9572	0,1428	0,1
			04/01/2018	1,1	0,9352	0,1648	0,2
			28/11/2017	1,2	1,1744	0,0256	0,0
			01/11/2017	1,4	1,2439	0,1561	0,2
			03/10/2017	1,4	1,2863	0,1137	0,1
			05/09/2017	1,5	1,2668	0,2332	0,2
			01/08/2017	1,3	0,9600	0,3400	0,3
			04/07/2017	1,1	0,9699	0,1301	0,1
			03/07/2018	6,1	6,1289	-0,0289	0,0
			04/06/2018	6,1	6,1672	-0,0672	-0,1
			02/04/2018	5,4	5,4556	-0,0556	-0,1
			27/02/2018	4,9	4,9392	-0,0392	0,0
			29/01/2018	4,6	4,6623	-0,0623	-0,1
		Leitura	04/01/2018	4,8	4,9002	-0,1002	-0,1
		Radial	28/11/2017	5,7	5,9054	-0,2054	-0,2
			01/11/2017	6,1	6,0545	0,0455	0,0
			03/10/2017	6,0	6,1443	-0,1443	-0,1
			05/09/2017	6,2	6,3160	-0,1160	-0,1
			01/08/2017	6,4	6,4908	-0,0908	-0,1
CO-F- 019	PD-F19- 04- 145,45- RMMO		04/07/2017	6,3	6,3504	-0,0504	-0,1
			03/07/2018	-0,7	-0,5581	-0,1419	-0,1
			04/06/2018	-0,6	-0,5108	-0,0892	-0,1
			02/04/2018	-0,5	-0,1401	-0,3599	-0,4
			27/02/2018	-0,3	-0,0420	-0,2580	-0,3
			29/01/2018	-0,1	-0,0285	-0,0715	-0,1
		Leitura	04/01/2018	-0,3	-0,0381	-0,2619	-0,3
		Tangencial	28/11/2017	-0,4	-0,1826	-0,2174	-0,2
			01/11/2017	-0,5	-0,1576	-0,3424	-0,3
			03/10/2017	-0,4	-0,1940	-0,2060	-0,2
			05/09/2017	-0,5	-0,2487	-0,2513	-0,3
			01/08/2017	-0,5	-0,5652	0,0652	0,1
			04/07/2017	-0,4	-0,4834	0,0834	0,1
			03/07/2018	8,9	8,8072	0,0928	0,1
			04/06/2018	8,8	8,6262	0,1738	0,2
CO-F- 020	PD-F19- 03- 125,15- RMMO	Leitura	02/04/2018	8,0	7,8675	0,1325	0,1
		Radial	27/02/2018	7,4	7,3223	0,0777	0,1
			29/01/2018	7,1	7,1277	-0,0277	0,0
			04/01/2018	7,6	7,4020	0,1980	0,2

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-F-021	PD-F19-02-100,40-RMMO	Leitura Tangencial	28/11/2017	8,4	8,2994	0,1006	0,1
			01/11/2017	8,8	8,6904	0,1096	0,1
			03/10/2017	8,9	8,7845	0,1155	0,1
			05/09/2017	9,0	8,5115	0,4885	0,5
			01/08/2017	9,3	9,1203	0,1797	0,2
			04/07/2017	8,9	8,9432	-0,0432	0,0
			03/07/2018	-1,2	-1,1204	-0,0796	-0,1
			04/06/2018	-0,9	-1,1121	0,2121	0,2
			02/04/2018	-0,8	-0,8153	0,0153	0,0
			27/02/2018	-0,8	-0,4810	-0,3190	-0,3
			29/01/2018	-0,6	-0,5565	-0,0435	0,0
			04/01/2018	-0,8	-0,6475	-0,1525	-0,2
			28/11/2017	-0,8	-0,7662	-0,0338	0,0
			01/11/2017	-0,9	-0,7572	-0,1428	-0,1
			03/10/2017	-1,0	-0,7913	-0,2087	-0,2
		05/09/2017	-1,2	-0,8128	-0,3872	-0,4	
		01/08/2017	-1,1	-1,1656	0,0656	0,1	
		04/07/2017	-1,0	-1,1215	0,1215	0,1	
		Leitura Radial	03/07/2018	11,5	11,3229	0,1771	0,2
			04/06/2018	11,0	11,0620	-0,0620	-0,1
			02/04/2018	10,5	10,4181	0,0819	0,1
			27/02/2018	10,1	9,9681	0,1319	0,1
			29/01/2018	9,8	9,7221	0,0779	0,1
			04/01/2018	10,1	9,9941	0,1059	0,1
			28/11/2017	11,1	11,0240	0,0760	0,1
			01/11/2017	11,5	11,4401	0,0599	0,1
			03/10/2017	11,6	11,4701	0,1299	0,1
			05/09/2017	11,6	11,6401	-0,0401	0,0
			01/08/2017	11,7	11,5498	0,1502	0,2
			04/07/2017	11,4	11,4660	-0,0660	-0,1
03/07/2018	-0,2		-0,2749	0,0749	0,1		
04/06/2018	-0,2		-0,1651	-0,0349	0,0		
02/04/2018	-0,2		-0,0284	-0,1716	-0,2		
27/02/2018	-0,3	0,0230	-0,3230	-0,3			
29/01/2018	0,4	0,0081	0,3919	0,4			
04/01/2018	-0,3	-0,0901	-0,2099	-0,2			
Leitura Tangencial	28/11/2017	-0,2	-0,1451	-0,0549	-0,1		
	01/11/2017	-0,3	-0,0457	-0,2543	-0,3		
	03/10/2017	-0,2	0,0394	-0,2394	-0,2		
	05/09/2017	-0,2	-0,0542	-0,1458	-0,1		

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			01/08/2017	-0,2	-0,3485	0,1485	0,1
			04/07/2017	-0,2	-0,2226	0,0226	0,0
			03/07/2018	16,7	16,9342	-0,2342	-0,2
			04/06/2018	16,8	16,3632	0,4368	0,4
			02/04/2018	15,9	15,8840	0,0160	0,0
			27/02/2018	15,4	15,6154	-0,2154	-0,2
			29/01/2018	15,7	15,4837	0,2163	0,2
		Leitura Radial	04/01/2018	15,6	15,5896	0,0104	0,0
			28/11/2017	16,9	16,7991	0,1009	0,1
			01/11/2017	17,3	17,2747	0,0253	0,0
			03/10/2017	17,4	17,3420	0,0580	0,1
			05/09/2017	17,1	17,1064	-0,0064	0,0
			01/08/2017	17,2	17,2203	-0,0203	0,0
CO-F- 022	PD-F19- 01- 046,38- RMDH		04/07/2017	17,1	17,1536	-0,0536	-0,1
			03/07/2018	-1,9	-1,9493	0,0493	0,0
			04/06/2018	-1,8	-1,9218	0,1218	0,1
			02/04/2018	-1,8	-2,1486	0,3486	0,3
			27/02/2018	-1,9	-1,9230	0,0230	0,0
			29/01/2018	-2,0	-1,9129	-0,0871	-0,1
		Leitura Tangencial	04/01/2018	-1,8	-1,9505	0,1505	0,2
			28/11/2017	-1,8	-1,8491	0,0491	0,0
			01/11/2017	-1,6	-1,7176	0,1176	0,1
			03/10/2017	-1,5	-1,6026	0,1026	0,1
			05/09/2017	-1,7	-1,7305	0,0305	0,0
			01/08/2017	-1,8	-2,0101	0,2101	0,2
			04/07/2017	-2,0	-2,0380	0,0380	0,0
			03/07/2018	4,1	3,8792	0,2208	0,2
			04/06/2018	4,0	3,7949	0,2051	0,2
			02/04/2018	3,8	3,7481	0,0519	0,1
			27/02/2018	3,8	3,5866	0,2134	0,2
			29/01/2018	3,9	3,5354	0,3646	0,4
		Leitura Radial	04/01/2018	3,9	3,9395	-0,0395	0,0
			28/11/2017	4,0	4,0296	-0,0296	0,0
			01/11/2017	4,1	3,9335	0,1665	0,2
			03/10/2017	4,0	3,8400	0,1600	0,2
			05/09/2017	4,0	3,8340	0,1660	0,2
			01/08/2017	3,9	3,8528	0,0472	0,0
			04/07/2017	2,6	2,6592	-0,0592	-0,1
			03/07/2018	2,3	2,0360	0,2640	0,3

GRUPO 1							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 1 (mm) [1]	Micr. 1 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			04/06/2018	2,3	2,1491	0,1509	0,2
			02/04/2018	2,2	2,1396	0,0604	0,1
			27/02/2018	2,2	2,2695	-0,0695	-0,1
			29/01/2018	2,5	2,1971	0,3029	0,3
			04/01/2018	2,6	2,2713	0,3287	0,3
		Leitura Tangencial	28/11/2017	2,6	2,3491	0,2509	0,3
			01/11/2017	2,6	2,3553	0,2447	0,2
			03/10/2017	2,6	2,3205	0,2795	0,3
			05/09/2017	2,6	2,3136	0,2864	0,3
			01/08/2017	2,5	2,3304	0,1696	0,2
			04/07/2017	2,4	2,3877	0,0123	0,0

Fonte: O autor (2018).

Tabela 16 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 2.

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			03/07/2018	0,4	0,3833	0,0167	0,0
			05/06/2018	0,2	0,2212	-0,0212	0,0
			03/04/2018	-1,1	-1,3499	0,2499	0,2
			28/02/2018	-2,0	-2,0874	0,0874	0,1
			31/01/2018	-2,1	-2,3164	0,2164	0,2
			03/01/2018	-1,8	-1,9501	0,1501	0,2
		Leitura Radial	27/11/2017	-0,9	-0,6819	-0,2181	-0,2
			31/10/2017	-0,5	-0,7818	0,2818	0,3
			04/10/2017	-0,6	-0,6719	0,0719	0,1
			04/09/2017	-0,2	-0,3082	0,1082	0,1
			31/07/2017	0,7	-0,0110	0,7110	0,7
			05/07/2017	0,4	0,3129	0,0871	0,1
			05/06/2017	-0,1	-0,1588	0,0588	0,1
			03/07/2018	0,5	0,4353	0,0647	0,1
			05/06/2018	0,4	0,4594	-0,0594	-0,1
		Leitura Tangencial	03/04/2018	0,5	0,4677	0,0323	0,0
			28/02/2018	1,0	0,9250	0,0750	0,1
			31/01/2018	0,9	0,9116	-0,0116	0,0
			03/01/2018	0,6	0,5316	0,0684	0,1

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			27/11/2017	1,0	1,1828	-0,1828	-0,2
			31/10/2017	1,1	1,1037	-0,0037	0,0
			04/10/2017	1,1	1,1457	-0,0457	0,0
			04/09/2017	0,8	0,8393	-0,0393	0,0
			31/07/2017	0,4	0,7761	-0,3761	-0,4
			05/07/2017	0,4	0,2902	0,1098	0,1
			05/06/2017	0,3	0,2377	0,0623	0,1
			03/07/2018	0,5	0,3037	0,1963	0,2
			05/06/2018	0,6	0,4064	0,1936	0,2
			03/04/2018	-0,6	-0,7796	0,1796	0,2
			28/02/2018	-1,4	-1,3909	-0,0091	0,0
			31/01/2018	-1,5	-1,5288	0,0288	0,0
			03/01/2018	-1,2	-1,3420	0,1420	0,1
		Leitura Radial	27/11/2017	-0,7	-0,8097	0,1097	0,1
			31/10/2017	-0,4	-0,4694	0,0694	0,1
			04/10/2017	-0,5	-0,6690	0,1690	0,2
			04/09/2017	-0,3	-0,4568	0,1568	0,2
			31/07/2017	0,6	-0,1497	0,7497	0,7
			05/07/2017	0,4	0,1388	0,2612	0,3
			05/06/2017	0,0	-0,0265	0,0265	0,0
CO-A- 002	PD-A15- 01- 185,15- RMJU		03/07/2018	-3,6	-3,7580	0,1580	0,2
			05/06/2018	-4,4	-4,3926	-0,0074	0,0
			03/04/2018	-3,2	-3,0502	-0,1498	-0,1
			28/02/2018	-2,5	-2,3472	-0,1528	-0,2
			31/01/2018	-2,3	-2,3014	0,0014	0,0
			03/01/2018	-2,7	-2,7561	0,0561	0,1
		Leitura Tangencial	27/11/2017	-2,9	-2,9902	0,0902	0,1
			31/10/2017	-3,2	-3,1408	-0,0592	-0,1
			04/10/2017	-2,5	-2,5454	0,0454	0,0
			04/09/2017	-2,3	-2,2648	-0,0352	0,0
			31/07/2017	-3,7	-3,0118	-0,6882	-0,7
			05/07/2017	-3,6	-3,7991	0,1991	0,2
			05/06/2017	-3,6	-3,9223	0,3223	0,3
			03/07/2018	0,7	0,6727	0,0273	0,0
			05/06/2018	0,3	0,3130	-0,0130	0,0
CO-D- 001	PI-D07- 01- 191,62- RMMO	Leitura Radial	03/04/2018	0,7	0,5999	0,1001	0,1
			28/02/2018	0,5	0,4489	0,0511	0,1
			31/01/2018	0,5	0,4099	0,0901	0,1
			03/01/2018	0,5	0,3501	0,1499	0,1

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			27/11/2017	0,6	0,4899	0,1101	0,1
			31/10/2017	0,7	0,8002	-0,1002	-0,1
			04/10/2017	0,8	0,4582	0,3418	0,3
			04/09/2017	1,0	0,9041	0,0959	0,1
			31/07/2017	0,7	0,5722	0,1278	0,1
			05/07/2017	0,9	0,8761	0,0239	0,0
			05/06/2017	1,0	0,8300	0,1700	0,2
			03/07/2018	1,0	0,9986	0,0014	0,0
			05/06/2018	0,6	0,5951	0,0049	0,0
			03/04/2018	0,3	0,3297	-0,0297	0,0
			28/02/2018	0,2	0,3179	-0,1179	-0,1
			31/01/2018	0,2	0,2540	-0,0540	-0,1
			03/01/2018	0,5	0,6700	-0,1700	-0,2
		Leitura Tangencial	27/11/2017	0,4	0,5399	-0,1399	-0,1
			31/10/2017	0,6	0,7793	-0,1793	-0,2
			04/10/2017	0,5	0,7379	-0,2379	-0,2
			04/09/2017	0,6	0,6920	-0,0920	-0,1
			31/07/2017	0,7	1,4398	-0,7398	-0,7
			05/07/2017	0,7	0,6991	0,0009	0,0
			05/06/2017	0,5	0,5492	-0,0492	0,0
			03/07/2018	4,2	4,0876	0,1124	0,1
			05/06/2018	4,2	4,1215	0,0785	0,1
			03/04/2018	3,3	3,1002	0,1998	0,2
			28/02/2018	2,6	2,5469	0,0531	0,1
			31/01/2018	2,4	2,2783	0,1217	0,1
		Leitura Radial	03/01/2018	3,0	2,8884	0,1116	0,1
			27/11/2017	3,1	3,0781	0,0219	0,0
			31/10/2017	3,2	3,1566	0,0434	0,0
	PD-D08-01-192,10-RMMO		04/10/2017	2,8	2,8845	-0,0845	-0,1
			04/09/2017	2,4	2,4882	-0,0882	-0,1
			31/07/2017	3,2	3,9734	-0,7734	-0,8
			05/07/2017	3,6	3,8537	-0,2537	-0,3
			05/06/2017	3,9	3,9994	-0,0994	-0,1
			03/07/2018	-0,7	-0,8766	0,1766	0,2
			05/06/2018	-1,2	-1,5055	0,3055	0,3
		Leitura Tangencial	03/04/2018	-1,1	-1,4425	0,3425	0,3
			28/02/2018	-1,2	-1,3893	0,1893	0,2
			31/01/2018	-1,2	-1,2747	0,0747	0,1
			03/01/2018	-1,2	-1,2898	0,0898	0,1

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			27/11/2017	-1,0	-1,0825	0,0825	0,1
			31/10/2017	-0,8	-0,8727	0,0727	0,1
			04/10/2017	-0,7	-0,9988	0,2988	0,3
			04/09/2017	-0,7	-0,8229	0,1229	0,1
			31/07/2017	0,0	-0,4937	0,4937	0,5
			05/07/2017	-0,7	-0,8897	0,1897	0,2
			05/06/2017	-1,1	-1,3036	0,2036	0,2
			03/07/2018	1,9	1,9229	-0,0229	0,0
			05/06/2018	2,0	1,9658	0,0342	0,0
			03/04/2018	1,5	1,5599	-0,0599	-0,1
			28/02/2018	1,4	1,3355	0,0645	0,1
			31/01/2018	1,2	1,1823	0,0177	0,0
			03/01/2018	1,4	1,4008	-0,0008	0,0
		Leitura Radial	27/11/2017	1,5	1,5374	-0,0374	0,0
			31/10/2017	1,5	1,7405	-0,2405	-0,2
			04/10/2017	1,5	1,4298	0,0702	0,1
			04/09/2017	1,3	1,2206	0,0794	0,1
			31/07/2017	1,6	1,6013	-0,0013	0,0
			05/07/2017	2,0	1,8070	0,1930	0,2
			05/06/2017	2,0	1,8504	0,1496	0,1
			03/07/2018	-0,5	-0,5890	0,0890	0,1
			05/06/2018	-0,7	-0,7195	0,0195	0,0
			03/04/2018	-0,7	-0,7077	0,0077	0,0
			28/02/2018	-0,5	-0,7607	0,2607	0,3
			31/01/2018	-0,6	-0,6660	0,0660	0,1
			03/01/2018	-0,7	-0,7271	0,0271	0,0
		Leitura Tangencial	27/11/2017	-0,7	-0,6559	-0,0441	0,0
			31/10/2017	-0,5	-0,6359	0,1359	0,1
			04/10/2017	-0,5	-0,6019	0,1019	0,1
			04/09/2017	-0,5	-0,5027	0,0027	0,0
			31/07/2017	-0,4	-0,5373	0,1373	0,1
			05/07/2017	-0,5	-0,7022	0,2022	0,2
			05/06/2017	-0,8	-0,6447	-0,1553	-0,2
			03/07/2018	5,1	5,0416	0,0584	0,1
			05/06/2018	5,1	5,0199	0,0801	0,1
		Leitura Radial	03/04/2018	3,1	3,3530	-0,2530	-0,3
			28/02/2018	2,7	2,7515	-0,0515	-0,1
			31/01/2018	2,5	2,4464	0,0536	0,1
			03/01/2018	3,1	2,9547	0,1453	0,1

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-D- 005	PD-D20- 02- 215,48- RMMO	Leitura Tangencial	27/11/2017	3,5	3,4483	0,0517	0,1
			31/10/2017	3,7	3,5905	0,1095	0,1
			04/10/2017	3,2	3,3704	-0,1704	-0,2
			04/09/2017	3,5	3,2890	0,2110	0,2
			31/07/2017	4,5	5,4299	-0,9299	-0,9
			05/07/2017	4,8	4,8784	-0,0784	-0,1
			05/06/2017	3,8	4,5602	-0,7602	-0,8
			03/07/2018	-0,5	-0,6148	0,1148	0,1
			05/06/2018	-0,5	-0,4236	-0,0764	-0,1
			03/04/2018	-0,6	-0,7024	0,1024	0,1
			28/02/2018	-0,5	-0,4206	-0,0794	-0,1
			31/01/2018	-0,5	-0,4743	-0,0257	0,0
			03/01/2018	-0,3	-0,4120	0,1120	0,1
			27/11/2017	-0,4	-0,4700	0,0700	0,1
			31/10/2017	-0,3	-0,3664	0,0664	0,1
			04/10/2017	-0,6	-0,5999	-0,0001	0,0
		04/09/2017	-0,5	-0,3470	-0,1530	-0,2	
		31/07/2017	-0,6	-0,3724	-0,2276	-0,2	
		05/07/2017	-0,6	-0,3090	-0,2910	-0,3	
		05/06/2017	-0,5	-0,3696	-0,1304	-0,1	
		03/07/2018	2,0	2,0909	-0,0909	-0,1	
		05/06/2018	2,2	2,1573	0,0427	0,0	
		03/04/2018	1,5	1,6099	-0,1099	-0,1	
		28/02/2018	1,4	1,3619	0,0381	0,0	
		31/01/2018	1,3	1,2480	0,0520	0,1	
		03/01/2018	1,5	1,3849	0,1151	0,1	
		27/11/2017	1,4	1,1916	0,2084	0,2	
		31/10/2017	1,7	1,6427	0,0573	0,1	
		04/10/2017	1,4	1,5163	-0,1163	-0,1	
		04/09/2017	1,4	1,4146	-0,0146	0,0	
		31/07/2017	1,7	1,8596	-0,1596	-0,2	
		05/07/2017	2,0	2,0348	-0,0348	0,0	
05/06/2017	2,0	1,9603	0,0397	0,0			
03/07/2018	0,0	-0,0251	0,0251	0,0			
05/06/2018	-0,1	-0,1405	0,0405	0,0			
03/04/2018	-0,1	-0,0284	-0,0716	-0,1			
28/02/2018	-0,1	-0,0267	-0,0733	-0,1			
31/01/2018	-0,1	-0,0102	-0,0898	-0,1			
03/01/2018	-0,1	-0,0306	-0,0694	-0,1			
		Leitura Tangencial					

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			27/11/2017	0,0	-0,0905	0,0905	0,1
			31/10/2017	-0,1	-0,0682	-0,0318	0,0
			04/10/2017	0,1	-0,1339	0,2339	0,2
			04/09/2017	-0,1	-0,0924	-0,0076	0,0
			31/07/2017	0,0	-0,0768	0,0768	0,1
			05/07/2017	-0,1	-0,0375	-0,0625	-0,1
			05/06/2017	-0,1	0,0639	-0,1639	-0,2
			03/07/2018	0,4	0,3997	0,0003	0,0
			05/06/2018	0,4	0,4075	-0,0075	0,0
			03/04/2018	0,4	0,2694	0,1306	0,1
			28/02/2018	0,4	0,3349	0,0651	0,1
			31/01/2018	0,4	0,3043	0,0957	0,1
			03/01/2018	0,3	0,3078	-0,0078	0,0
		Leitura Radial	27/11/2017	0,3	0,3485	-0,0485	0,0
			31/10/2017	0,5	0,3288	0,1712	0,2
			04/10/2017	0,3	0,2636	0,0364	0,0
			04/09/2017	0,2	0,2830	-0,0830	-0,1
			31/07/2017	0,2	0,2092	-0,0092	0,0
			05/07/2017	0,3	0,3734	-0,0734	-0,1
			05/06/2017	0,6	0,0391	0,5609	0,6
			03/07/2018	-0,2	0,0033	-0,2033	-0,2
			05/06/2018	-0,3	-0,1257	-0,1743	-0,2
			03/04/2018	-0,3	-0,0998	-0,2002	-0,2
			28/02/2018	-0,1	-0,0292	-0,0708	-0,1
			31/01/2018	-0,2	-0,0880	-0,1120	-0,1
			03/01/2018	-0,3	-0,0041	-0,2959	-0,3
		Leitura Tangencial	27/11/2017	-0,2	0,0397	-0,2397	-0,2
			31/10/2017	-0,2	-0,0102	-0,1898	-0,2
			04/10/2017	-0,2	0,0272	-0,2272	-0,2
			04/09/2017	-0,2	-0,0339	-0,1661	-0,2
			31/07/2017	-0,2	-0,0694	-0,1306	-0,1
			05/07/2017	-0,2	-0,1105	-0,0895	-0,1
			05/06/2017	-0,3	-0,0584	-0,2416	-0,2
			03/07/2018	5,8	5,8818	-0,0818	-0,1
			05/06/2018	5,2	5,4351	-0,2351	-0,2
		Leitura Radial	03/04/2018	3,4	3,6776	-0,2776	-0,3
			28/02/2018	2,8	2,9727	-0,1727	-0,2
			31/01/2018	2,9	2,8186	0,0814	0,1
			03/01/2018	3,1	3,2621	-0,1621	-0,2

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			27/11/2017	3,5	3,8581	-0,3581	-0,4
			31/10/2017	4,3	4,4163	-0,1163	-0,1
			04/10/2017	4,2	4,1659	0,0341	0,0
			04/09/2017	4,5	4,8207	-0,3207	-0,3
			31/07/2017	5,2	5,5879	-0,3879	-0,4
			05/07/2017	5,4	5,7217	-0,3217	-0,3
			05/06/2017	5,3	5,5234	-0,2234	-0,2
			03/04/2017	2,8	2,8969	-0,0969	-0,1
			03/07/2018	-1,7	-1,7826	0,0826	0,1
			05/06/2018	-2,2	-2,3145	0,1145	0,1
			03/04/2018	-2,0	-2,0669	0,0669	0,1
			28/02/2018	-2,0	-1,9630	-0,0370	0,0
			31/01/2018	-1,9	-2,0059	0,1059	0,1
			03/01/2018	-1,9	-1,9862	0,0862	0,1
		Leitura	27/11/2017	-2,0	-1,9900	-0,0100	0,0
		Tangencial	31/10/2017	-2,0	-2,0104	0,0104	0,0
			04/10/2017	-2,1	-2,0915	-0,0085	0,0
			04/09/2017	-2,0	-2,1876	0,1876	0,2
			31/07/2017	-2,0	-2,1062	0,1062	0,1
			05/07/2017	-2,0	-2,1445	0,1445	0,1
			05/06/2017	-1,8	-1,8647	0,0647	0,1
			03/04/2017	-2,0	-2,0250	0,0250	0,0
			03/07/2018	7,3	7,5010	-0,2010	-0,2
			05/06/2018	6,9	7,0456	-0,1456	-0,1
			03/04/2018	4,0	3,9767	0,0233	0,0
			28/02/2018	2,2	2,5262	-0,3262	-0,3
			31/01/2018	1,2	1,5568	-0,3568	-0,4
		Leitura	03/01/2018	2,3	2,5930	-0,2930	-0,3
		Radial	27/11/2017	4,8	4,9161	-0,1161	-0,1
			31/10/2017	5,8	5,9475	-0,1475	-0,1
			04/10/2017	5,7	5,6675	0,0325	0,0
			04/09/2017	6,5	6,6784	-0,1784	-0,2
			31/07/2017	7,5	8,6257	-1,1257	-1,1
			05/07/2017	7,4	7,5668	-0,1668	-0,2
			05/06/2017	6,1	6,2091	-0,1091	-0,1
			03/07/2018	-1,4	-1,2288	-0,1712	-0,2
		Leitura	05/06/2018	-1,2	-1,5627	0,3627	0,4
		Tangencial	03/04/2018	-1,1	-1,3507	0,2507	0,3
			28/02/2018	-1,2	-1,1694	-0,0306	0,0

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			31/01/2018	-1,0	-1,3606	0,3606	0,4
			03/01/2018	-1,2	-1,2618	0,0618	0,1
			27/11/2017	-1,3	-1,3877	0,0877	0,1
			31/10/2017	-1,3	-1,2832	-0,0168	0,0
			04/10/2017	-1,3	-1,6455	0,3455	0,3
			04/09/2017	-1,5	-1,2854	-0,2146	-0,2
			31/07/2017	-1,3	-1,3977	0,0977	0,1
			05/07/2017	-1,1	-1,1659	0,0659	0,1
			05/06/2017	-1,2	-1,1571	-0,0429	0,0
			03/07/2018	1,4	1,3778	0,0222	0,0
			05/06/2018	1,4	1,4148	-0,0148	0,0
			03/04/2018	0,6	0,6498	-0,0498	0,0
			28/02/2018	0,4	0,3058	0,0942	0,1
			31/01/2018	0,0	-0,0942	0,0942	0,1
		Leitura Radial	03/01/2018	0,2	0,2119	-0,0119	0,0
			27/11/2017	1,0	0,9108	0,0892	0,1
			31/10/2017	1,1	1,0055	0,0945	0,1
			04/10/2017	1,2	0,9334	0,2666	0,3
			04/09/2017	1,1	1,0419	0,0581	0,1
			31/07/2017	1,5	1,5005	-0,0005	0,0
			05/07/2017	1,2	1,4999	-0,2999	-0,3
			05/06/2017	1,0	1,0800	-0,0800	-0,1
			03/07/2018	-0,5	-0,4865	-0,0135	0,0
			05/06/2018	-0,5	-0,4702	-0,0298	0,0
			03/04/2018	-0,6	-0,4696	-0,1304	-0,1
			28/02/2018	-0,6	-0,4894	-0,1106	-0,1
			31/01/2018	-0,6	-0,4627	-0,1373	-0,1
		Leitura Tangencial	03/01/2018	-0,4	-0,4595	0,0595	0,1
			27/11/2017	-0,4	-0,4987	0,0987	0,1
			31/10/2017	-0,5	-0,5993	0,0993	0,1
			04/10/2017	-0,4	-0,6146	0,2146	0,2
			04/09/2017	-0,5	-0,4432	-0,0568	-0,1
			31/07/2017	-0,6	-0,1257	-0,4743	-0,5
			05/07/2017	-0,4	-0,4417	0,0417	0,0
			05/06/2017	-0,4	-0,4180	0,0180	0,0
			03/07/2018	7,9	7,4946	0,4054	0,4
		Leitura Radial	05/06/2018	7,2	6,8760	0,3240	0,3
			03/04/2018	4,1	3,6709	0,4291	0,4
			28/02/2018	2,7	2,2989	0,4011	0,4

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			31/01/2018	1,7	1,4003	0,2997	0,3
			03/01/2018	2,6	2,3031	0,2969	0,3
			27/11/2017	5,5	5,2265	0,2735	0,3
			31/10/2017	6,2	6,2089	-0,0089	0,0
			04/10/2017	6,4	6,3017	0,0983	0,1
			04/09/2017	6,9	6,6602	0,2398	0,2
			31/07/2017	8,1	7,9070	0,1930	0,2
			05/07/2017	7,8	7,5840	0,2160	0,2
			05/06/2017	6,3	6,1396	0,1604	0,2
			03/04/2017	3,5	3,1484	0,3516	0,4
			03/07/2018	-0,5	-0,4730	-0,0270	0,0
			05/06/2018	-0,5	-0,5035	0,0035	0,0
			03/04/2018	-0,1	-0,3818	0,2818	0,3
			28/02/2018	-0,1	-0,1395	0,0395	0,0
			31/01/2018	-0,3	0,0030	-0,3030	-0,3
			03/01/2018	-0,4	-0,3464	-0,0536	-0,1
		Leitura	27/11/2017	-0,5	-0,4194	-0,0806	-0,1
		Tangencial	31/10/2017	-0,5	-0,4340	-0,0660	-0,1
			04/10/2017	-0,6	-0,6863	0,0863	0,1
			04/09/2017	-0,6	-0,5420	-0,0580	-0,1
			31/07/2017	-0,5	-0,4911	-0,0089	0,0
			05/07/2017	-0,4	-0,4130	0,0130	0,0
			05/06/2017	-0,5	-0,4059	-0,0941	-0,1
			03/04/2017	-0,3	-0,0606	-0,2394	-0,2
			03/07/2018	1,9	1,9002	-0,0002	0,0
			05/06/2018	1,9	1,8624	0,0376	0,0
			03/04/2018	1,1	1,0703	0,0297	0,0
			28/02/2018	0,7	0,6751	0,0249	0,0
			31/01/2018	0,3	0,3375	-0,0375	0,0
			03/01/2018	0,6	0,5633	0,0367	0,0
		Leitura	27/11/2017	1,3	1,1126	0,1874	0,2
		Radial	31/10/2017	1,3	1,3408	-0,0408	0,0
			04/10/2017	1,4	1,4688	-0,0688	-0,1
			04/09/2017	1,5	1,5972	-0,0972	-0,1
			31/07/2017	1,8	1,9007	-0,1007	-0,1
			05/07/2017	1,8	1,8484	-0,0484	0,0
			05/06/2017	1,5	1,5407	-0,0407	0,0
			03/04/2017	0,6	0,9606	-0,3606	-0,4
			03/07/2018	-0,2	-0,2677	0,0677	0,1

GRUPO 2							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 2 (mm) [1]	Micr. 2 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			05/06/2018	-0,3	-0,2431	-0,0569	-0,1
			03/04/2018	-0,4	-0,2628	-0,1372	-0,1
			28/02/2018	-0,3	-0,2857	-0,0143	0,0
			31/01/2018	-0,2	-0,2329	0,0329	0,0
			03/01/2018	-0,2	-0,2681	0,0681	0,1
			27/11/2017	-0,3	-0,2246	-0,0754	-0,1
		Leitura Tangencial	31/10/2017	-0,2	-0,1911	-0,0089	0,0
			04/10/2017	-0,2	-0,3292	0,1292	0,1
			04/09/2017	-0,3	-0,2743	-0,0257	0,0
			31/07/2017	-0,2	-0,2067	0,0067	0,0
			05/07/2017	-0,4	-0,2402	-0,1598	-0,2
			05/06/2017	-0,3	-0,1997	-0,1003	-0,1
			03/04/2017	-0,2	-0,2234	0,0234	0,0

Fonte: O autor (2018).

Tabela 17 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 3.

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			03/07/2018	1,8	1,7098	0,0902	0,1
			04/06/2018	2,0	2,0098	-0,0098	0,0
			02/04/2018	1,7	2,0901	-0,3901	-0,4
			01/03/2018	2,2	2,0198	0,1802	0,2
			04/01/2018	2,0	1,9788	0,0212	0,0
			30/11/2017	2,2	2,2972	-0,0972	-0,1
		Leitura Radial	01/11/2017	2,3	2,0977	0,2023	0,2
			03/10/2017	2,1	2,0472	0,0528	0,1
			05/09/2017	1,9	1,9799	-0,0799	-0,1
			02/08/2017	2,0	1,9482	0,0518	0,1
			03/07/2017	2,0	1,8690	0,1310	0,1
			05/06/2017	2,0	1,8306	0,1694	0,2
			02/05/2017	2,2	2,1096	0,0904	0,1
			04/04/2017	2,2	2,2000	0,0000	0,0
		Leitura Tangencial	03/07/2018	0,3	-0,1259	0,4259	0,4
			04/06/2018	0,8	-0,1236	0,9236	0,9

GRUPO 3

Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			02/04/2018	0,7	-0,0930	0,7930	0,8
			01/03/2018	0,3	-0,1235	0,4235	0,4
			04/01/2018	-0,1	-0,2269	0,1269	0,1
			30/11/2017	0,1	-0,3911	0,4911	0,5
			01/11/2017	0,1	-0,3429	0,4429	0,4
			03/10/2017	-0,1	-0,3933	0,2933	0,3
			05/09/2017	-0,2	-0,4239	0,2239	0,2
			02/08/2017	-0,1	-0,2941	0,1941	0,2
			03/07/2017	-0,4	-0,2147	-0,1853	-0,2
			05/06/2017	-0,2	-0,0350	-0,1650	-0,2
			02/05/2017	-0,1	-0,1428	0,0428	0,0
			04/04/2017	-0,1	-0,1020	0,0020	0,0
			03/07/2018	10,1	10,6805	-0,5805	-0,6
			04/06/2018	10,2	10,6197	-0,4197	-0,4
			02/04/2018	9,5	9,8394	-0,3394	-0,3
			01/03/2018	9,3	9,2991	0,0009	0,0
			04/01/2018	9,3	9,3591	-0,0591	-0,1
			30/11/2017	9,7	10,0706	-0,3706	-0,4
		Leitura Radial	01/11/2017	10,5	10,5204	-0,0204	0,0
			03/10/2017	10,4	10,5403	-0,1403	-0,1
			05/09/2017	10,4	10,5495	-0,1495	-0,1
			02/08/2017	10,7	10,8696	-0,1696	-0,2
			03/07/2017	10,7	10,8205	-0,1205	-0,1
			05/06/2017	10,0	10,0603	-0,0603	-0,1
			02/05/2017	10,1	10,2591	-0,1591	-0,2
			04/04/2017	9,8	9,7990	0,0010	0,0
			03/07/2018	0,9	1,1443	-0,2443	-0,2
			04/06/2018	1,6	1,9548	-0,3548	-0,4
			02/04/2018	2,2	2,0889	0,1111	0,1
			01/03/2018	2,2	2,1803	0,0197	0,0
			04/01/2018	2,0	1,8202	0,1798	0,2
			30/11/2017	1,2	1,4079	-0,2079	-0,2
		Leitura Tangencial	01/11/2017	1,0	1,0154	-0,0154	0,0
			03/10/2017	1,0	0,9253	0,0747	0,1
			05/09/2017	0,7	0,5622	0,1378	0,1
			02/08/2017	0,7	0,5929	0,1071	0,1
			03/07/2017	1,2	1,1133	0,0867	0,1
			05/06/2017	1,6	1,6579	-0,0579	-0,1
			02/05/2017	2,2	2,1769	0,0231	0,0

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			04/04/2017	2,2	2,1990	0,0010	0,0
			03/07/2018	14,2	14,4942	-0,2942	-0,3
			04/06/2018	13,9	14,4808	-0,5808	-0,6
			02/04/2018	13,8	13,3722	0,4278	0,4
			01/03/2018	13,1	12,8720	0,2280	0,2
			04/01/2018	12,8	12,7290	0,0710	0,1
			30/11/2017	13,5	14,1658	-0,6658	-0,7
		Leitura	01/11/2017	14,4	14,3029	0,0971	0,1
		Radial	03/10/2017	14,2	14,5618	-0,3618	-0,4
			05/09/2017	14,3	14,4677	-0,1677	-0,2
			02/08/2017	14,7	14,8672	-0,1672	-0,2
			03/07/2017	14,6	14,7650	-0,1650	-0,2
			05/06/2017	14,0	13,9603	0,0397	0,0
			02/05/2017	13,9	14,1314	-0,2314	-0,2
CO-E- 003	PD-E06- 01- 141,52- RMMO		04/04/2017	13,2	13,2020	-0,0020	0,0
			03/07/2018	-2,0	-2,6374	0,6374	0,6
			04/06/2018	-0,5	-1,4774	0,9774	1,0
			02/04/2018	-0,5	-0,6192	0,1192	0,1
			01/03/2018	-0,4	-0,9584	0,5584	0,6
			04/01/2018	-1,0	-0,9730	-0,0270	0,0
			30/11/2017	-2,0	-2,4284	0,4284	0,4
		Leitura	01/11/2017	-2,5	-2,7980	0,2980	0,3
		Tangencial	03/10/2017	-2,7	-2,9171	0,2171	0,2
			05/09/2017	-3,4	-3,3375	-0,0625	-0,1
			02/08/2017	-3,2	-3,3857	0,1857	0,2
			03/07/2017	-2,5	-2,5362	0,0362	0,0
			05/06/2017	-1,6	-1,5988	-0,0012	0,0
			02/05/2017	-1,0	-1,2485	0,2485	0,2
			04/04/2017	-0,3	-0,2990	-0,0010	0,0
			03/07/2018	2,0	1,8156	0,1844	0,2
			04/06/2018	1,9	1,8499	0,0501	0,1
			02/04/2018	2,0	2,0279	-0,0279	0,0
			01/03/2018	2,2	1,9091	0,2909	0,3
		Leitura	04/01/2018	2,0	1,8632	0,1368	0,1
CO-F- 001	PD-F05- 05- 197,95- RMJU	Radial	30/11/2017	2,3	2,1472	0,1528	0,2
			01/11/2017	2,4	2,2981	0,1019	0,1
			03/10/2017	2,4	2,3187	0,0813	0,1
			05/09/2017	2,4	2,3360	0,0640	0,1
			02/08/2017	2,1	2,1875	-0,0875	-0,1

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-F-002	PD-F05-04-170,44-RMDH	Leitura Tangencial	03/07/2017	1,6	2,0237	-0,4237	-0,4
			05/06/2017	1,9	1,7243	0,1757	0,2
			02/05/2017	2,1	1,8673	0,2327	0,2
			04/04/2017	2,1	2,0979	0,0021	0,0
			03/07/2018	-1,7	-1,5684	-0,1316	-0,1
			04/06/2018	-1,8	-1,2779	-0,5221	-0,5
			02/04/2018	-2,0	-1,4051	-0,5949	-0,6
			01/03/2018	-1,7	-1,3270	-0,3730	-0,4
			04/01/2018	-1,6	-1,4577	-0,1423	-0,1
			30/11/2017	-1,5	-1,4533	-0,0467	0,0
			01/11/2017	-1,6	-1,3911	-0,2089	-0,2
			03/10/2017	-1,3	-1,3508	0,0508	0,1
			05/09/2017	-1,4	-1,5305	0,1305	0,1
			02/08/2017	-1,6	-1,4327	-0,1673	-0,2
			03/07/2017	-1,7	-1,6951	-0,0049	0,0
		05/06/2017	-2,2	-1,6599	-0,5401	-0,5	
		02/05/2017	-1,6	-1,4476	-0,1524	-0,2	
		04/04/2017	-1,4	-1,4040	0,0040	0,0	
		03/07/2018	3,9	3,3150	0,5850	0,6	
		04/06/2018	3,8	3,0229	0,7771	0,8	
		02/04/2018	2,8	2,5008	0,2992	0,3	
		01/03/2018	3,0	2,3109	0,6891	0,7	
		04/01/2018	2,8	2,4021	0,3979	0,4	
		30/11/2017	3,9	2,9840	0,9160	0,9	
		01/11/2017	3,9	3,5555	0,3445	0,3	
		03/10/2017	4,0	3,6551	0,3449	0,3	
		05/09/2017	4,2	3,8463	0,3537	0,4	
		02/08/2017	4,2	3,7962	0,4038	0,4	
		03/07/2017	3,7	3,3377	0,3623	0,4	
		05/06/2017	2,9	3,0433	-0,1433	-0,1	
02/05/2017	3,2	2,9616	0,2384	0,2			
04/04/2017	2,8	2,8000	0,0000	0,0			
03/07/2018	-2,3	-2,1835	-0,1165	-0,1			
04/06/2018	-1,8	-1,8728	0,0728	0,1			
02/04/2018	-1,6	-1,4807	-0,1193	-0,1			
01/03/2018	-1,6	-1,5096	-0,0904	-0,1			
04/01/2018	-1,7	-1,7401	0,0401	0,0			
30/11/2017	-1,9	-2,0426	0,1426	0,1			
01/11/2017	-2,3	-2,2538	-0,0462	0,0			

GRUPO 3

Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			03/10/2017	-2,1	-2,1939	0,0939	0,1
			05/09/2017	-2,2	-2,3539	0,1539	0,2
			02/08/2017	-2,2	-2,3439	0,1439	0,1
			03/07/2017	-2,3	-2,5135	0,2135	0,2
			05/06/2017	-1,9	-1,9428	0,0428	0,0
			02/05/2017	-1,9	-1,6526	-0,2474	-0,2
			04/04/2017	-1,3	-1,3020	0,0020	0,0
			03/07/2018	6,3	6,0376	0,2624	0,3
			04/06/2018	6,0	5,8232	0,1768	0,2
			02/04/2018	5,7	5,0724	0,6276	0,6
			01/03/2018	5,3	4,8932	0,4068	0,4
			04/01/2018	5,3	5,1781	0,1219	0,1
			30/11/2017	6,0	5,8594	0,1406	0,1
		Leitura Radial	01/11/2017	6,7	6,5023	0,1977	0,2
			03/10/2017	6,8	6,5743	0,2257	0,2
			05/09/2017	6,8	6,8498	-0,0498	0,0
			02/08/2017	6,8	6,8377	-0,0377	0,0
			03/07/2017	6,4	6,4396	-0,0396	0,0
			05/06/2017	5,8	5,9411	-0,1411	-0,1
			04/04/2017	5,5	5,5039	-0,0039	0,0
			03/07/2018	-4,4	-3,8228	-0,5772	-0,6
			04/06/2018	-3,6	-2,8392	-0,7608	-0,8
			02/04/2018	-2,6	-2,1922	-0,4078	-0,4
			01/03/2018	-2,7	-2,1679	-0,5321	-0,5
			04/01/2018	-2,6	-2,4667	-0,1333	-0,1
			30/11/2017	-3,7	-2,9781	-0,7219	-0,7
		Leitura Tangencial	01/11/2017	-4,0	-3,6203	-0,3797	-0,4
			03/10/2017	-4,1	-3,5385	-0,5615	-0,6
			05/09/2017	-4,5	-4,1413	-0,3587	-0,4
			02/08/2017	-4,6	-4,2315	-0,3685	-0,4
			03/07/2017	-4,0	-3,7319	-0,2681	-0,3
			05/06/2017	-3,8	-3,2857	-0,5143	-0,5
			04/04/2017	-2,0	-2,0029	0,0029	0,0
			03/07/2018	9,3	8,9614	0,3386	0,3
			04/06/2018	8,0	8,4669	-0,4669	-0,5
		Leitura Radial	02/04/2018	8,0	7,8110	0,1890	0,2
			01/03/2018	7,6	7,2905	0,3095	0,3
			04/01/2018	8,2	7,3892	0,8108	0,8
			30/11/2017	9,7	8,4163	1,2837	1,3

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			01/11/2017	9,5	9,1205	0,3795	0,4
			03/10/2017	9,4	9,2101	0,1899	0,2
			05/09/2017	9,9	9,3864	0,5136	0,5
			02/08/2017	9,9	9,4876	0,4124	0,4
			03/07/2017	9,7	9,2330	0,4670	0,5
			05/06/2017	8,7	8,4272	0,2728	0,3
			04/04/2017	7,7	7,7050	-0,0050	0,0
			03/07/2018	-3,8	-4,0381	0,2381	0,2
			04/06/2018	-2,7	-3,2901	0,5901	0,6
			02/04/2018	-2,4	-2,1612	-0,2388	-0,2
			01/03/2018	-2,7	-2,4269	-0,2731	-0,3
			04/01/2018	-2,6	-2,5400	-0,0600	-0,1
			30/11/2017	-3,4	-3,3892	-0,0108	0,0
		Leitura Tangencial	01/11/2017	-4,0	-4,1473	0,1473	0,1
			03/10/2017	-4,2	-4,1868	-0,0132	0,0
			05/09/2017	-4,4	-4,5557	0,1557	0,2
			02/08/2017	-4,3	-4,4450	0,1450	0,1
			03/07/2017	-3,9	-3,8566	-0,0434	0,0
			05/06/2017	-3,6	-3,2302	-0,3698	-0,4
			04/04/2017	-2,1	-2,0970	-0,0030	0,0
			03/07/2018	12,6	12,4321	0,1679	0,2
			04/06/2018	11,9	11,9904	-0,0904	-0,1
			02/04/2018	11,5	10,7322	0,7678	0,8
			01/03/2018	11,1	10,5412	0,5588	0,6
			04/01/2018	10,8	11,1068	-0,3068	-0,3
			30/11/2017	12,2	11,8110	0,3890	0,4
		Leitura Radial	01/11/2017	12,6	12,6026	-0,0026	0,0
			03/10/2017	12,8	12,7130	0,0870	0,1
			05/09/2017	13,4	13,1747	0,2253	0,2
			02/08/2017	13,6	13,0847	0,5153	0,5
			03/07/2017	12,8	12,6618	0,1382	0,1
			05/06/2017	11,8	12,0404	-0,2404	-0,2
			02/05/2017	11,7	11,7911	-0,0911	-0,1
			04/04/2017	11,2	11,2030	-0,0030	0,0
			03/07/2018	-6,6	-6,3474	-0,2526	-0,3
			04/06/2018	-5,4	-5,4212	0,0212	0,0
		Leitura Tangencial	02/04/2018	-4,3	-4,4977	0,1977	0,2
			01/03/2018	-4,3	-4,7981	0,4981	0,5
			04/01/2018	-5,1	-5,0154	-0,0846	-0,1

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			30/11/2017	-5,9	-5,9825	0,0825	0,1
			01/11/2017	-6,2	-6,4857	0,2857	0,3
			03/10/2017	-6,6	-6,5746	-0,0254	0,0
			05/09/2017	-6,9	-6,8993	-0,0007	0,0
			02/08/2017	-6,7	-6,8904	0,1904	0,2
			03/07/2017	-6,4	-6,2851	-0,1149	-0,1
			05/06/2017	-5,5	-5,4908	-0,0092	0,0
			02/05/2017	-4,7	-4,8626	0,1626	0,2
			04/04/2017	-4,3	-4,2960	-0,0040	0,0
			03/07/2018	1,9	2,0108	-0,1108	-0,1
			04/06/2018	1,9	1,9926	-0,0926	-0,1
			02/04/2018	1,7	2,0313	-0,3313	-0,3
			01/03/2018	1,7	2,0294	-0,3294	-0,3
			04/01/2018	2,0	2,0677	-0,0677	-0,1
			30/11/2017	2,2	2,2419	-0,0419	0,0
		Leitura Radial	01/11/2017	2,1	2,1132	-0,0132	0,0
			03/10/2017	2,2	2,1019	0,0981	0,1
			05/09/2017	1,9	2,0916	-0,1916	-0,2
			02/08/2017	2,0	2,0713	-0,0713	-0,1
			03/07/2017	2,0	2,1124	-0,1124	-0,1
			05/06/2017	2,1	1,9908	0,1092	0,1
			04/04/2017	1,9	1,9001	-0,0001	0,0
			03/07/2018	0,6	0,7276	-0,1276	-0,1
			04/06/2018	0,7	0,7971	-0,0971	-0,1
			02/04/2018	0,4	0,7481	-0,3481	-0,3
			01/03/2018	0,6	0,6781	-0,0781	-0,1
			04/01/2018	0,7	0,6132	0,0868	0,1
			30/11/2017	0,4	0,7737	-0,3737	-0,4
		Leitura Tangencial	01/11/2017	0,6	0,8203	-0,2203	-0,2
			03/10/2017	0,5	0,7700	-0,2700	-0,3
			05/09/2017	0,3	0,7598	-0,4598	-0,5
			02/08/2017	0,5	0,7492	-0,2492	-0,2
			03/07/2017	0,7	0,7903	-0,0903	-0,1
			05/06/2017	0,5	0,7271	-0,2271	-0,2
			04/04/2017	0,4	0,4020	-0,0020	0,0
			03/07/2018	1,1	1,4336	-0,3336	-0,3
		Leitura Radial	04/06/2018	0,8	1,2538	-0,4538	-0,5
			02/04/2018	0,6	1,4564	-0,8564	-0,9
			01/03/2018	0,7	1,2820	-0,5820	-0,6

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-F- 008	PI-F05- 03- 096,91- RMDH	Leitura Tangencial	04/01/2018	1,4	1,3741	0,0259	0,0
			30/11/2017	1,9	1,6816	0,2184	0,2
			01/11/2017	1,9	1,9193	-0,0193	0,0
			03/10/2017	1,9	1,6556	0,2444	0,2
			05/09/2017	1,9	1,6428	0,2572	0,3
			02/08/2017	1,8	1,6288	0,1712	0,2
			03/07/2017	1,9	1,4909	0,4091	0,4
			05/06/2017	1,6	1,5969	0,0031	0,0
			04/04/2017	1,7	1,6999	0,0001	0,0
			03/07/2018	0,0	0,3147	-0,3147	-0,3
			04/06/2018	0,3	0,3189	-0,0189	0,0
			02/04/2018	0,6	0,4054	0,1946	0,2
			01/03/2018	0,5	0,2599	0,2401	0,2
			04/01/2018	0,5	0,2978	0,2022	0,2
			30/11/2017	0,5	0,5823	-0,0823	-0,1
			01/11/2017	0,5	0,5096	-0,0096	0,0
		03/10/2017	0,5	0,3816	0,1184	0,1	
		05/09/2017	0,5	0,2913	0,2087	0,2	
		02/08/2017	0,3	0,1609	0,1391	0,1	
		03/07/2017	0,0	0,2266	-0,2266	-0,2	
		05/06/2017	0,2	0,1000	0,1000	0,1	
		04/04/2017	0,3	0,2980	0,0020	0,0	
		03/07/2018	2,2	2,7623	-0,5623	-0,6	
		04/06/2018	2,4	2,7559	-0,3559	-0,4	
		02/04/2018	2,5	2,9008	-0,4008	-0,4	
		01/03/2018	2,6	2,7210	-0,1210	-0,1	
		04/01/2018	2,8	2,7288	0,0712	0,1	
		30/11/2017	2,7	2,7915	-0,0915	-0,1	
		01/11/2017	2,9	2,7397	0,1603	0,2	
		03/10/2017	2,8	2,7099	0,0901	0,1	
		05/09/2017	2,6	2,6789	-0,0789	-0,1	
		02/08/2017	2,5	2,6994	-0,1994	-0,2	
03/07/2017	2,9	2,7220	0,1780	0,2			
02/05/2017	2,9	2,9205	-0,0205	0,0			
04/04/2017	2,9	2,9040	-0,0040	0,0			
03/07/2018	-0,2	-0,2137	0,0137	0,0			
04/06/2018	-0,7	-0,0739	-0,6261	-0,6			
02/04/2018	-0,2	-0,2700	0,0700	0,1			
01/03/2018	-0,1	-0,2648	0,1648	0,2			
		Leitura Tangencial					

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			04/01/2018	-0,5	-0,1946	-0,3054	-0,3
			30/11/2017	0,0	-0,2429	0,2429	0,2
			01/11/2017	0,0	-0,3143	0,3143	0,3
			03/10/2017	-0,2	-0,3051	0,1051	0,1
			05/09/2017	0,0	-0,3459	0,3459	0,3
			02/08/2017	-0,2	-0,3254	0,1254	0,1
			03/07/2017	-0,2	-0,2248	0,0248	0,0
			02/05/2017	-0,3	-0,2795	-0,0205	0,0
			04/04/2017	-0,5	-0,4999	-0,0001	0,0
			03/07/2018	-4,8	-4,4712	-0,3288	-0,3
			04/06/2018	-3,5	-3,0384	-0,4616	-0,5
			02/04/2018	-1,5	-0,6195	-0,8805	-0,9
			01/03/2018	0,3	0,3592	-0,0592	-0,1
			04/01/2018	-0,9	-0,7047	-0,1953	-0,2
			30/11/2017	-3,1	-2,3420	-0,7580	-0,8
		Leitura Radial	01/11/2017	-3,7	-3,5023	-0,1977	-0,2
			03/10/2017	-3,7	-3,8238	0,1238	0,1
			05/09/2017	-4,1	-3,7964	-0,3036	-0,3
			02/08/2017	-4,3	-4,1353	-0,1647	-0,2
			03/07/2017	-3,8	-3,8124	0,0124	0,0
			05/06/2017	-3,8	-3,7316	-0,0684	-0,1
			04/04/2017	-0,6	-0,6040	0,0040	0,0
			03/07/2018	-0,1	0,0252	-0,1252	-0,1
			04/06/2018	-0,5	-0,4041	-0,0959	-0,1
			02/04/2018	-1,0	-1,1709	0,1709	0,2
			01/03/2018	-1,6	-1,2641	-0,3359	-0,3
			04/01/2018	-1,0	-1,1916	0,1916	0,2
			30/11/2017	-1,1	-1,3921	0,2921	0,3
		Leitura Tangencial	01/11/2017	-1,1	-1,4331	0,3331	0,3
			03/10/2017	-0,9	-1,2228	0,3228	0,3
			05/09/2017	0,3	-0,9593	1,2593	1,3
			02/08/2017	0,0	-0,2169	0,2169	0,2
			03/07/2017	0,1	-0,0397	0,1397	0,1
			05/06/2017	-0,1	-0,6179	0,5179	0,5
			04/04/2017	-0,7	-0,7020	0,0020	0,0
			03/07/2018	-4,6	-4,3097	-0,2903	-0,3
		Leitura Radial	04/06/2018	-3,5	-3,5900	0,0900	0,1
			02/04/2018	-2,0	-2,2075	0,2075	0,2
			01/03/2018	-1,1	-1,1471	0,0471	0,0

GRUPO 3							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-U-003	PD-U9A-01-061,35-RMJU	Leitura Tangencial	04/01/2018	-1,7	-1,8274	0,1274	0,1
			30/11/2017	-2,9	-2,8274	-0,0726	-0,1
			01/11/2017	-3,2	-3,2870	0,0870	0,1
			03/10/2017	-3,2	-3,2978	0,0978	0,1
			05/09/2017	-3,8	-3,5185	-0,2815	-0,3
			02/08/2017	-3,8	-3,7198	-0,0802	-0,1
			05/06/2017	-3,9	-4,0395	0,1395	0,1
			02/05/2017	-3,2	-3,2582	0,0582	0,1
			04/04/2017	-2,1	-2,0990	-0,0010	0,0
			03/07/2018	-0,1	0,4801	-0,5801	-0,6
			04/06/2018	0,0	0,6595	-0,6595	-0,7
			02/04/2018	-0,7	-0,1974	-0,5026	-0,5
			01/03/2018	-0,3	-0,2779	-0,0221	0,0
			04/01/2018	-0,3	-0,2186	-0,0814	-0,1
			30/11/2017	-0,4	-0,2233	-0,1767	-0,2
			01/11/2017	-0,4	-0,3113	-0,0887	-0,1
		03/10/2017	-0,2	-0,1313	-0,0687	-0,1	
		05/09/2017	0,6	0,0493	0,5507	0,6	
		02/08/2017	0,6	0,5498	0,0502	0,1	
		05/06/2017	0,3	0,3901	-0,0901	-0,1	
		02/05/2017	0,2	-0,0414	0,2414	0,2	
		04/04/2017	-0,2	-0,2020	0,0020	0,0	
		03/07/2018	-5,3	-5,2042	-0,0958	-0,1	
		04/06/2018	-4,1	-4,3532	0,2532	0,3	
		02/04/2018	-2,6	-2,5788	-0,0212	0,0	
		01/03/2018	-2,0	-2,3479	0,3479	0,3	
		04/01/2018	-2,9	-2,7177	-0,1823	-0,2	
		30/11/2017	-4,0	-3,7591	-0,2409	-0,2	
		01/11/2017	-4,6	-4,5899	-0,0101	0,0	
		03/10/2017	-4,4	-4,7509	0,3509	0,4	
		05/09/2017	-5,1	-4,9517	-0,1483	-0,1	
		02/08/2017	-5,3	-5,4140	0,1140	0,1	
03/07/2017	-4,8	-4,7935	-0,0065	0,0			
05/06/2017	-4,4	-4,3616	-0,0384	0,0			
04/04/2017	-2,3	-2,3051	0,0051	0,0			
03/07/2018	2,4	2,6561	-0,2561	-0,3			
04/06/2018	1,7	2,4437	-0,7437	-0,7			
02/04/2018	1,5	1,7396	-0,2396	-0,2			
01/03/2018	1,2	1,6168	-0,4168	-0,4			
		Leitura Radial					
		Leitura Tangencial					

GRUPO 3								
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 3 (mm) [1]	Micr. 3 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]	
CO-U- 004	PD-U9A- 02- 099,90- RMJU		04/01/2018	1,8	1,5932	0,2068	0,2	
			30/11/2017	1,7	1,7704	-0,0704	-0,1	
			01/11/2017	2,0	1,8947	0,1053	0,1	
			03/10/2017	2,0	2,0352	-0,0352	0,0	
			05/09/2017	2,8	2,1657	0,6343	0,6	
			02/08/2017	2,6	2,6262	-0,0262	0,0	
			03/07/2017	2,7	2,4953	0,2047	0,2	
			05/06/2017	2,3	2,1538	0,1462	0,1	
			04/04/2017	1,6	1,6051	-0,0051	0,0	
			03/07/2018	-3,1	-3,0660	-0,0340	0,0	
			04/06/2018	-2,8	-2,7054	-0,0946	-0,1	
			02/04/2018	-1,5	-1,6382	0,1382	0,1	
			01/03/2018	-1,1	-1,2570	0,1570	0,2	
			04/01/2018	-1,2	-1,5895	0,3895	0,4	
			30/11/2017	-1,8	-1,8317	0,0317	0,0	
	01/11/2017	-2,3	-2,2523	-0,0477	0,0			
	03/10/2017	-2,0	-2,1815	0,1815	0,2			
	05/09/2017	-2,7	-2,5320	-0,1680	-0,2			
	02/08/2017	-2,9	-3,0852	0,1852	0,2			
	03/07/2017	-2,7	-2,8852	0,1852	0,2			
	05/06/2017	-2,5	-2,6322	0,1322	0,1			
	04/04/2017	-1,7	-1,6999	-0,0001	0,0			
		Leitura Tangencial		03/07/2018	1,1	1,8967	-0,7967	-0,8
				04/06/2018	0,5	1,8426	-1,3426	-1,3
				02/04/2018	0,2	1,2573	-1,0573	-1,1
				01/03/2018	1,0	1,1707	-0,1707	-0,2
				04/01/2018	1,2	1,3564	-0,1564	-0,2
	30/11/2017			1,3	1,5304	-0,2304	-0,2	
	01/11/2017			1,2	1,5766	-0,3766	-0,4	
	03/10/2017			1,2	1,5156	-0,3156	-0,3	
	05/09/2017			1,6	1,5604	0,0396	0,0	
	02/08/2017			1,8	1,8269	-0,0269	0,0	
	03/07/2017			1,9	1,8247	0,0753	0,1	
	05/06/2017			1,8	1,5717	0,2283	0,2	
	04/04/2017	1,0	0,9970	0,0030	0,0			

Fonte: O autor (2018).

Tabela 18 – Deslocamentos calculados com cada equipamento e diferenças para cada par de dados – GRUPO 4.

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-F-025	PD-F35-04-197,93-RMEH	Leitura Radial	03/07/2018	5,3	4,9512	0,3488	0,3
			05/06/2018	5,6	5,2582	0,3418	0,3
			02/04/2018	4,7	4,1747	0,5253	0,5
			27/02/2018	3,9	3,4231	0,4769	0,5
			29/01/2018	3,5	3,3658	0,1342	0,1
			03/01/2018	3,6	3,3904	0,2096	0,2
			27/11/2017	4,3	4,2105	0,0895	0,1
			31/10/2017	4,6	4,6193	-0,0193	0,0
			02/10/2017	4,6	4,5963	0,0037	0,0
			04/09/2017	4,6	4,4823	0,1177	0,1
			01/08/2017	5,3	4,5193	0,7807	0,8
			05/07/2017	5,0	4,8504	0,1496	0,1
	05/06/2017	4,8	4,7761	0,0239	0,0		
	03/04/2017	3,7	4,2793	-0,5793	-0,6		
	PD-F35-03-170,40-RMEH	Leitura Tangencial	03/07/2018	0,2	0,1713	0,0287	0,0
			05/06/2018	-0,1	-0,0219	-0,0781	-0,1
			02/04/2018	-0,4	-0,3001	-0,0999	-0,1
			27/02/2018	0,0	-0,6334	0,6334	0,6
			29/01/2018	-0,2	-0,3324	0,1324	0,1
			03/01/2018	-0,5	-0,4398	-0,0602	-0,1
			27/11/2017	-0,2	-0,2130	0,0130	0,0
			31/10/2017	-0,1	-0,1700	0,0700	0,1
			02/10/2017	0,0	-0,1314	0,1314	0,1
			04/09/2017	0,2	-0,2075	0,4075	0,4
01/08/2017			0,2	-0,4884	0,6884	0,7	
05/07/2017			0,0	-0,5798	0,5798	0,6	
05/06/2017	-0,1	-0,0880	-0,0120	0,0			
03/04/2017	-0,3	-0,1656	-0,1344	-0,1			
CO-F-026	PD-F35-03-170,40-RMEH	Leitura Radial	03/07/2018	8,8	8,5231	0,2769	0,3
			05/06/2018	8,6	8,3319	0,2681	0,3
			02/04/2018	6,5	6,0938	0,4062	0,4
			27/02/2018	4,6	4,7462	-0,1462	-0,1
			29/01/2018	4,5	4,5450	-0,0450	0,0
			03/01/2018	4,9	4,4772	0,4228	0,4
			27/11/2017	6,4	6,3577	0,0423	0,0
			31/10/2017	7,3	7,2383	0,0617	0,1
			02/10/2017	7,4	7,3510	0,0490	0,0
			04/09/2017	7,7	7,5451	0,1549	0,2
			01/08/2017	8,9	8,7015	0,1985	0,2
			05/07/2017	8,7	8,1491	0,5509	0,6
			05/06/2017	7,6	7,4942	0,1058	0,1
			03/04/2017	6,1	6,2781	-0,1781	-0,2
03/07/2018	0,4	0,3857	0,0143	0,0			

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			05/06/2018	0,4	0,3417	0,0583	0,1
			02/04/2018	-0,4	-0,3515	-0,0485	0,0
			27/02/2018	-0,5	-0,4996	-0,0004	0,0
			29/01/2018	-0,3	-0,4185	0,1185	0,1
			03/01/2018	-0,4	-0,4961	0,0961	0,1
			27/11/2017	0,1	0,0272	0,0728	0,1
		Leitura Tangencial	31/10/2017	0,2	0,1006	0,0994	0,1
			02/10/2017	0,0	0,1198	-0,1198	-0,1
			04/09/2017	0,2	0,1675	0,0325	0,0
			01/08/2017	0,4	0,3649	0,0351	0,0
			05/07/2017	0,2	-0,1986	0,3986	0,4
			05/06/2017	0,0	0,0494	-0,0494	0,0
			03/04/2017	-0,1	0,0062	-0,1062	-0,1
			03/07/2018	12,4	12,3059	0,0941	0,1
			05/06/2018	12,3	12,2804	0,0196	0,0
			02/04/2018	9,6	9,3097	0,2903	0,3
			27/02/2018	7,7	7,9002	-0,2002	-0,2
			29/01/2018	7,4	7,4791	-0,0791	-0,1
			03/01/2018	7,9	7,4274	0,4726	0,5
		Leitura Radial	27/11/2017	9,8	9,7175	0,0825	0,1
			31/10/2017	10,8	10,6863	0,1137	0,1
			02/10/2017	11,1	10,7988	0,3012	0,3
			04/09/2017	11,1	11,3974	-0,2974	-0,3
			01/08/2017	13,1	12,9682	0,1318	0,1
			05/07/2017	12,7	12,0917	0,6083	0,6
			05/06/2017	11,6	11,1780	0,4220	0,4
			03/04/2017	9,2	9,2965	-0,0965	-0,1
			03/07/2018	1,2	1,0635	0,1365	0,1
			05/06/2018	1,1	0,9932	0,1068	0,1
			02/04/2018	-0,1	-0,3038	0,2038	0,2
			27/02/2018	0,0	-0,3210	0,3210	0,3
			29/01/2018	-0,1	-0,2488	0,1488	0,1
			03/01/2018	0,0	-0,0805	0,0805	0,1
		Leitura Tangencial	27/11/2017	0,8	0,5579	0,2421	0,2
			31/10/2017	0,8	0,6669	0,1331	0,1
			02/10/2017	1,1	0,7889	0,3111	0,3
			04/09/2017	1,0	0,9025	0,0975	0,1
			01/08/2017	1,5	1,3259	0,1741	0,2
			05/07/2017	1,2	0,5326	0,6674	0,7
			05/06/2017	0,6	0,2540	0,3460	0,3
			03/04/2017	-0,1	0,0153	-0,1153	-0,1
			03/07/2018	17,1	16,8090	0,2910	0,3
			05/06/2018	17,3	16,5560	0,7440	0,7
		Leitura Radial	02/04/2018	13,7	13,6238	0,0762	0,1
			27/02/2018	12,0	12,1439	-0,1439	-0,1
			29/01/2018	11,9	11,6039	0,2961	0,3

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-H-001	PI-H08-01-068,92-RMEH	Leitura Tangencial	03/01/2018	12,3	11,7700	0,5300	0,5
			27/11/2017	14,5	14,1820	0,3180	0,3
			31/10/2017	15,3	15,1600	0,1400	0,1
			02/10/2017	15,3	15,2370	0,0630	0,1
			04/09/2017	15,6	15,4540	0,1460	0,1
			01/08/2017	17,4	17,3839	0,0161	0,0
			05/07/2017	17,1	16,5291	0,5709	0,6
			05/06/2017	15,8	15,7970	0,0030	0,0
			03/04/2017	13,5	13,5660	-0,0660	-0,1
			03/07/2018	1,7	1,6548	0,0452	0,0
			05/06/2018	1,5	1,4652	0,0348	0,0
			02/04/2018	1,0	1,1754	-0,1754	-0,2
			27/02/2018	1,2	1,2085	-0,0085	0,0
			29/01/2018	1,5	1,2955	0,2045	0,2
			03/01/2018	1,3	1,5423	-0,2423	-0,2
			27/11/2017	1,7	1,4517	0,2483	0,2
			31/10/2017	1,9	1,4800	0,4200	0,4
			02/10/2017	1,8	1,3940	0,4060	0,4
		04/09/2017	1,5	1,5912	-0,0912	-0,1	
		01/08/2017	2,0	1,7714	0,2286	0,2	
		05/07/2017	2,1	2,1761	-0,0761	-0,1	
		05/06/2017	1,6	1,5589	0,0411	0,0	
		03/04/2017	1,2	0,7887	0,4113	0,4	
		03/07/2018	1,7	1,7195	-0,0195	0,0	
		05/06/2018	1,6	1,6022	-0,0022	0,0	
		02/04/2018	1,4	1,6965	-0,2965	-0,3	
		27/02/2018	1,8	1,7045	0,0955	0,1	
		29/01/2018	1,8	1,8207	-0,0207	0,0	
		03/01/2018	2,0	1,8199	0,1801	0,2	
		27/11/2017	1,8	1,8177	-0,0177	0,0	
		31/10/2017	2,0	1,7903	0,2097	0,2	
		02/10/2017	2,0	1,8157	0,1843	0,2	
		04/09/2017	2,0	1,7968	0,2032	0,2	
		01/08/2017	1,7	1,7495	-0,0495	0,0	
		05/07/2017	1,9	2,1825	-0,2825	-0,3	
		02/05/2017	1,7	1,6576	0,0424	0,0	
		03/04/2017	1,8	1,5448	0,2552	0,3	
		03/07/2018	-0,5	-0,8104	0,3104	0,3	
		05/06/2018	-0,5	-0,7538	0,2538	0,3	
		02/04/2018	-0,5	-0,7239	0,2239	0,2	
		27/02/2018	-0,7	-0,6341	-0,0659	-0,1	
		29/01/2018	-0,7	-0,6867	-0,0133	0,0	
03/01/2018	-0,6	-0,6967	0,0967	0,1			
27/11/2017	-0,7	-0,9066	0,2066	0,2			
31/10/2017	-0,7	-0,6690	-0,0310	0,0			
02/10/2017	-0,7	-0,8655	0,1655	0,2			
		Leitura Tangencial					

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			04/09/2017	-0,6	-0,7361	0,1361	0,1
			01/08/2017	-0,8	-0,8551	0,0551	0,1
			05/07/2017	-0,5	-0,1665	-0,3335	-0,3
			02/05/2017	-0,6	-0,6371	0,0371	0,0
			03/04/2017	-0,7	-0,8194	0,1194	0,1
			03/07/2018	5,2	5,3514	-0,1514	-0,2
			05/06/2018	5,0	5,1072	-0,1072	-0,1
			02/04/2018	4,6	5,0158	-0,4158	-0,4
			27/02/2018	4,9	5,3276	-0,4276	-0,4
			29/01/2018	5,6	5,3363	0,2637	0,3
			03/01/2018	5,5	5,5368	-0,0368	0,0
		Leitura	27/11/2017	5,5	5,5226	-0,0226	0,0
		Radial	31/10/2017	5,5	5,5464	-0,0464	0,0
			02/10/2017	5,5	5,5302	-0,0302	0,0
			04/09/2017	5,8	5,6269	0,1731	0,2
			01/08/2017	5,4	5,3869	0,0131	0,0
			05/07/2017	5,1	5,8114	-0,7114	-0,7
	PI-H08-		02/05/2017	5,0	5,1786	-0,1786	-0,2
	02-		03/04/2017	5,1	4,9275	0,1725	0,2
	115,67-		03/07/2018	1,2	1,2081	-0,0081	0,0
	RMEH		05/06/2018	1,3	1,1804	0,1196	0,1
			02/04/2018	1,4	0,9478	0,4522	0,5
			27/02/2018	1,3	1,2399	0,0601	0,1
			29/01/2018	1,2	1,0400	0,1600	0,2
			03/01/2018	1,3	0,9546	0,3454	0,3
		Leitura	27/11/2017	0,8	0,9024	-0,1024	-0,1
		Tangencial	31/10/2017	1,2	1,2076	-0,0076	0,0
			02/10/2017	1,1	1,1755	-0,0755	-0,1
			04/09/2017	1,3	1,1323	0,1677	0,2
			01/08/2017	1,3	1,1304	0,1696	0,2
			05/07/2017	1,2	1,7380	-0,5380	-0,5
			02/05/2017	1,2	1,2379	-0,0379	0,0
			03/04/2017	1,2	1,0733	0,1267	0,1
			03/07/2018	7,6	7,7233	-0,1233	-0,1
			05/06/2018	7,4	7,4189	-0,0189	0,0
			02/04/2018	6,9	7,4123	-0,5123	-0,5
			27/02/2018	7,5	7,5828	-0,0828	-0,1
			29/01/2018	8,2	7,7901	0,4099	0,4
	PI-H08-		03/01/2018	8,1	8,0376	0,0624	0,1
	03-	Leitura	27/11/2017	8,1	7,7166	0,3834	0,4
	145,37-	Radial	31/10/2017	8,2	7,9087	0,2913	0,3
	RMEH		02/10/2017	8,0	7,8860	0,1140	0,1
			04/09/2017	8,2	7,9492	0,2508	0,3
			01/08/2017	8,2	7,8805	0,3195	0,3
			05/07/2017	8,2	8,2655	-0,0655	-0,1
			02/05/2017	7,6	7,4925	0,1075	0,1

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			03/04/2017	7,4	7,2109	0,1891	0,2
			03/07/2018	1,8	1,7509	0,0491	0,0
			05/06/2018	1,8	1,7868	0,0132	0,0
			02/04/2018	2,2	1,8147	0,3853	0,4
			27/02/2018	1,9	1,8570	0,0430	0,0
			29/01/2018	1,8	1,8729	-0,0729	-0,1
			03/01/2018	2,0	1,4836	0,5164	0,5
		Leitura	27/11/2017	1,7	1,7008	-0,0008	0,0
		Tangencial	31/10/2017	1,8	1,7086	0,0914	0,1
			02/10/2017	1,7	1,6593	0,0407	0,0
			04/09/2017	1,7	1,6022	0,0978	0,1
			01/08/2017	1,6	1,6912	-0,0912	-0,1
			05/07/2017	1,8	2,2291	-0,4291	-0,4
			02/05/2017	1,8	1,8348	-0,0348	0,0
			03/04/2017	1,8	1,4953	0,3047	0,3
			03/07/2018	10,3	10,0232	0,2768	0,3
			05/06/2018	9,9	9,7022	0,1978	0,2
			02/04/2018	9,7	9,5871	0,1129	0,1
			27/02/2018	9,7	9,8469	-0,1469	-0,1
			29/01/2018	10,2	10,1073	0,0927	0,1
			03/01/2018	10,4	10,0855	0,3145	0,3
		Leitura	27/11/2017	10,2	10,1141	0,0859	0,1
		Radial	31/10/2017	10,2	10,1830	0,0170	0,0
			02/10/2017	10,3	10,1248	0,1752	0,2
			04/09/2017	10,2	10,2968	-0,0968	-0,1
			01/08/2017	10,2	10,1370	0,0630	0,1
			05/07/2017	10,1	10,6152	-0,5152	-0,5
			02/05/2017	10,0	9,8869	0,1131	0,1
			03/04/2017	9,9	9,5467	0,3533	0,4
			03/07/2018	3,2	3,1688	0,0312	0,0
			05/06/2018	3,2	3,1666	0,0334	0,0
			02/04/2018	3,5	3,1331	0,3669	0,4
			27/02/2018	3,2	3,0742	0,1258	0,1
			29/01/2018	3,3	3,2150	0,0850	0,1
			03/01/2018	3,3	3,2810	0,0190	0,0
		Leitura	27/11/2017	3,3	3,1490	0,1510	0,2
		Tangencial	31/10/2017	3,1	3,0812	0,0188	0,0
			02/10/2017	2,8	3,0371	-0,2371	-0,2
			04/09/2017	3,0	3,0354	-0,0354	0,0
			01/08/2017	3,1	3,0951	0,0049	0,0
			05/07/2017	3,1	2,6098	0,4902	0,5
			02/05/2017	3,1	3,0733	0,0267	0,0
			03/04/2017	3,2	3,3339	-0,1339	-0,1
			03/07/2018	14,6	14,7056	-0,1056	-0,1
			05/06/2018	14,6	14,6873	-0,0873	-0,1
			02/04/2018	14,7	14,4926	0,2074	0,2
CO-H- 004	PI-H08- 04- 170,41- RMMO						
CO-H- 005	PI-H08- 05-	Leitura Radial					

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
CO-I-001	211,17-RMMO		27/02/2018	14,2	14,4928	-0,2928	-0,3
			29/01/2018	14,9	14,4818	0,4182	0,4
			03/01/2018	14,8	14,5117	0,2883	0,3
			27/11/2017	14,6	14,5938	0,0062	0,0
			31/10/2017	14,7	14,7048	-0,0048	0,0
			02/10/2017	14,7	14,6769	0,0231	0,0
			04/09/2017	14,7	14,8331	-0,1331	-0,1
			01/08/2017	14,8	15,4456	-0,6456	-0,6
			05/07/2017	15,0	14,9295	0,0705	0,1
			02/05/2017	15,0	15,0699	-0,0699	-0,1
			03/04/2017	14,9	14,0737	0,8263	0,8
			03/07/2018	4,8	5,0306	-0,2306	-0,2
			05/06/2018	4,8	4,8557	-0,0557	-0,1
			02/04/2018	4,9	4,7833	0,1167	0,1
			27/02/2018	4,6	4,7333	-0,1333	-0,1
	29/01/2018	4,9	4,9633	-0,0633	-0,1		
	03/01/2018	5,1	5,0032	0,0968	0,1		
	Leitura Tangencial	27/11/2017	5,0	4,9820	0,0180	0,0	
	31/10/2017	4,8	4,7496	0,0504	0,1		
	02/10/2017	4,8	4,7247	0,0753	0,1		
	04/09/2017	4,7	4,6722	0,0278	0,0		
	01/08/2017	4,8	4,2591	0,5409	0,5		
	05/07/2017	5,0	4,2638	0,7362	0,7		
	02/05/2017	4,6	4,7141	-0,1141	-0,1		
	03/04/2017	4,7	4,9900	-0,2900	-0,3		
	03/07/2018	3,2	2,9651	0,2349	0,2		
	05/06/2018	3,3	3,1401	0,1599	0,2		
	02/04/2018	2,4	2,3246	0,0754	0,1		
	27/02/2018	1,9	1,7154	0,1846	0,2		
	29/01/2018	1,2	1,3615	-0,1615	-0,2		
	03/01/2018	1,4	1,8839	-0,4839	-0,5		
	Leitura Radial	27/11/2017	2,1	2,1091	-0,0091	0,0	
	31/10/2017	2,4	2,3863	0,0137	0,0		
	02/10/2017	2,3	2,3332	-0,0332	0,0		
	04/09/2017	2,5	2,5953	-0,0953	-0,1		
01/08/2017	2,9	2,4015	0,4985	0,5			
05/07/2017	2,9	2,4099	0,4901	0,5			
02/05/2017	2,0	2,8073	-0,8073	-0,8			
03/04/2017	2,2	3,3645	-1,1645	-1,2			
03/07/2018	0,0	-0,2080	0,2080	0,2			
05/06/2018	0,0	-0,0748	0,0748	0,1			
02/04/2018	0,0	-0,1678	0,1678	0,2			
Leitura Tangencial	27/02/2018	-0,3	-0,9905	0,6905	0,7		
29/01/2018	-0,1	-0,6670	0,5670	0,6			
03/01/2018	0,3	-0,1224	0,4224	0,4			
27/11/2017	0,2	-0,2751	0,4751	0,5			

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			31/10/2017	0,3	-0,2176	0,5176	0,5
			02/10/2017	0,3	-0,2119	0,5119	0,5
			04/09/2017	0,1	-0,2215	0,3215	0,3
			01/08/2017	0,3	-0,6788	0,9788	1,0
			05/07/2017	0,3	-0,7069	1,0069	1,0
			02/05/2017	0,1	-0,1506	0,2506	0,3
			03/07/2018	7,2	7,0869	0,1131	0,1
			05/06/2018	7,4	7,3286	0,0714	0,1
			02/04/2018	4,9	4,7129	0,1871	0,2
			27/02/2018	3,3	3,2734	0,0266	0,0
			29/01/2018	2,2	2,0055	0,1945	0,2
			03/01/2018	2,8	2,9381	-0,1381	-0,1
		Leitura Radial	27/11/2017	4,5	4,3262	0,1738	0,2
			31/10/2017	5,8	5,4279	0,3721	0,4
			02/10/2017	5,7	5,3291	0,3709	0,4
			04/09/2017	6,4	6,2425	0,1575	0,2
			01/08/2017	7,4	7,2693	0,1307	0,1
			05/07/2017	7,2	6,6091	0,5909	0,6
	PD-I10-01-166,21-RMMO		05/06/2017	6,4	6,4642	-0,0642	-0,1
			02/05/2017	6,2	6,1228	0,0772	0,1
			03/07/2018	-0,7	-0,4218	-0,2782	-0,3
			05/06/2018	-0,7	-0,4293	-0,2707	-0,3
			02/04/2018	-0,6	-0,3480	-0,2520	-0,3
			27/02/2018	-1,1	0,0233	-1,1233	-1,1
			29/01/2018	-0,9	-0,9934	0,0934	0,1
			03/01/2018	-0,6	-1,2240	0,6240	0,6
		Leitura Tangencial	27/11/2017	-0,7	-0,6990	-0,0010	0,0
			31/10/2017	-0,5	-0,3019	-0,1981	-0,2
			02/10/2017	-0,3	-0,1821	-0,1179	-0,1
			04/09/2017	-0,5	-0,3382	-0,1618	-0,2
			01/08/2017	-0,7	-0,4396	-0,2604	-0,3
			05/07/2017	-0,7	-0,2000	-0,5000	-0,5
			05/06/2017	-0,5	-0,6681	0,1681	0,2
			02/05/2017	-0,5	-0,3665	-0,1335	-0,1
			03/07/2018	2,1	1,9862	0,1138	0,1
			05/06/2018	1,9	2,0653	-0,1653	-0,2
			02/04/2018	2,0	1,8737	0,1263	0,1
			27/02/2018	2,0	1,7772	0,2228	0,2
			29/01/2018	1,8	1,7636	0,0364	0,0
	PD-I23-02-215,40-RMMO	Leitura Radial	03/01/2018	1,9	1,8241	0,0759	0,1
			27/11/2017	1,9	1,9330	-0,0330	0,0
			31/10/2017	1,8	1,8393	-0,0393	0,0
			02/10/2017	1,9	1,8823	0,0177	0,0
			04/09/2017	1,9	1,9553	-0,0553	-0,1
			01/08/2017	2,0	1,7059	0,2941	0,3
			05/07/2017	1,9	1,4749	0,4251	0,4

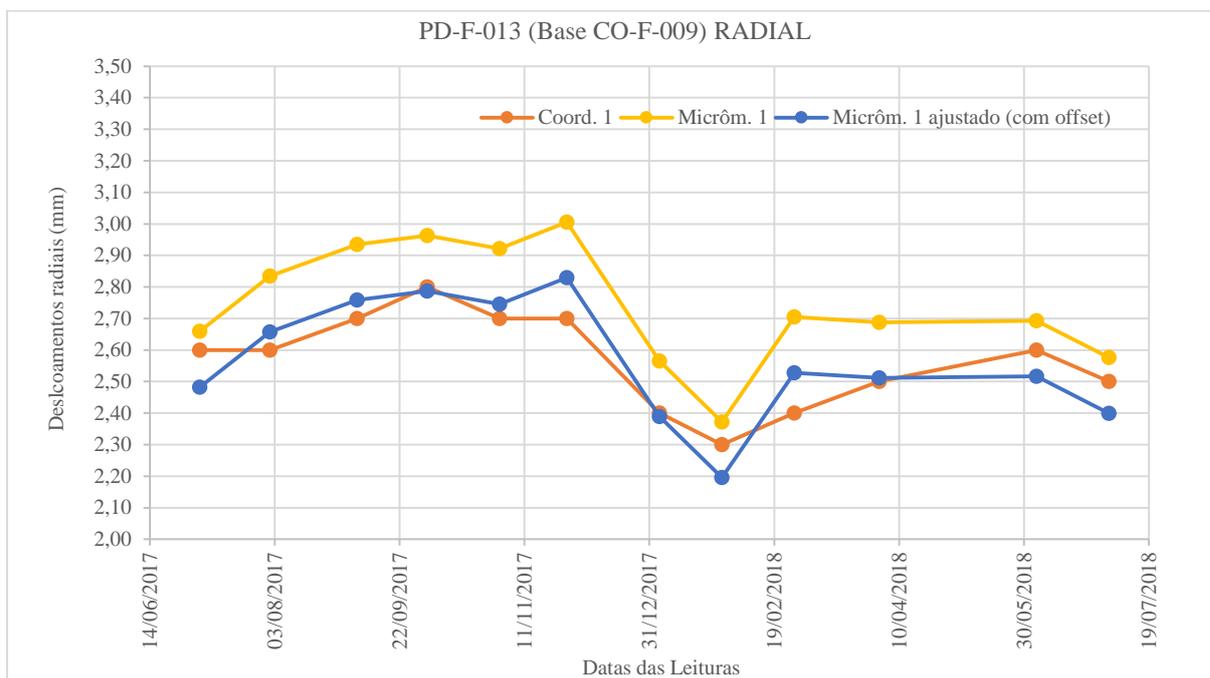
GRUPO 4								
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]	
CO-I- 004	PD-I23- 01- 156,62- RMDH	Leitura Tangencial	05/06/2017	2,0	1,9160	0,0840	0,1	
			03/04/2017	1,6	1,2015	0,3985	0,4	
			03/07/2018	-0,1	0,0813	-0,1813	-0,2	
			05/06/2018	-0,5	-0,2183	-0,2817	-0,3	
			02/04/2018	-0,7	-0,3861	-0,3139	-0,3	
			27/02/2018	-0,7	-0,4914	-0,2086	-0,2	
			29/01/2018	-0,5	-0,4065	-0,0935	-0,1	
			03/01/2018	-0,4	-0,2763	-0,1237	-0,1	
			27/11/2017	-0,3	-0,0039	-0,2961	-0,3	
			31/10/2017	0,0	0,1108	-0,1108	-0,1	
			02/10/2017	0,1	0,1119	-0,0119	0,0	
			04/09/2017	0,2	0,1542	0,0458	0,0	
			01/08/2017	0,3	0,6333	-0,3333	-0,3	
			05/07/2017	0,1	0,6177	-0,5177	-0,5	
			05/06/2017	-0,4	-0,0029	-0,3971	-0,4	
	PD-I23- 01- 156,62- RMDH	Leitura Radial	03/07/2018	6,4	6,6337	-0,2337	-0,2	
			05/06/2018	6,8	6,3703	0,4297	0,4	
			02/04/2018	6,7	6,5832	0,1168	0,1	
			27/02/2018	6,6	6,3041	0,2959	0,3	
			29/01/2018	6,8	6,3268	0,4732	0,5	
			03/01/2018	6,6	6,1505	0,4495	0,4	
			27/11/2017	6,6	6,5992	0,0008	0,0	
			31/10/2017	6,5	6,4593	0,0407	0,0	
			02/10/2017	6,3	6,3682	-0,0682	-0,1	
			04/09/2017	6,6	6,4349	0,1651	0,2	
			01/08/2017	6,5	6,4351	0,0649	0,1	
			05/07/2017	6,9	7,1554	-0,2554	-0,3	
PD-I23- 01- 156,62- RMDH	Leitura Tangencial	05/06/2017	6,7	6,5513	0,1487	0,1		
		02/05/2017	6,9	6,7363	0,1637	0,2		
		03/07/2018	0,8	1,0142	-0,2142	-0,2		
		05/06/2018	0,1	0,0076	0,0924	0,1		
		02/04/2018	-1,0	-0,6752	-0,3248	-0,3		
		27/02/2018	-1,2	-0,5880	-0,6120	-0,6		
		29/01/2018	-0,8	-0,3558	-0,4442	-0,4		
		03/01/2018	0,0	-0,2114	0,2114	0,2		
		27/11/2017	0,6	0,9239	-0,3239	-0,3		
		31/10/2017	1,1	1,3264	-0,2264	-0,2		
PD-I23- 01- 156,62- RMDH	Leitura Tangencial	02/10/2017	1,0	1,2655	-0,2655	-0,3		
		04/09/2017	1,1	1,4632	-0,3632	-0,4		
		01/08/2017	1,0	1,4732	-0,4732	-0,5		
		05/07/2017	0,9	1,5923	-0,6923	-0,7		
		05/06/2017	0,2	-0,2276	0,4276	0,4		
		02/05/2017	-0,5	-0,1486	-0,3514	-0,4		
		PI-U18- 01-	Leitura Radial	03/07/2018	-0,7	-0,5319	-0,1681	-0,2
				05/06/2018	-1,0	-0,7211	-0,2789	-0,3
02/04/2018	-1,1			-0,7936	-0,3064	-0,3		

GRUPO 4								
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]	
103,33-RMEH			27/02/2018	-0,8	-0,7635	-0,0365	0,0	
			29/01/2018	-0,9	-0,7844	-0,1156	-0,1	
			03/01/2018	-0,5	-0,8444	0,3444	0,3	
			27/11/2017	-0,4	-0,6580	0,2580	0,3	
			31/10/2017	-0,6	-0,5327	-0,0673	-0,1	
			02/10/2017	-0,4	0,1261	-0,5261	-0,5	
			04/09/2017	-0,2	-0,0176	-0,1824	-0,2	
			01/08/2017	-0,3	-0,7674	0,4674	0,5	
			05/07/2017	-0,5	0,0158	-0,5158	-0,5	
			05/06/2017	-0,6	-0,6969	0,0969	0,1	
			03/04/2017	-1,0	-1,6381	0,6381	0,6	
			03/07/2018	0,2	-0,1502	0,3502	0,4	
			05/06/2018	0,4	0,0115	0,3885	0,4	
			02/04/2018	0,2	0,2600	-0,0600	-0,1	
			27/02/2018	0,1	0,2802	-0,1802	-0,2	
			29/01/2018	0,1	0,1401	-0,0401	0,0	
			03/01/2018	0,1	0,1297	-0,0297	0,0	
			Leitura Tangencial	27/11/2017	0,2	0,0219	0,1781	0,2
			31/10/2017	0,0	0,0828	-0,0828	-0,1	
			02/10/2017	0,0	-0,6656	0,6656	0,7	
			04/09/2017	-0,2	-0,5639	0,3639	0,4	
			01/08/2017	-0,2	-0,5198	0,3198	0,3	
			05/07/2017	-0,1	0,4734	-0,5734	-0,6	
			05/06/2017	0,2	0,0427	0,1573	0,2	
			03/04/2017	0,4	0,1772	0,2228	0,2	
			03/07/2018	-0,7	-0,9472	0,2472	0,2	
			05/06/2018	-0,1	-0,2685	0,1685	0,2	
			02/04/2018	0,4	0,1486	0,2514	0,3	
			27/02/2018	0,3	-0,1016	0,4016	0,4	
			29/01/2018	-0,2	-0,1577	-0,0423	0,0	
			03/01/2018	-0,2	-0,2706	0,0706	0,1	
			Leitura Radial	27/11/2017	-0,6	-0,4605	-0,1395	-0,1
			31/10/2017	-1,0	-1,0633	0,0633	0,1	
02/10/2017	-1,2	-1,2778	0,0778	0,1				
04/09/2017	-1,4	-1,3064	-0,0936	-0,1				
01/08/2017	-1,3	-1,2132	-0,0868	-0,1				
05/07/2017	-0,8	-1,4570	0,6570	0,7				
05/06/2017	-0,1	-0,3844	0,2844	0,3				
03/04/2017	0,7	0,8668	-0,1668	-0,2				
03/07/2018	2,8	2,8565	-0,0565	-0,1				
05/06/2018	2,7	2,8899	-0,1899	-0,2				
02/04/2018	2,8	2,6500	0,1500	0,2				
Leitura Tangencial	27/02/2018	2,9	2,6405	0,2595	0,3			
29/01/2018	2,9	2,7483	0,1517	0,2				
03/01/2018	2,8	2,9438	-0,1438	-0,1				
27/11/2017	2,9	2,9723	-0,0723	-0,1				
CO-U-006	PI-U18-01-099,90-RMDH							

GRUPO 4							
Código	Base de Leitura	Direção	Data	Coord. 4 (mm) [1]	Micr. 4 (mm) [2]	d: Difer. (mm) [3]=[1]-[2]	d: Difer. Arred. (mm) [4]
			31/10/2017	2,9	2,7407	0,1593	0,2
			02/10/2017	2,8	2,7225	0,0775	0,1
			04/09/2017	2,8	2,7613	0,0387	0,0
			01/08/2017	2,8	2,5754	0,2246	0,2
			05/07/2017	2,8	2,0232	0,7768	0,8
			05/06/2017	2,7	2,5606	0,1394	0,1
			03/04/2017	2,5	2,8076	-0,3076	-0,3
			03/07/2018	-4,3	-4,5568	0,2568	0,3
			05/06/2018	-3,3	-3,6513	0,3513	0,4
			02/04/2018	-1,7	-1,9653	0,2653	0,3
			27/02/2018	-1,4	-1,6756	0,2756	0,3
			29/01/2018	-1,7	-1,6851	-0,0149	0,0
			03/01/2018	-1,9	-1,6639	-0,2361	-0,2
		Leitura Radial	27/11/2017	-2,7	-3,0791	0,3791	0,4
			31/10/2017	-3,2	-3,3950	0,1950	0,2
			02/10/2017	-3,4	-3,4199	0,0199	0,0
			04/09/2017	-3,9	-3,9837	0,0837	0,1
			01/08/2017	-4,8	-3,7038	-1,0962	-1,1
			05/07/2017	-4,3	-4,0280	-0,2720	-0,3
			05/06/2017	-3,2	-2,7818	-0,4182	-0,4
			03/04/2017	-2,4	-2,7555	0,3555	0,4
			03/07/2018	5,1	4,7676	0,3324	0,3
			05/06/2018	4,7	4,5790	0,1210	0,1
			02/04/2018	4,6	4,3261	0,2739	0,3
			27/02/2018	4,7	4,2681	0,4319	0,4
			29/01/2018	4,4	4,3680	0,0320	0,0
			03/01/2018	4,5	4,7481	-0,2481	-0,2
		Leitura Tangencial	27/11/2017	4,9	4,6594	0,2406	0,2
			31/10/2017	4,8	4,6775	0,1225	0,1
			02/10/2017	4,6	4,7162	-0,1162	-0,1
			04/09/2017	4,9	4,7931	0,1069	0,1
			01/08/2017	5,2	4,7773	0,4227	0,4
			05/07/2017	5,0	4,1704	0,8296	0,8
			05/06/2017	4,6	4,2037	0,3963	0,4
			03/04/2017	4,5	4,2710	0,2290	0,2

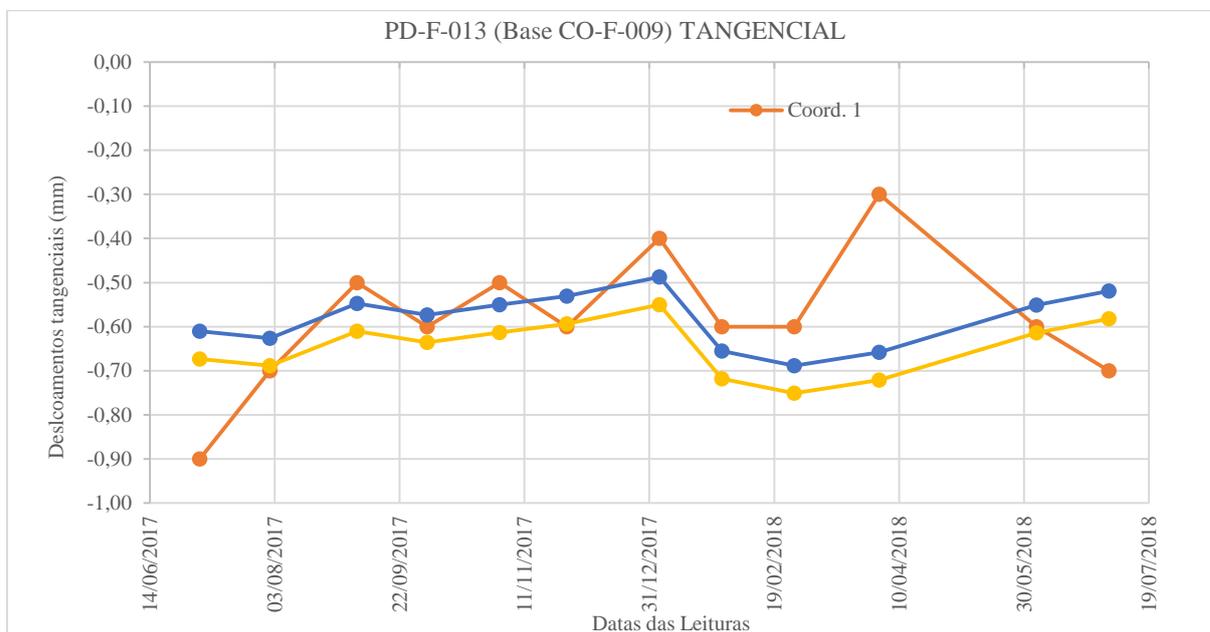
Fonte: O autor (2018).

Figura 43 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-009, radial.



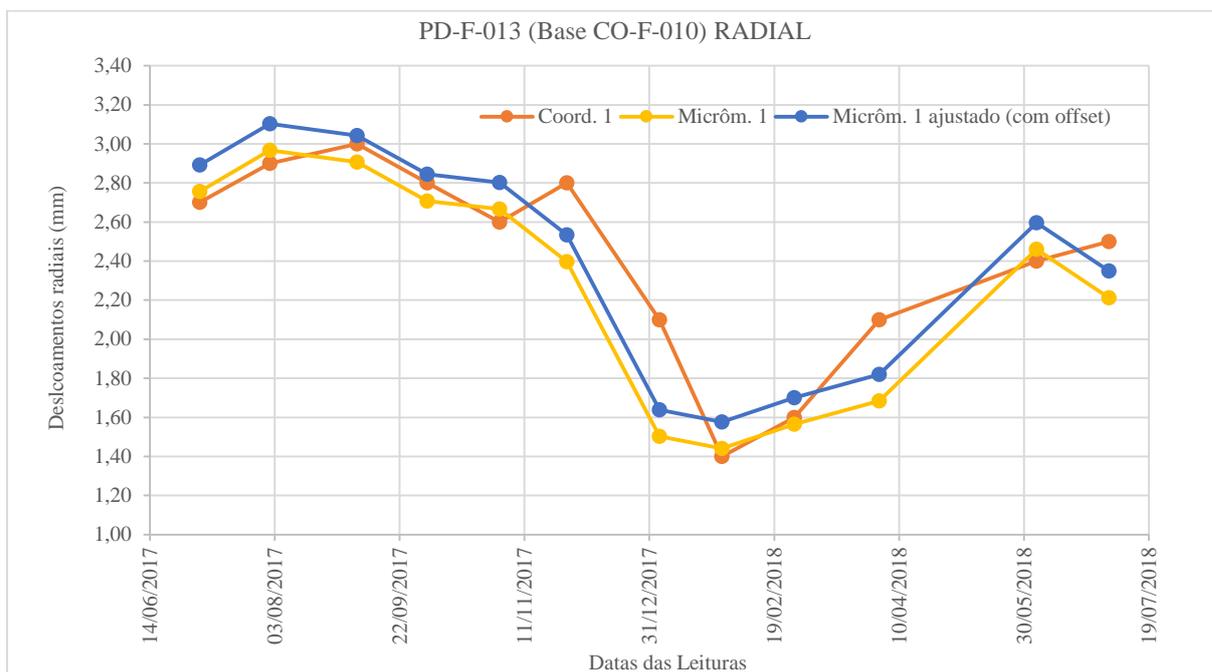
Fonte: O autor (2018)

Figura 44 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-009, tangencial.



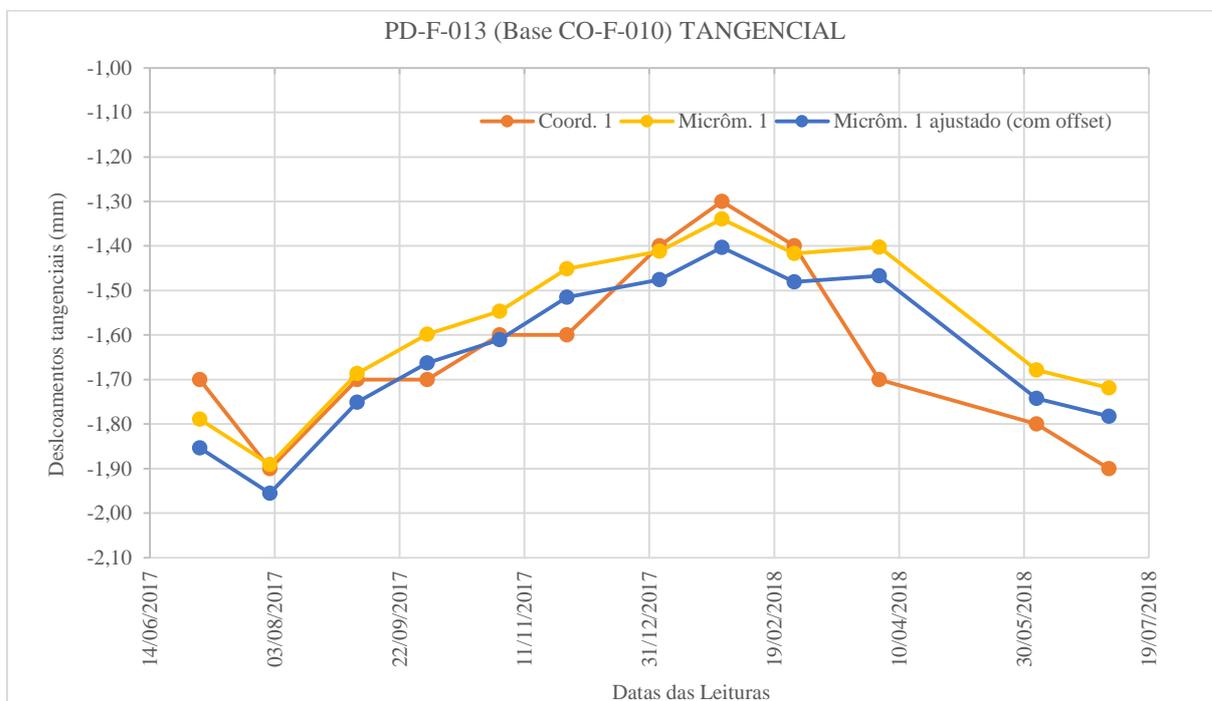
Fonte: O autor (2018)

Figura 45 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-010, radial.

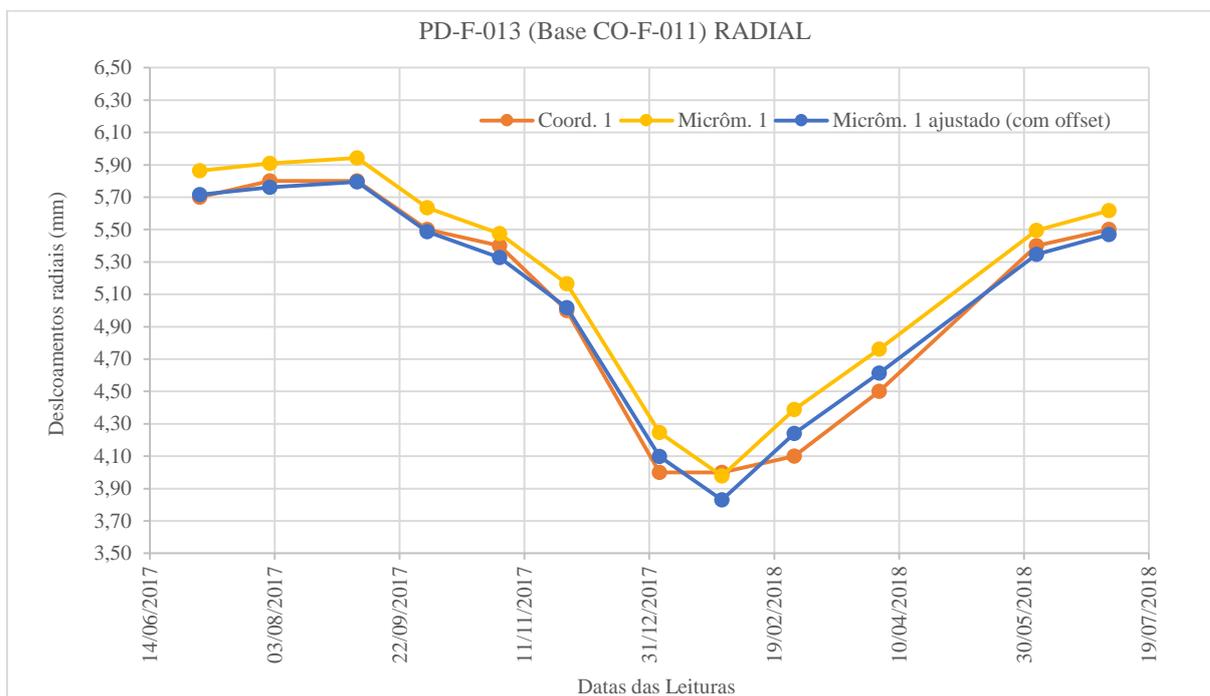


Fonte: O autor (2018)

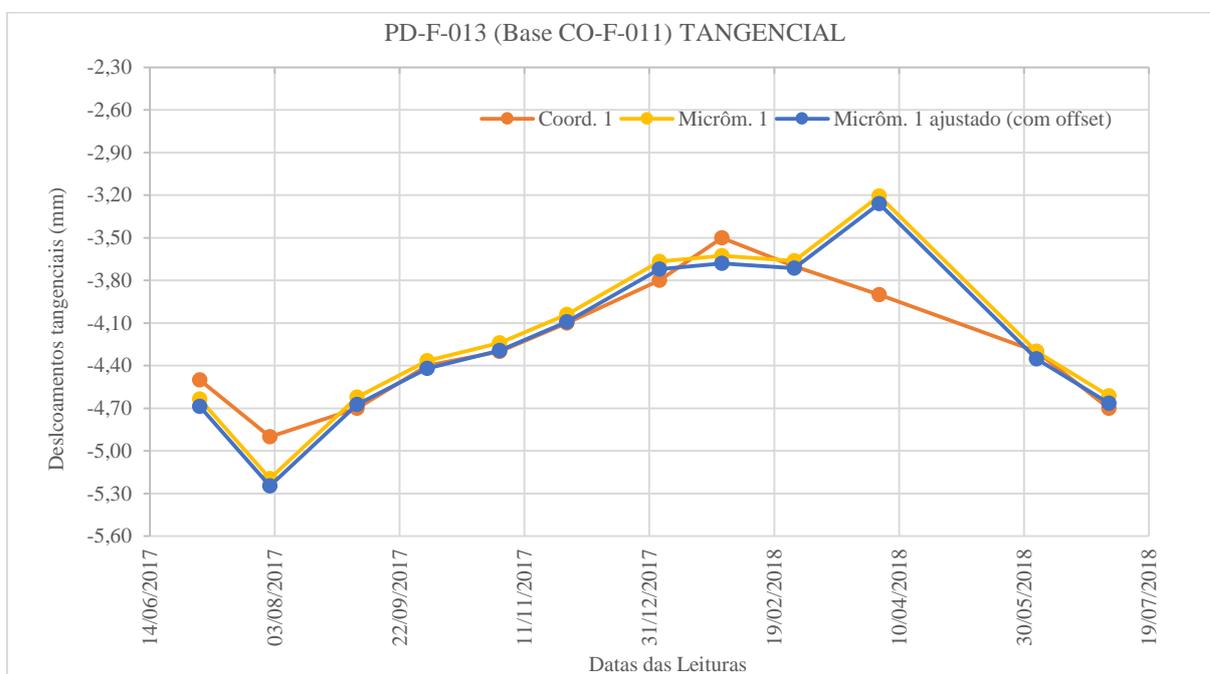
Figura 46 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-010, tangencial.



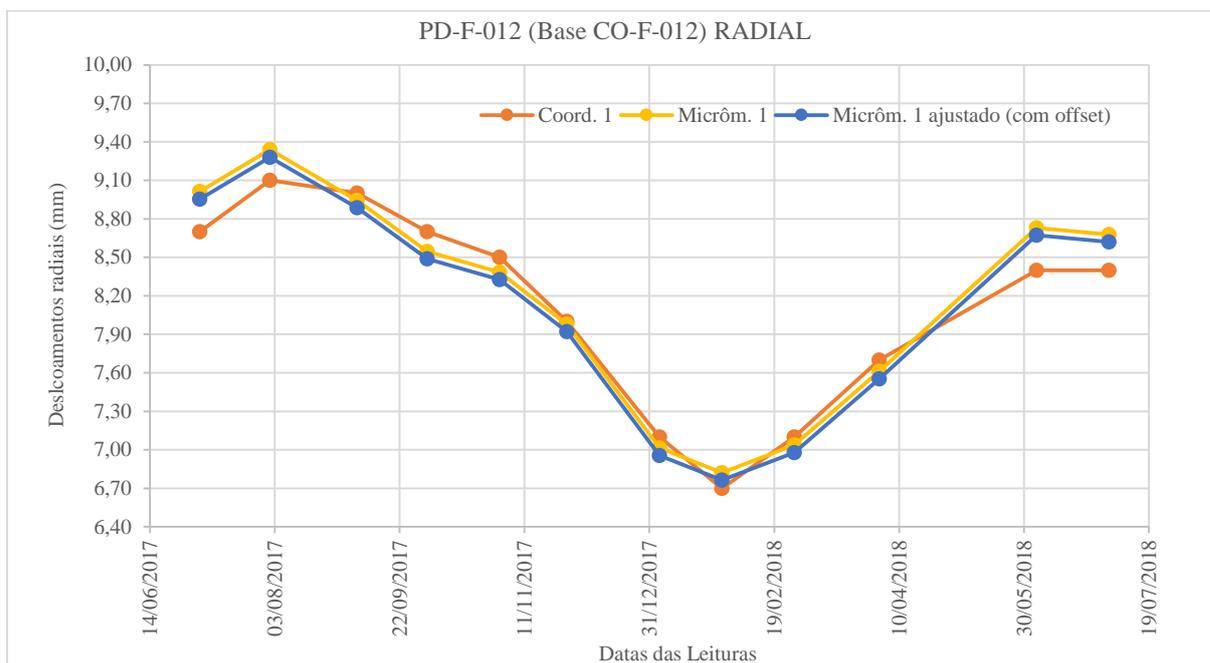
Fonte: O autor (2018)

Figura 47 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-011, radial.

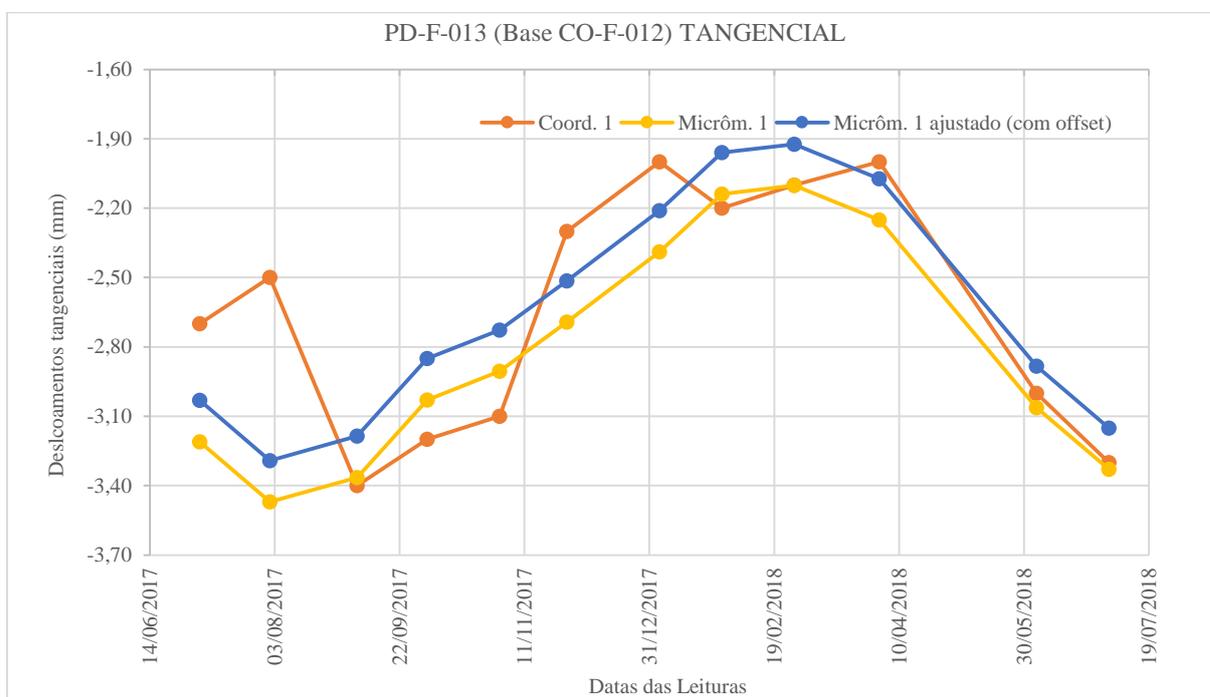
Fonte: O autor (2018)

Figura 48 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-011, tangencial.

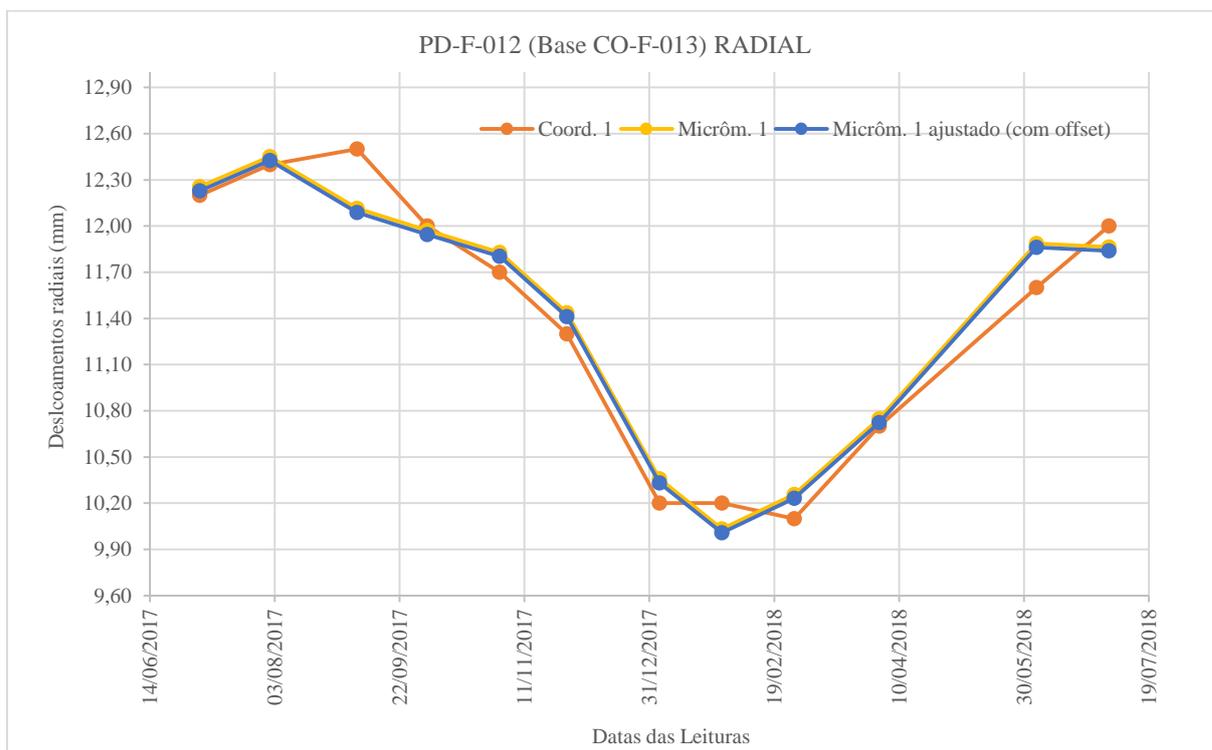
Fonte: O autor (2018)

Figura 49 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-012, radial.

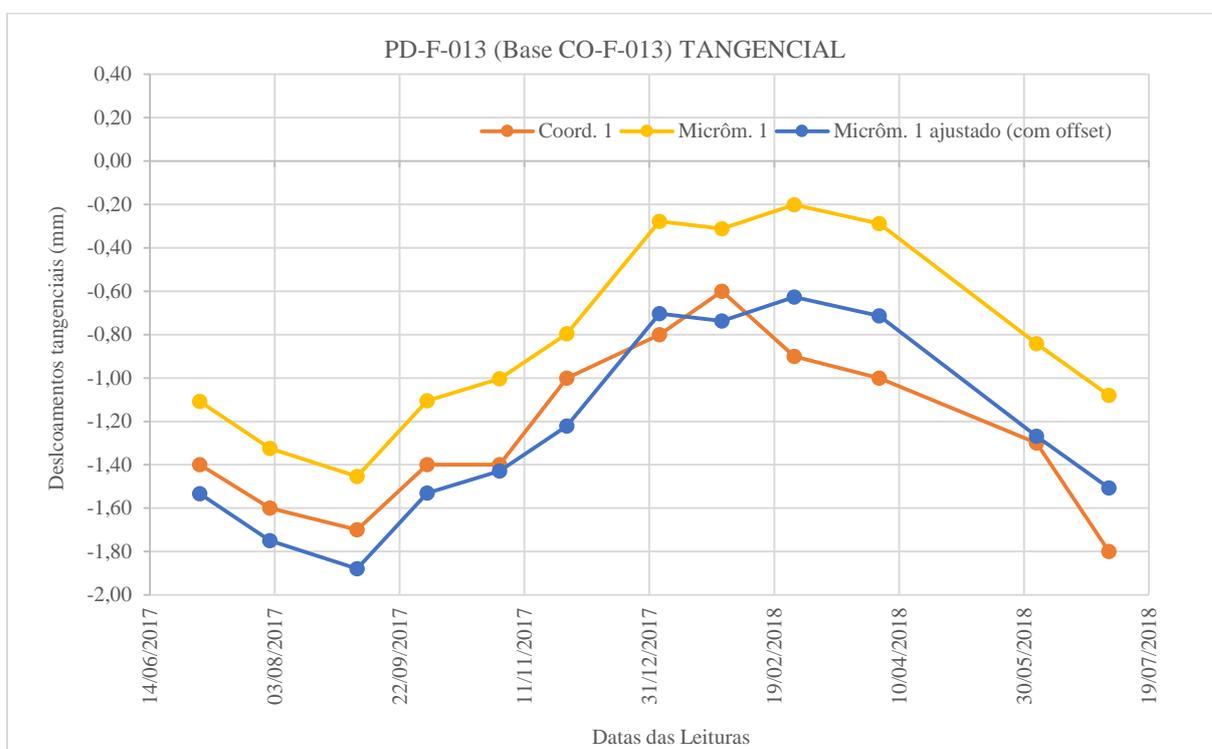
Fonte: O autor (2018)

Figura 50 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-012, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

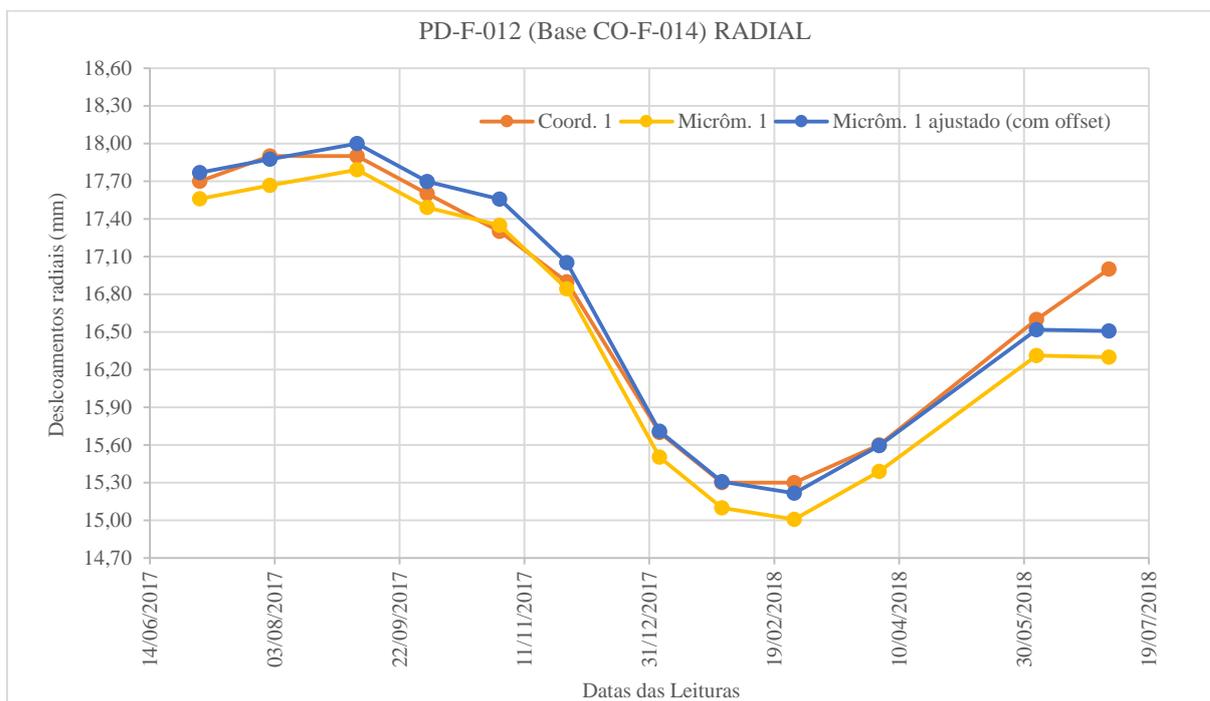
Figura 51 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-013, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 52 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-013, tangencial.

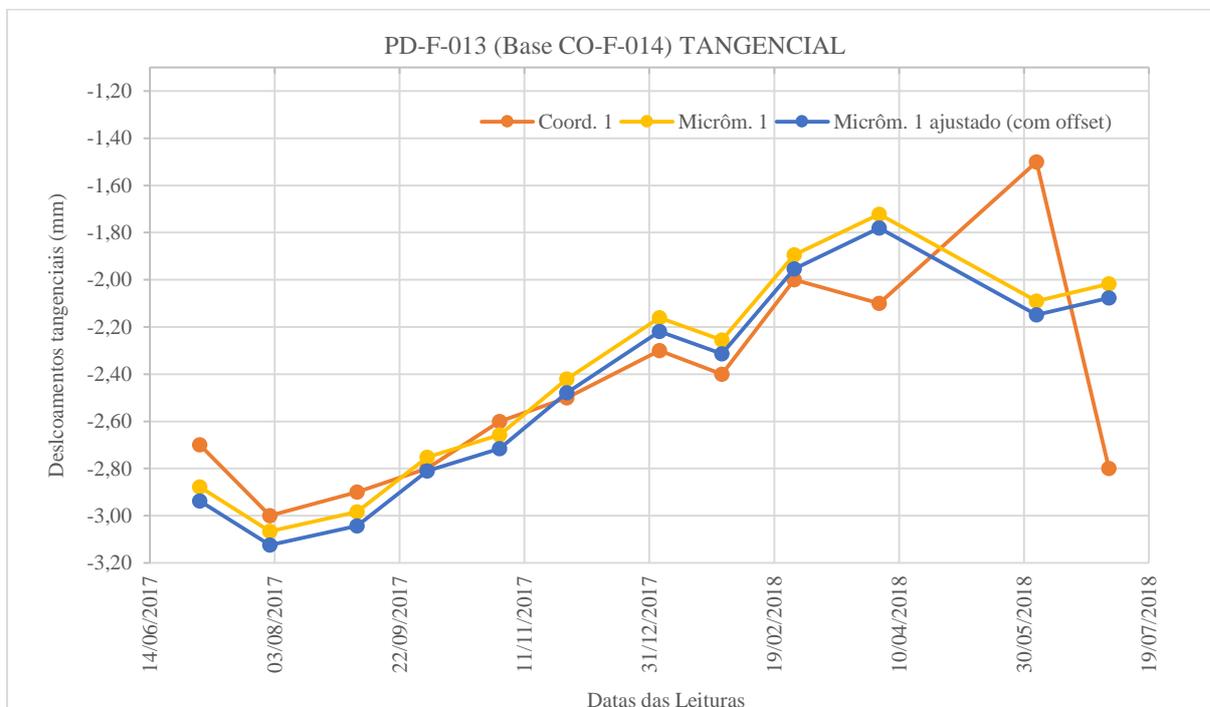
Fonte: O autor (2018)

Figura 53 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-014, radial.



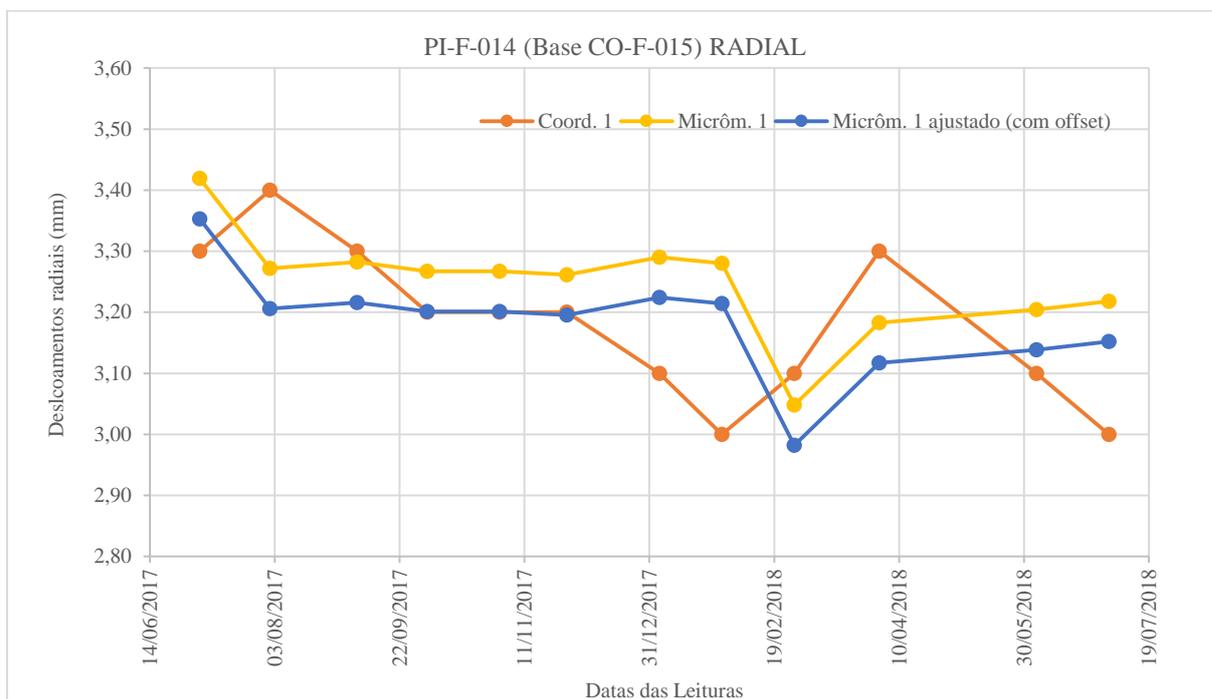
Fonte: O autor (2018)

Figura 54 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-014, tangencial.



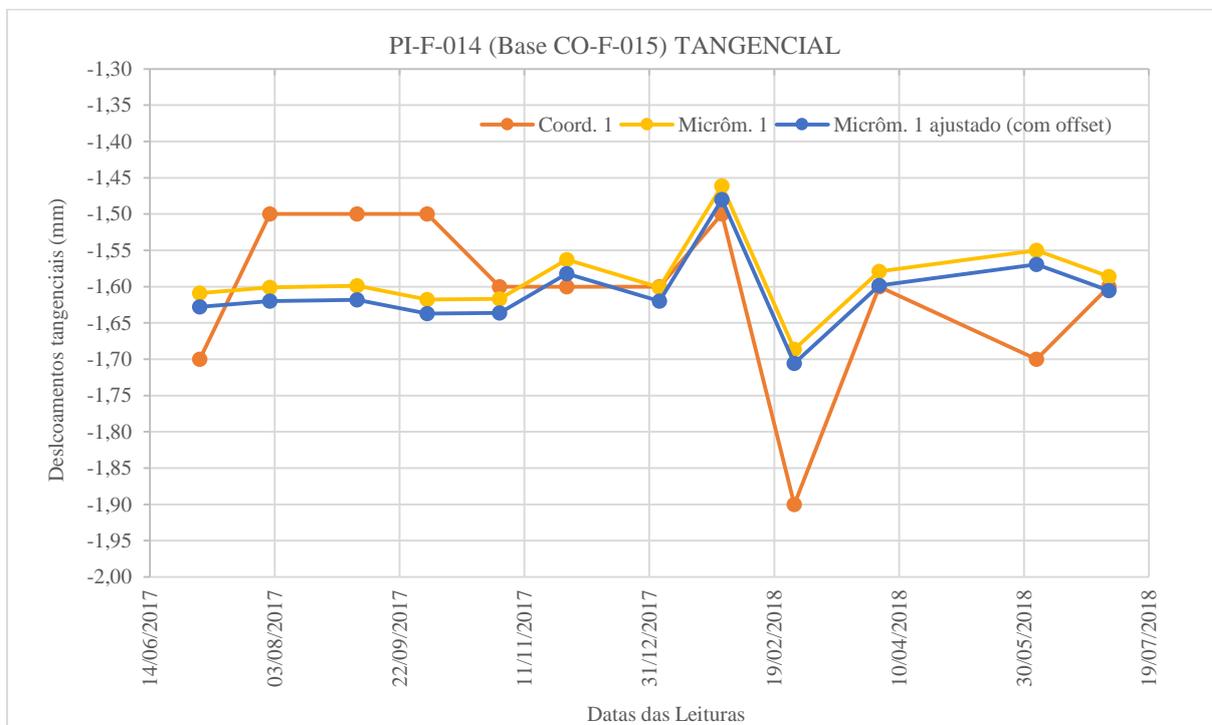
Fonte: O autor (2018)

Figura 55 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-015, radial.

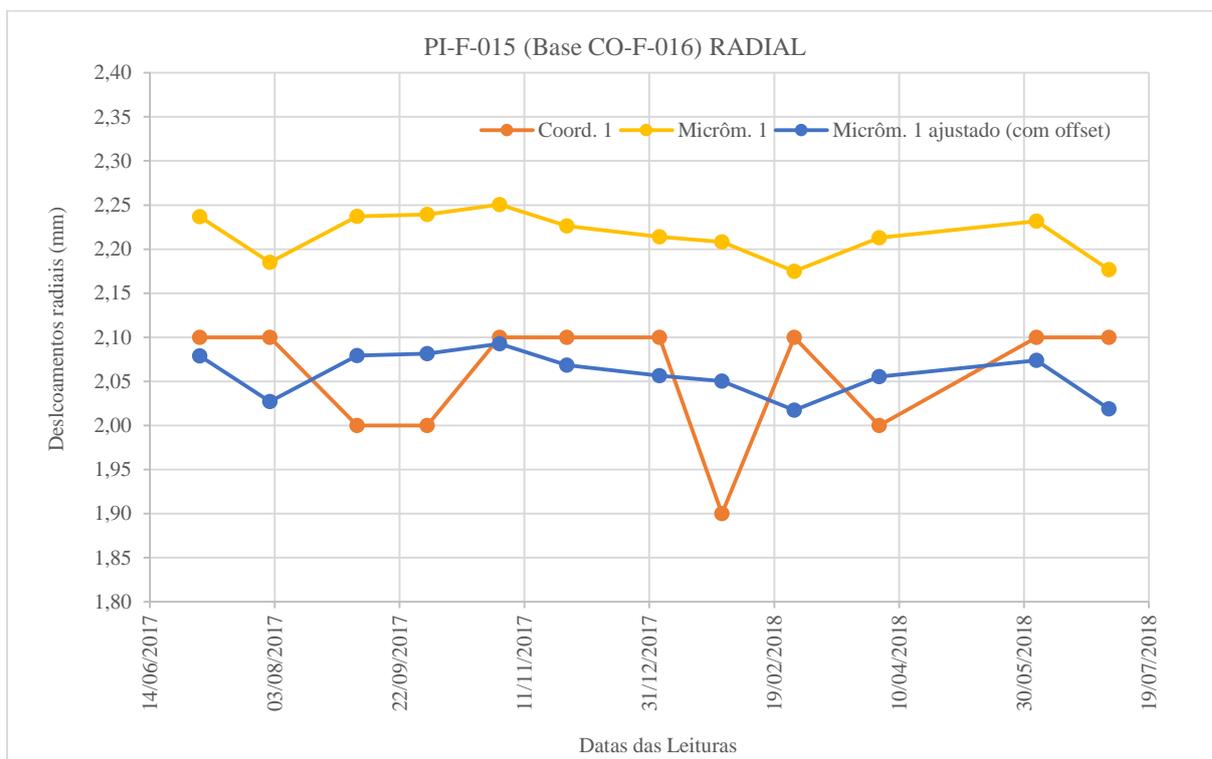


Fonte: O autor (2018)

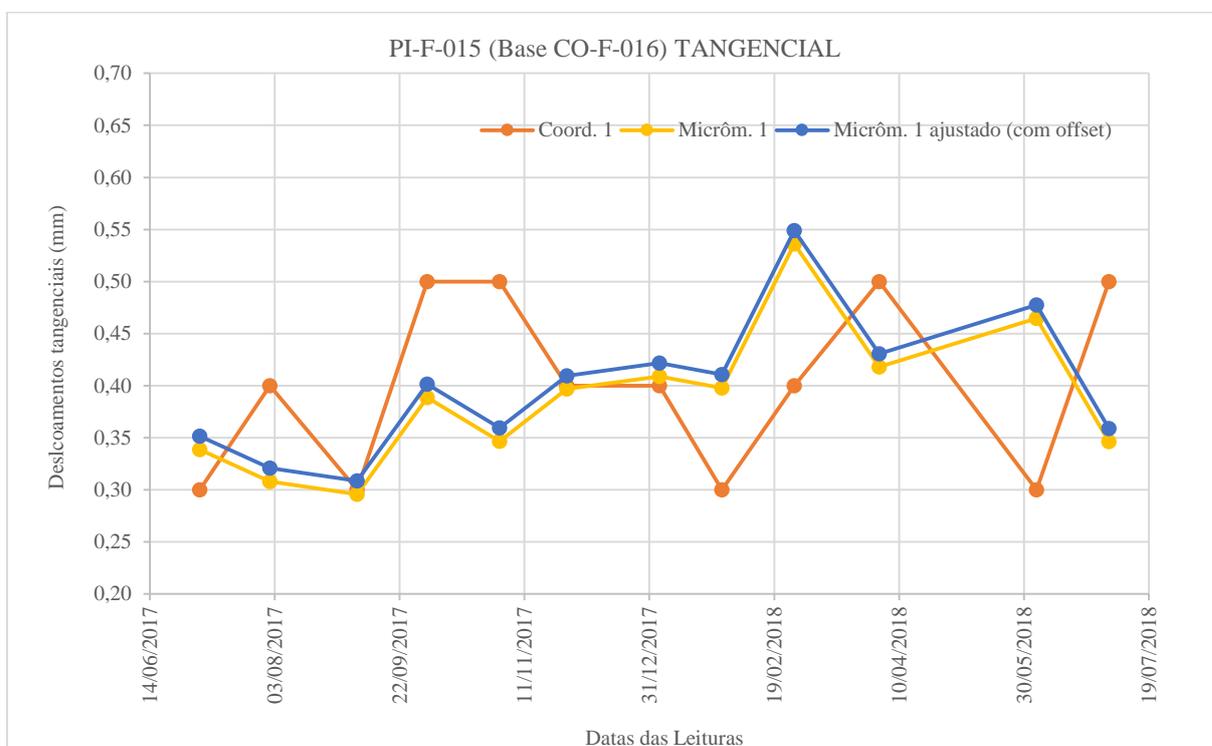
Figura 56 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-015, tangencial.



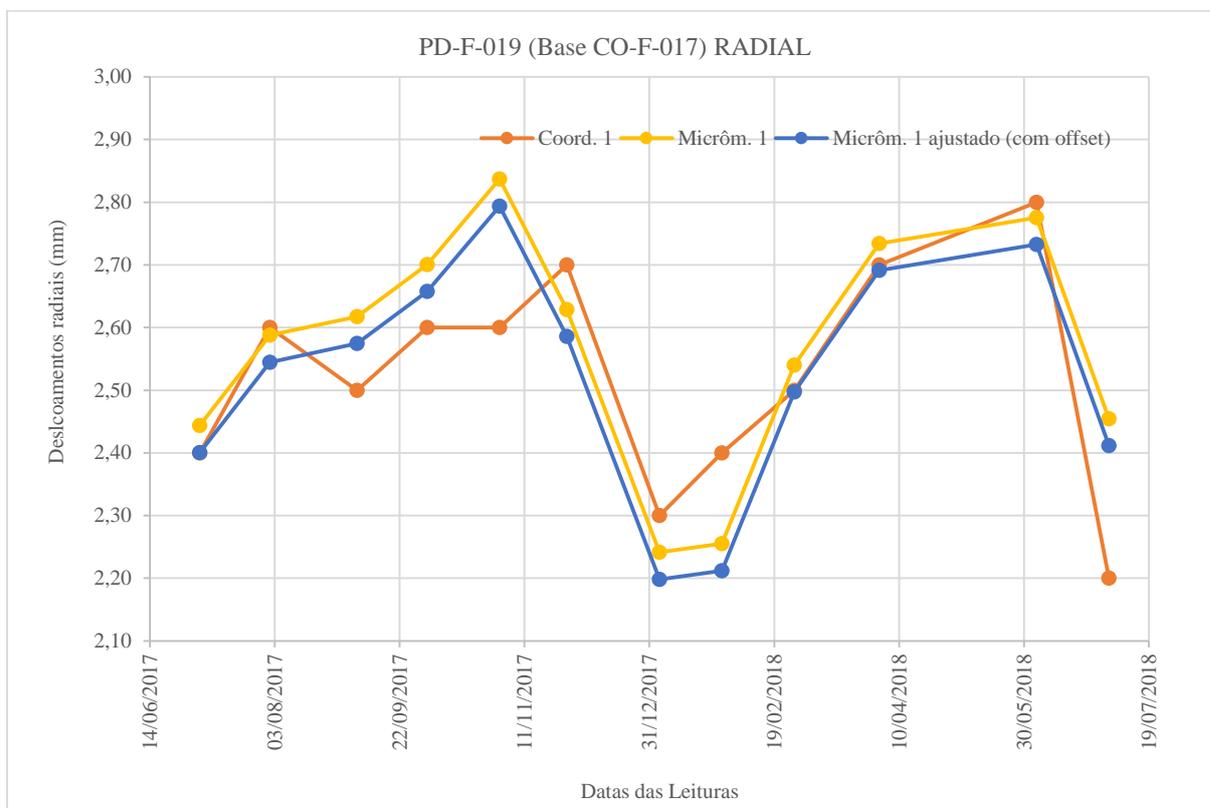
Fonte: O autor (2018)

Figura 57 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-016, radial.

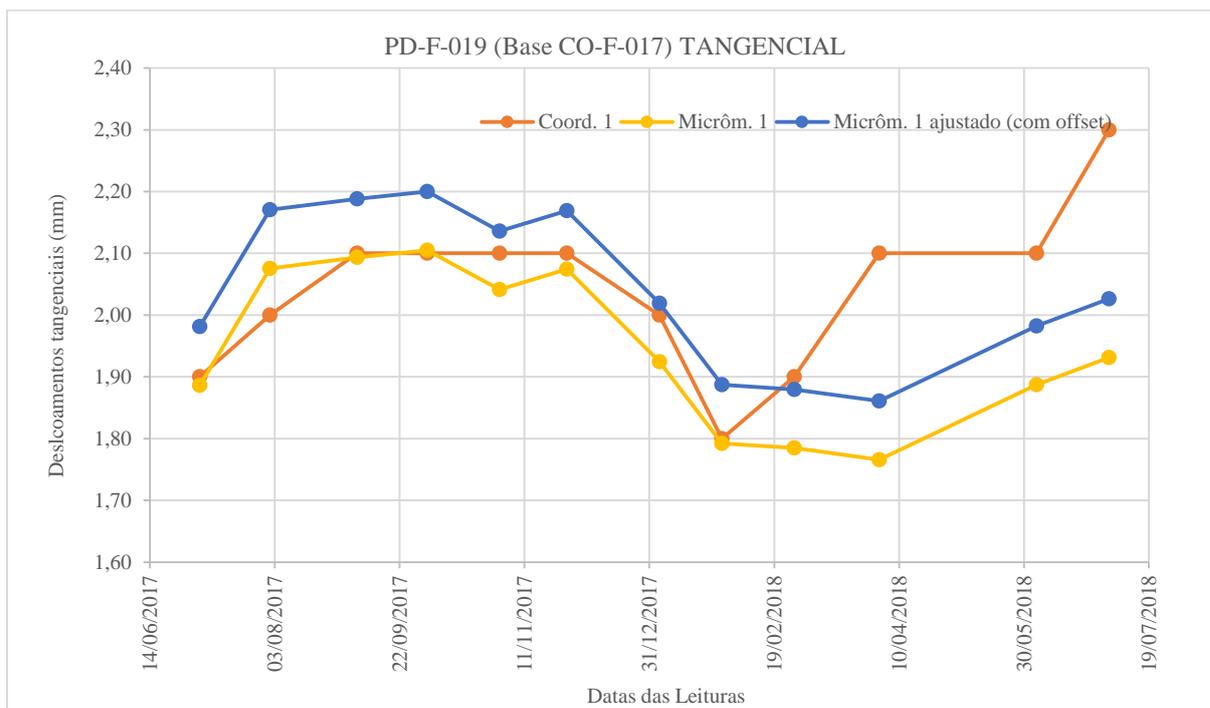
Fonte: O autor (2018)

Figura 58 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-016, tangencial.

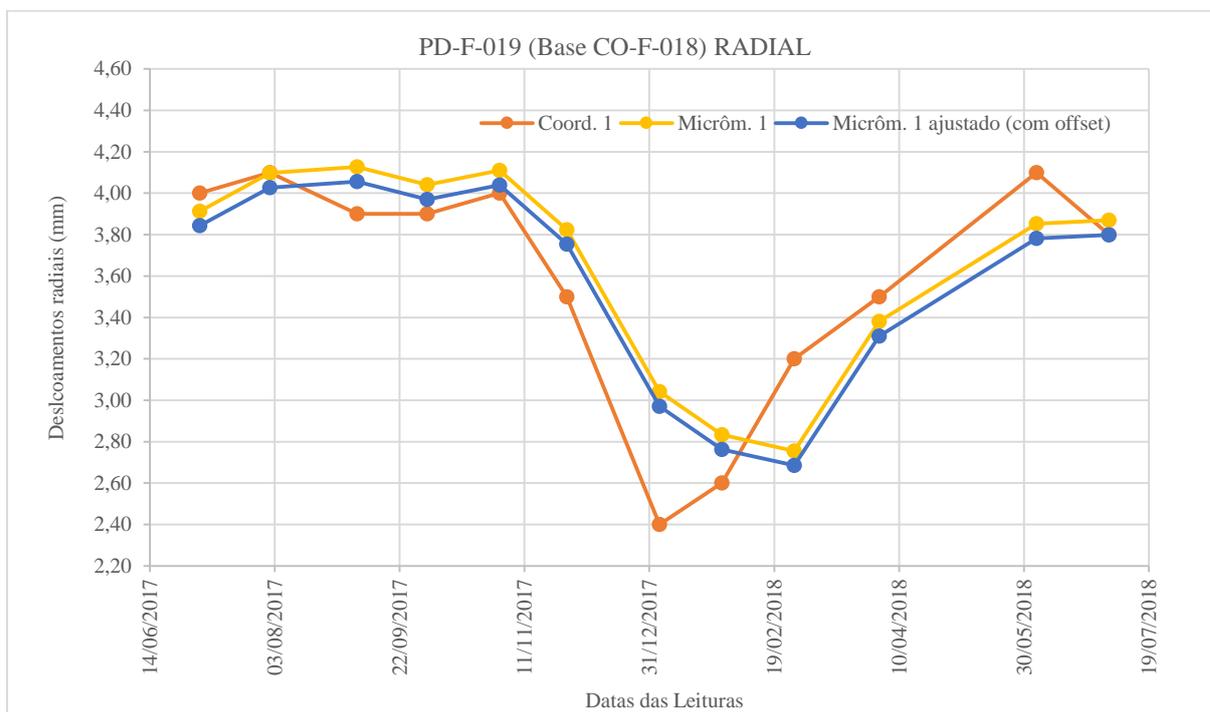
Fonte: O autor (2018)

Figura 59 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-017, radial.

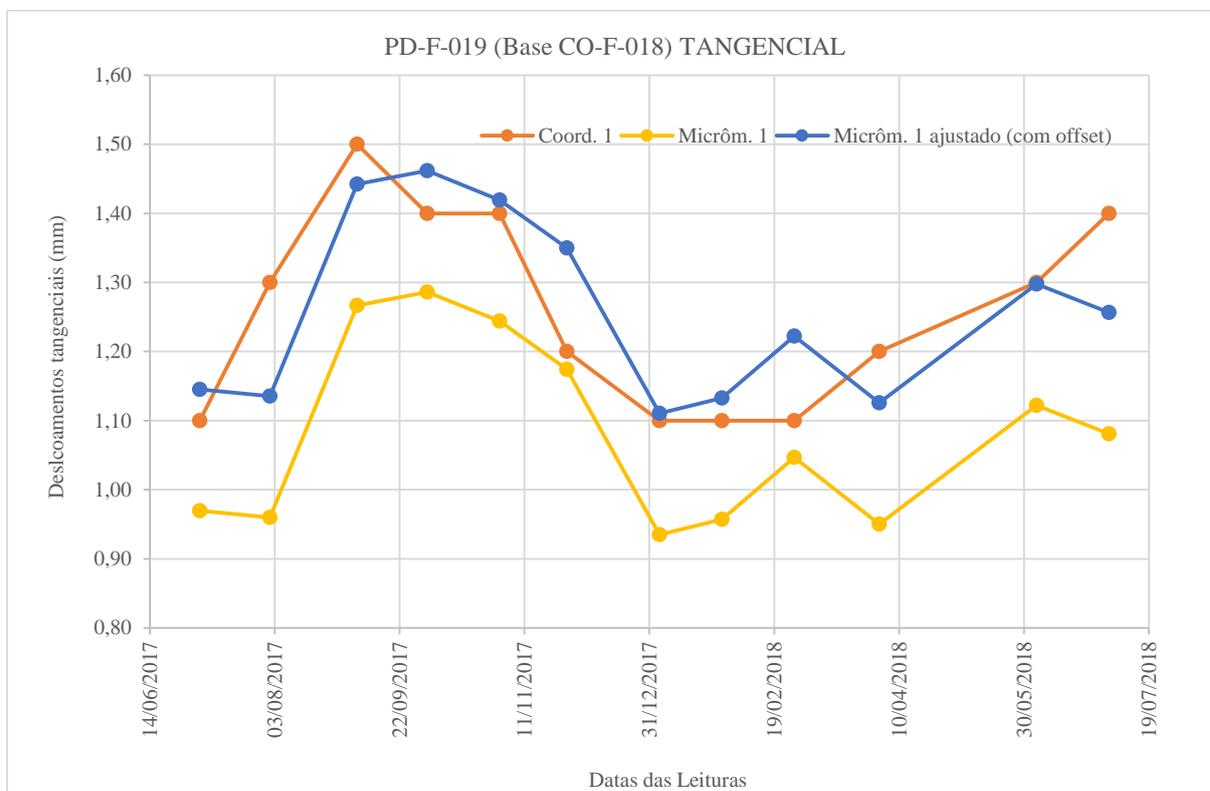
Fonte: O autor (2018)

Figura 60 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-017, tangencial.

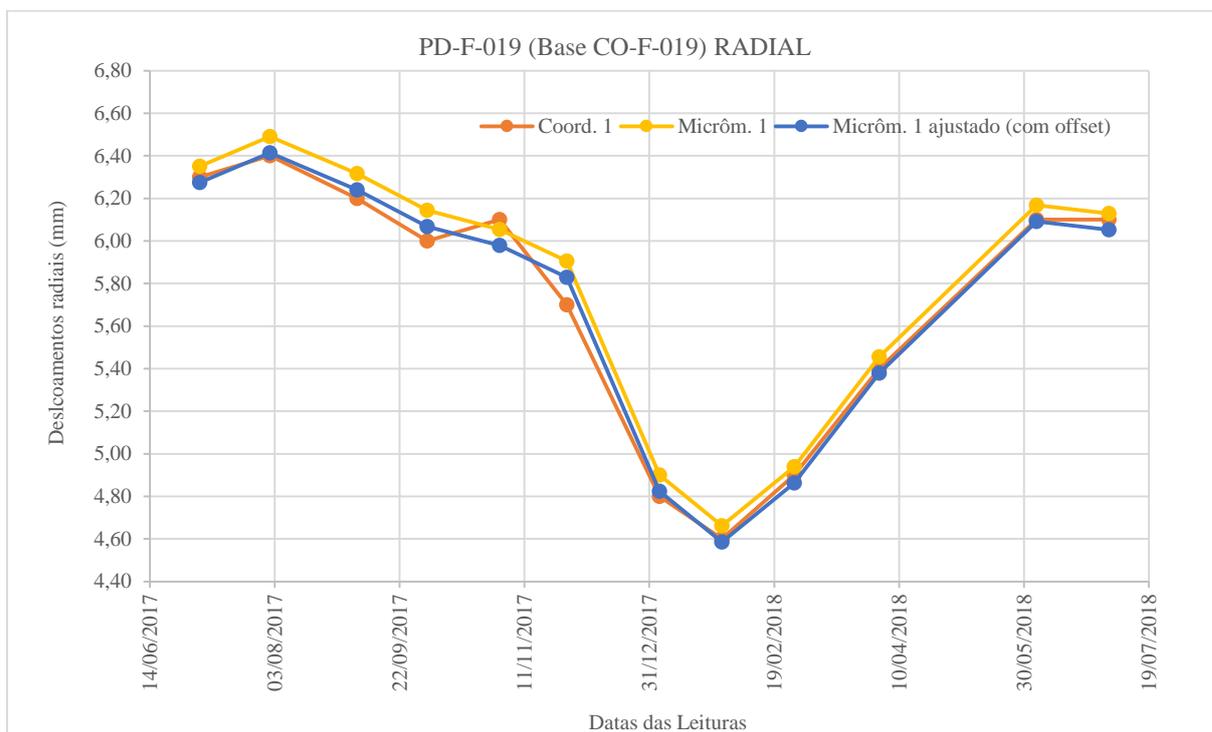
Fonte: O autor (2018)

Figura 61 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-018, radial.

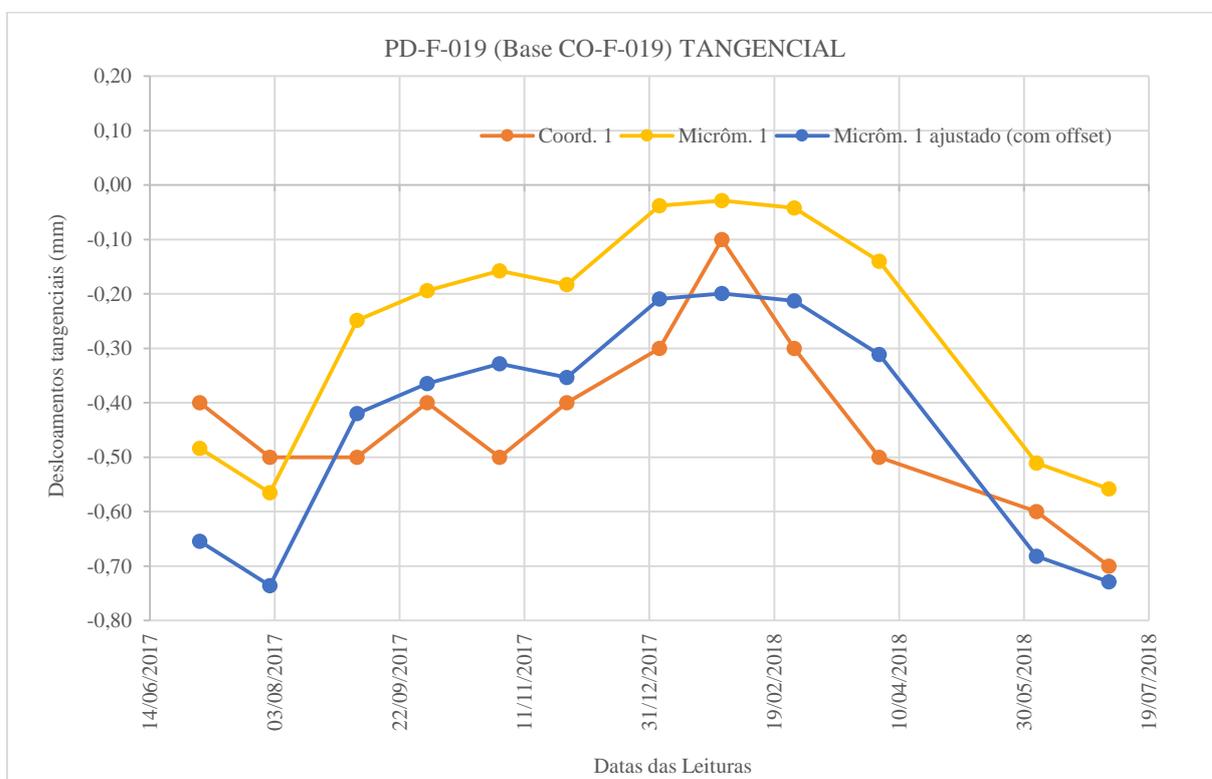
Fonte: O autor (2018)

Figura 62 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-018, tangencial.

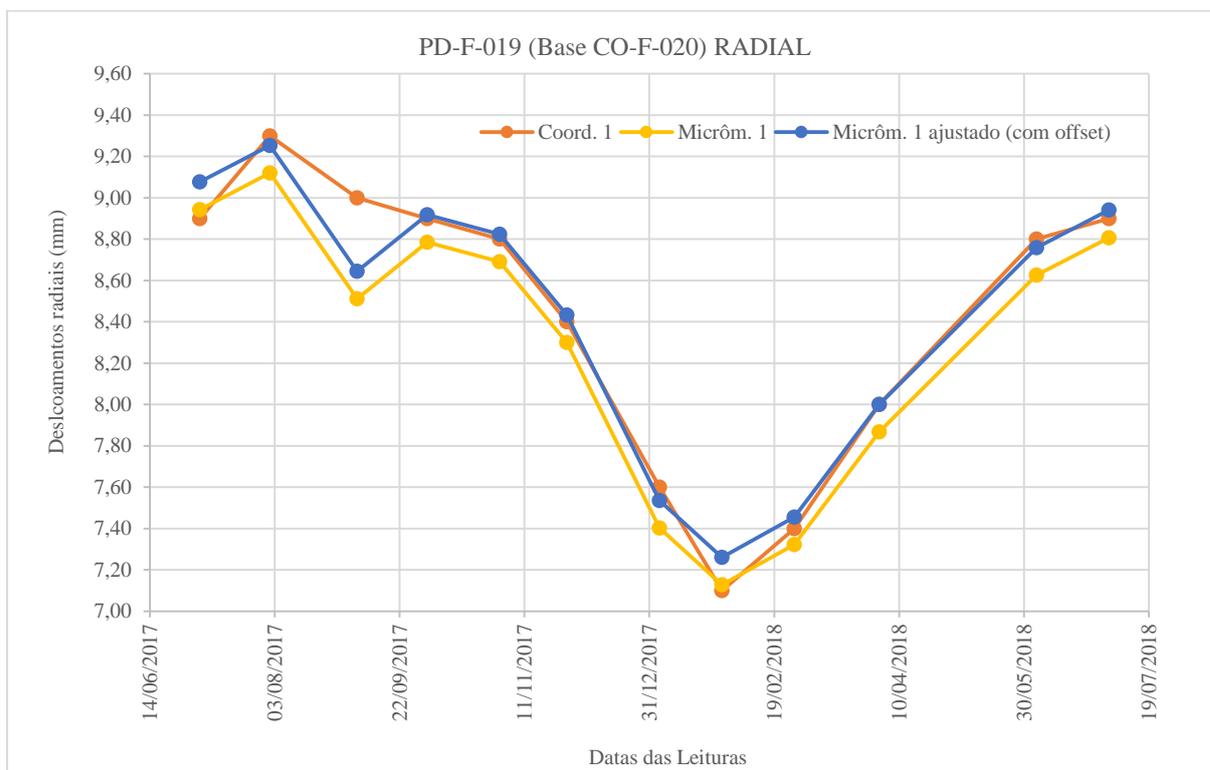
Fonte: O autor (2018)

Figura 63 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-019, radial.

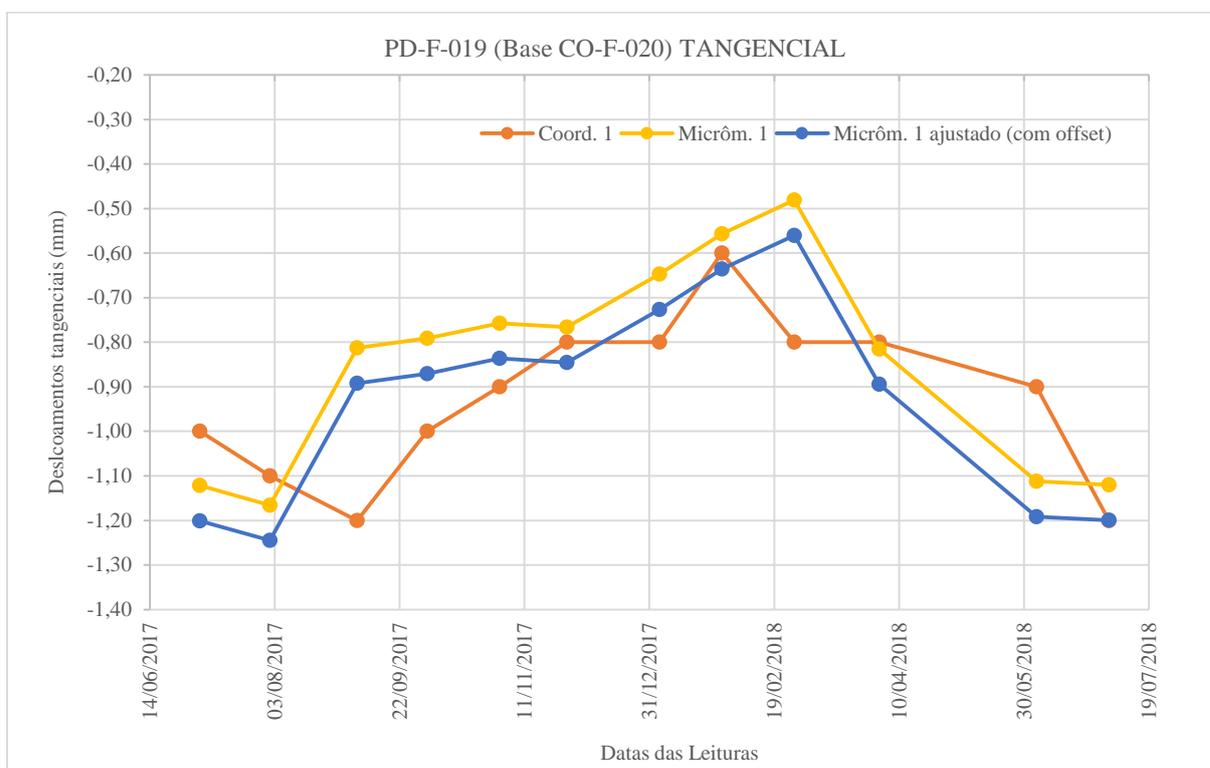
Fonte: O autor (2018)

Figura 64 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-019, tangencial.

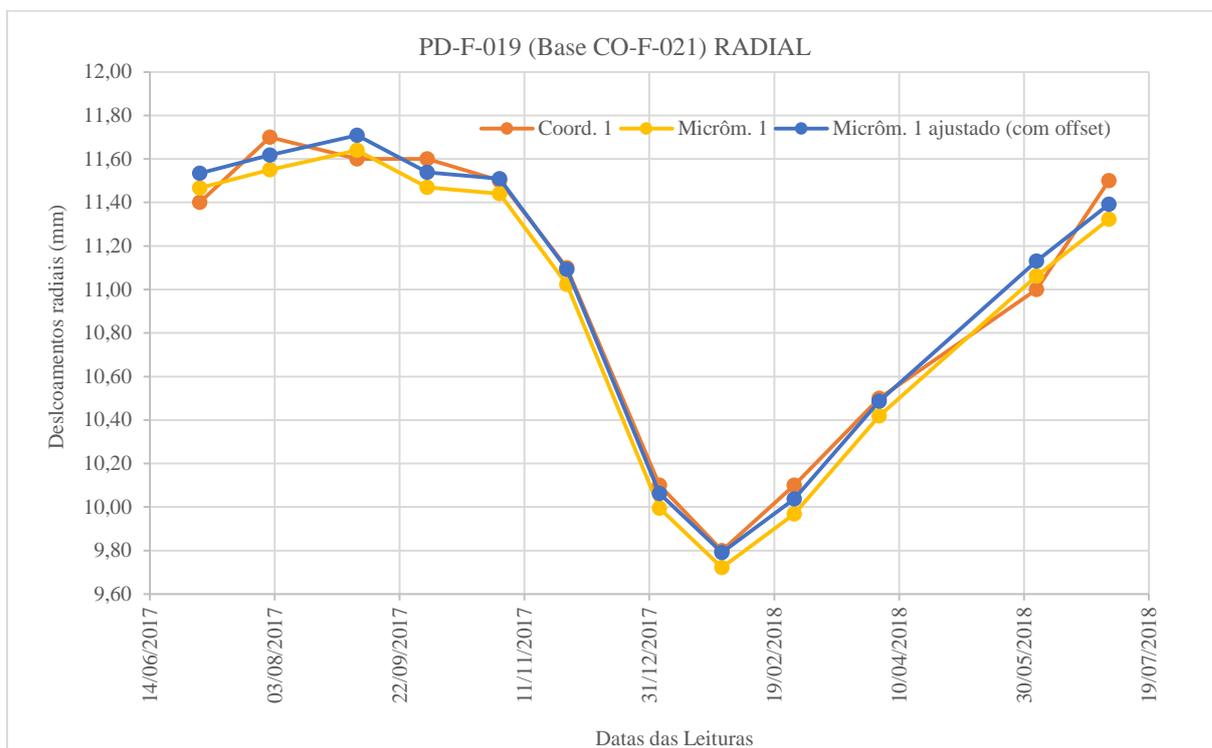
Fonte: O autor (2018)

Figura 65 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-020, radial.

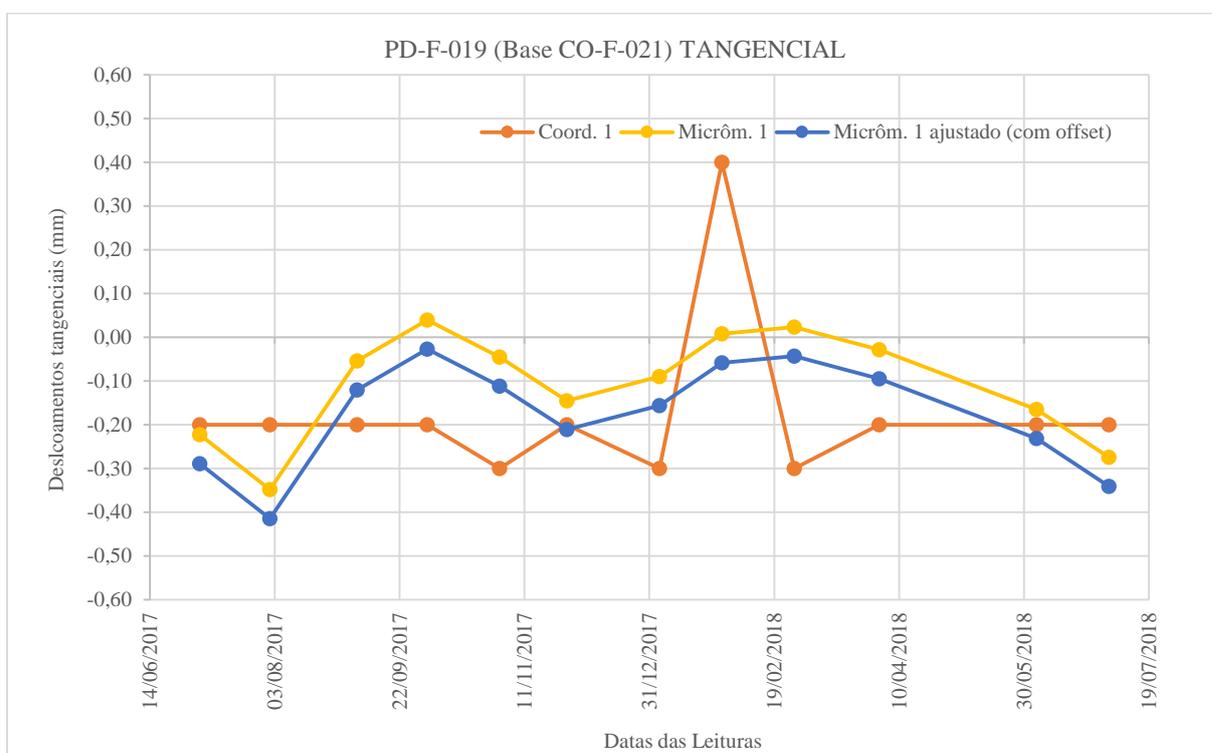
Fonte: O autor (2018)

Figura 66 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-020, tangencial.

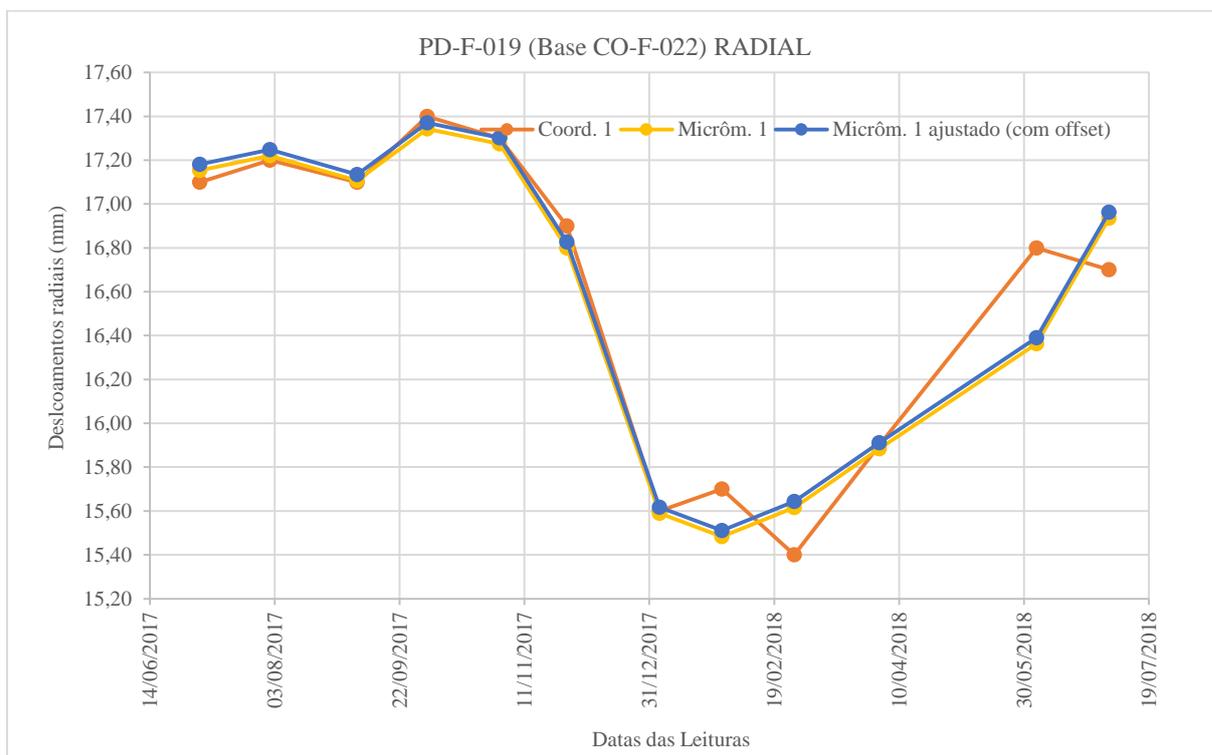
Fonte: O autor (2018)

Figura 67 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-021, radial.

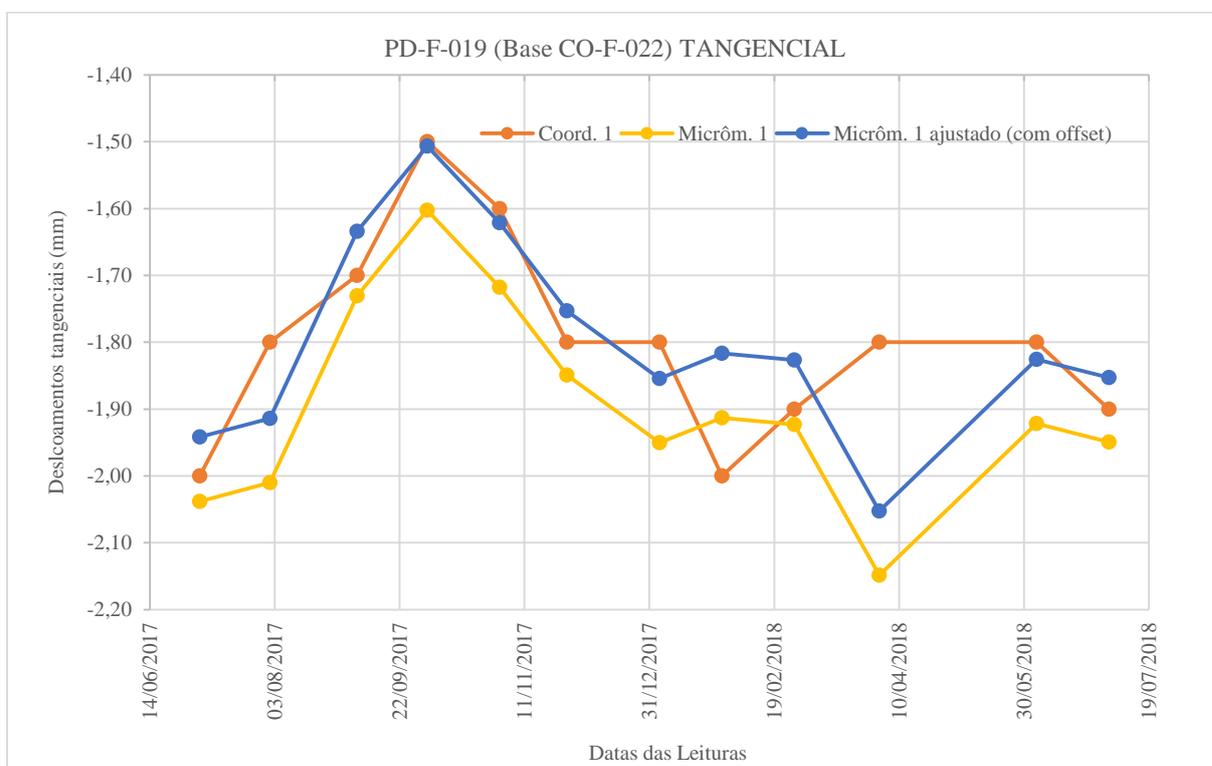
Fonte: O autor (2018)

Figura 68 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-021, tangencial.

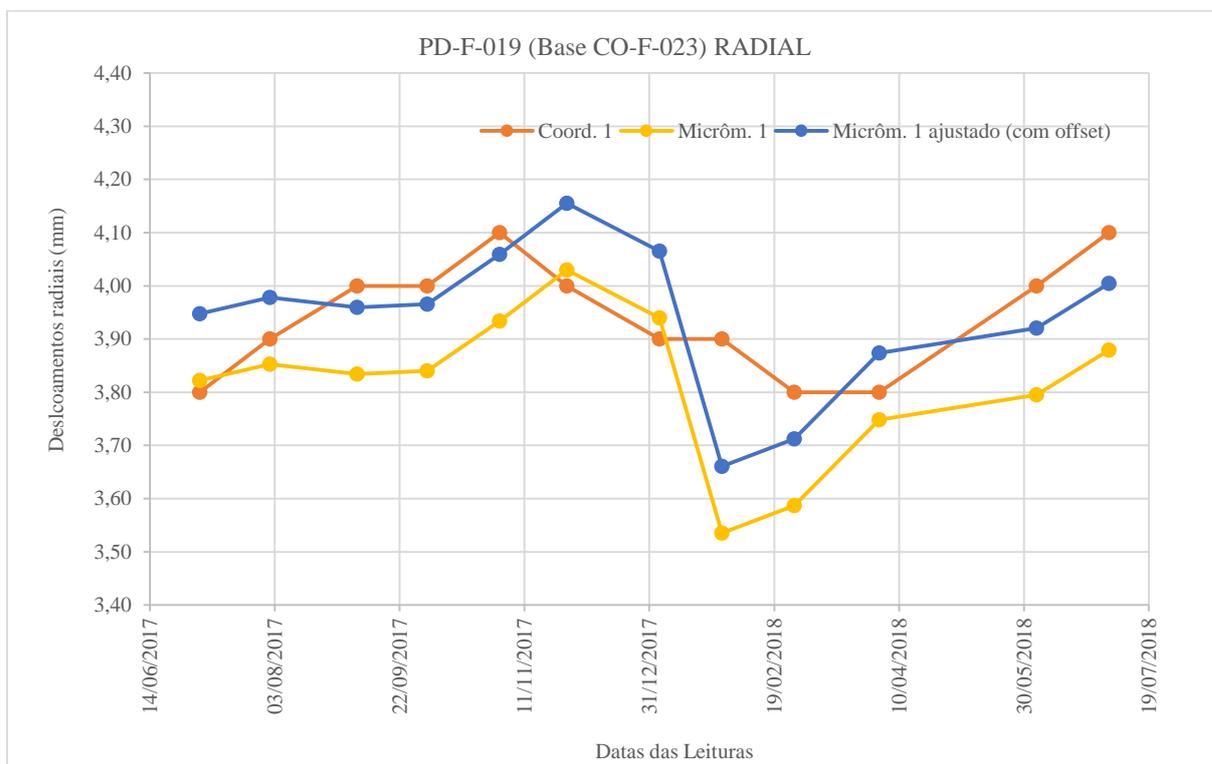
Fonte: O autor (2018)

Figura 69 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-022, radial.

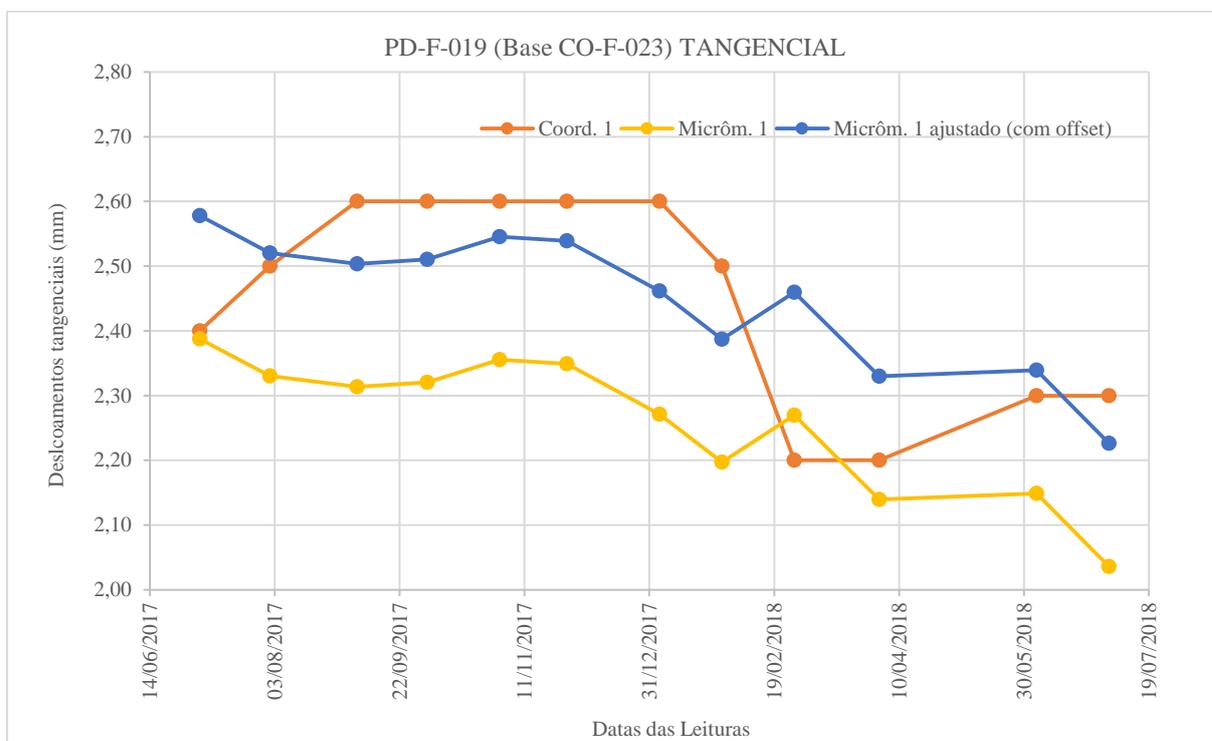
Fonte: O autor (2018)

Figura 70 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-022, tangencial.

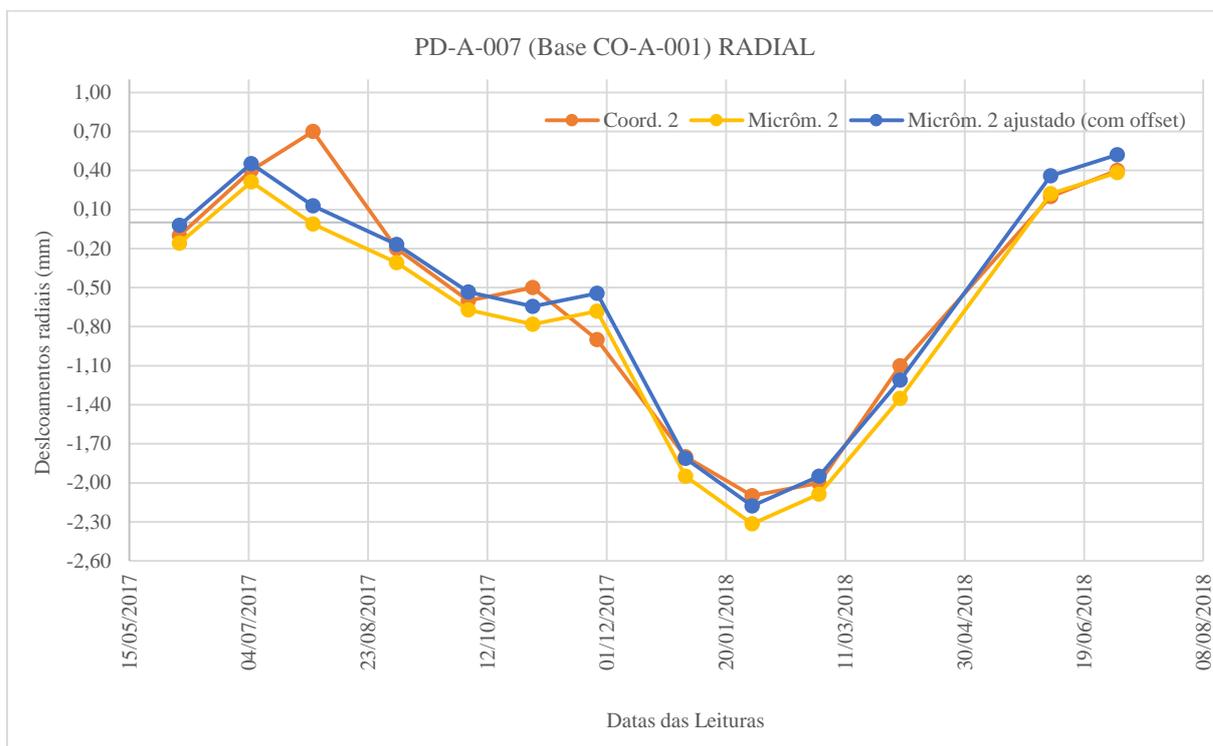
Fonte: O autor (2018)

Figura 71 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-023, radial.

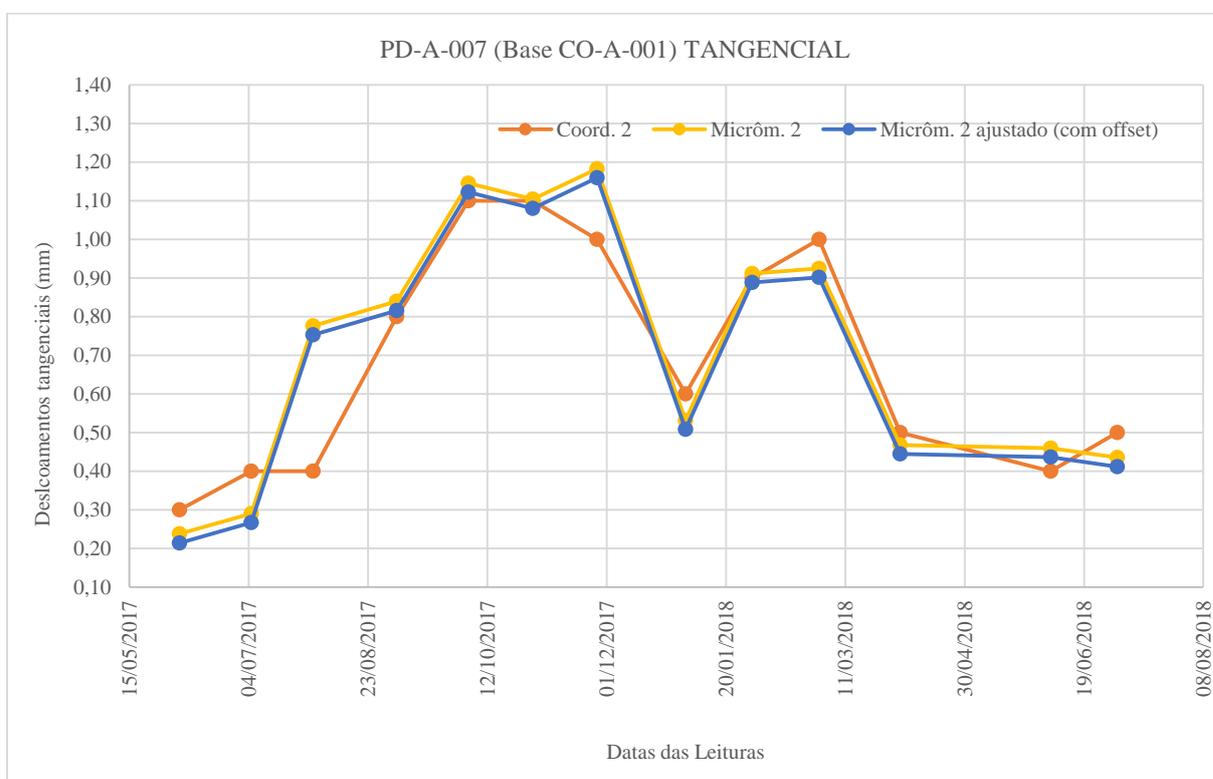
Fonte: O autor (2018)

Figura 72 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-023, tangencial.

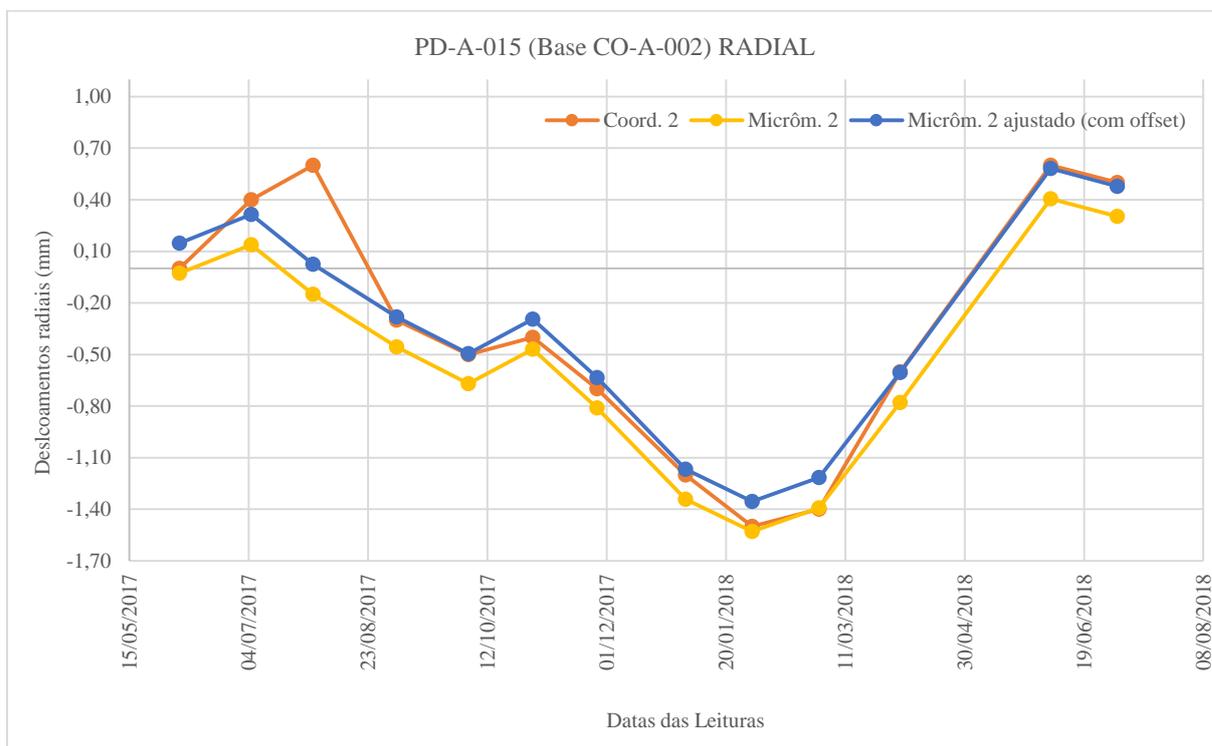
Fonte: O autor (2018)

Figura 73 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-001, radial.

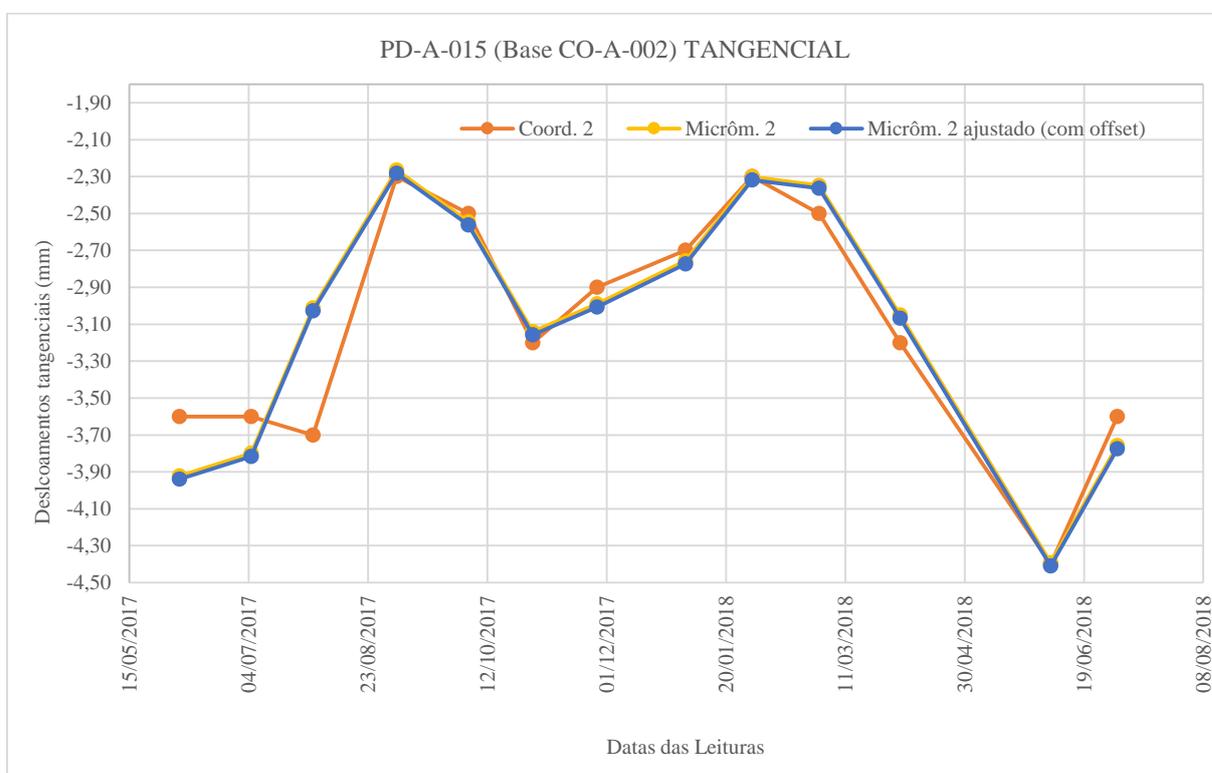
Fonte: O autor (2018)

Figura 74 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-001, tangencial.

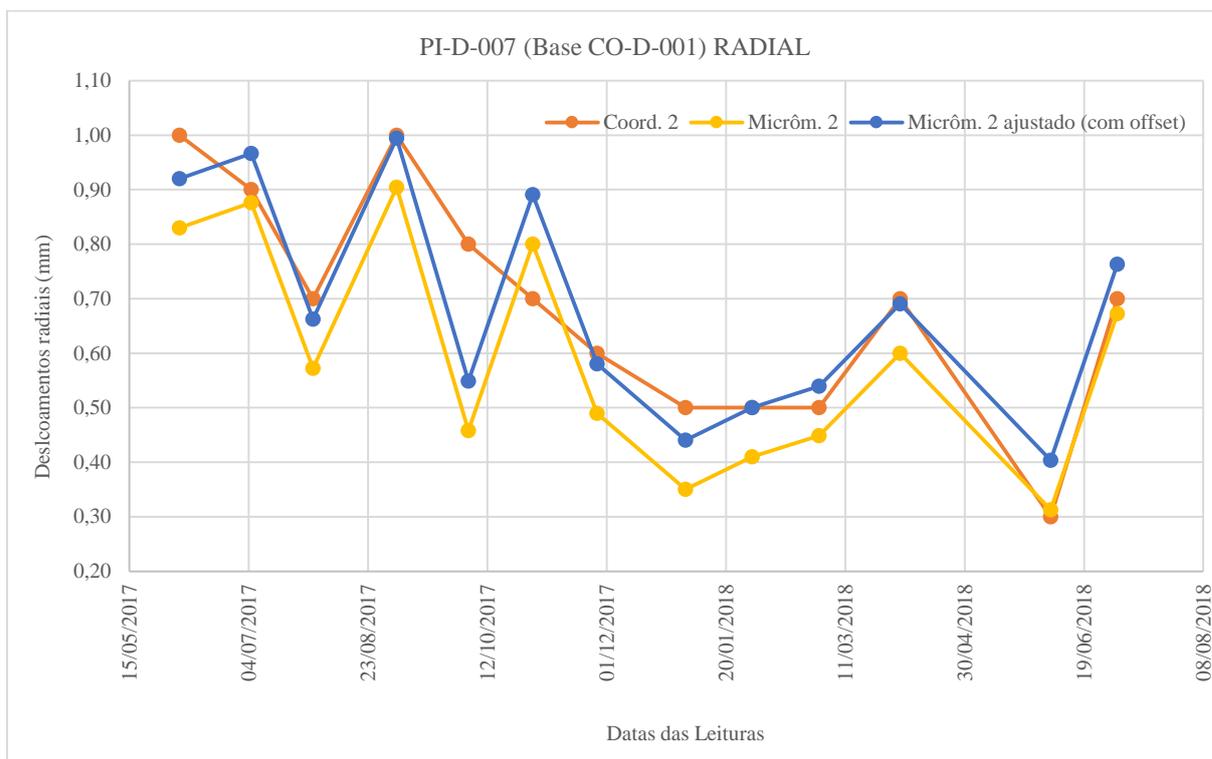
Fonte: O autor (2018)

Figura 75 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-002, radial.

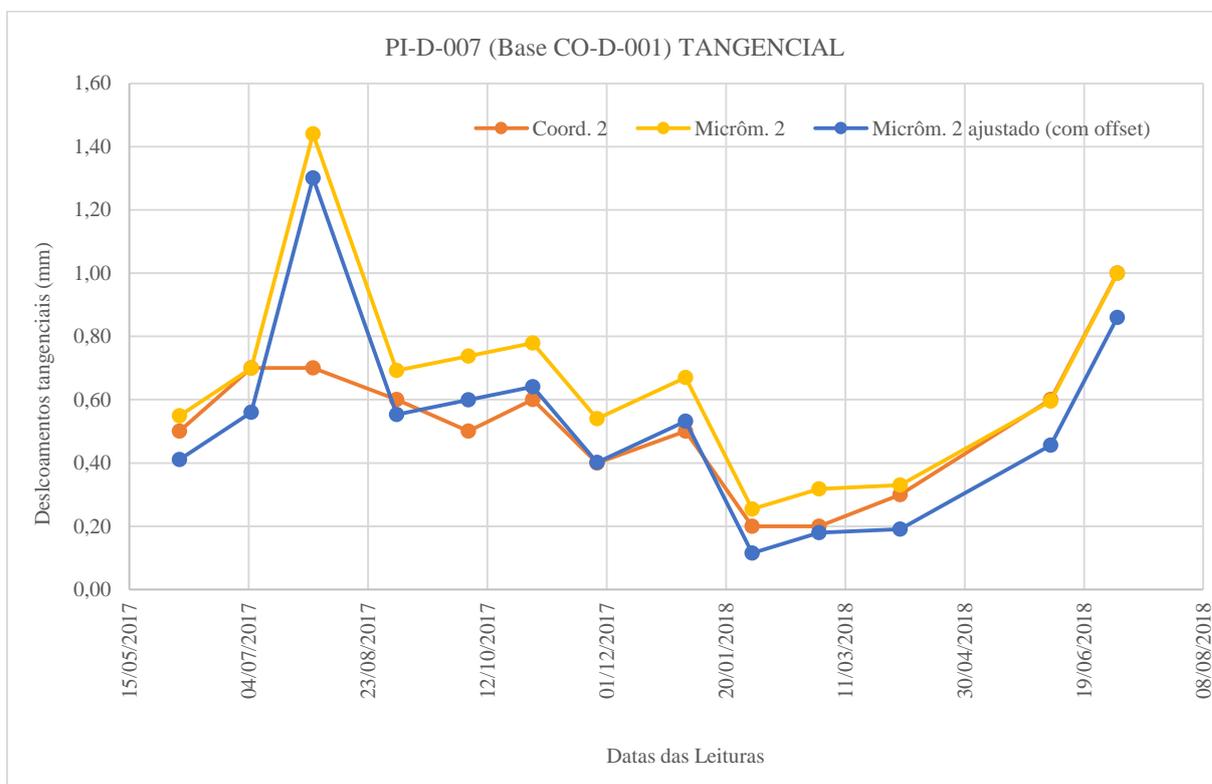
Fonte: O autor (2018)

Figura 76 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-A-002, tangencial.

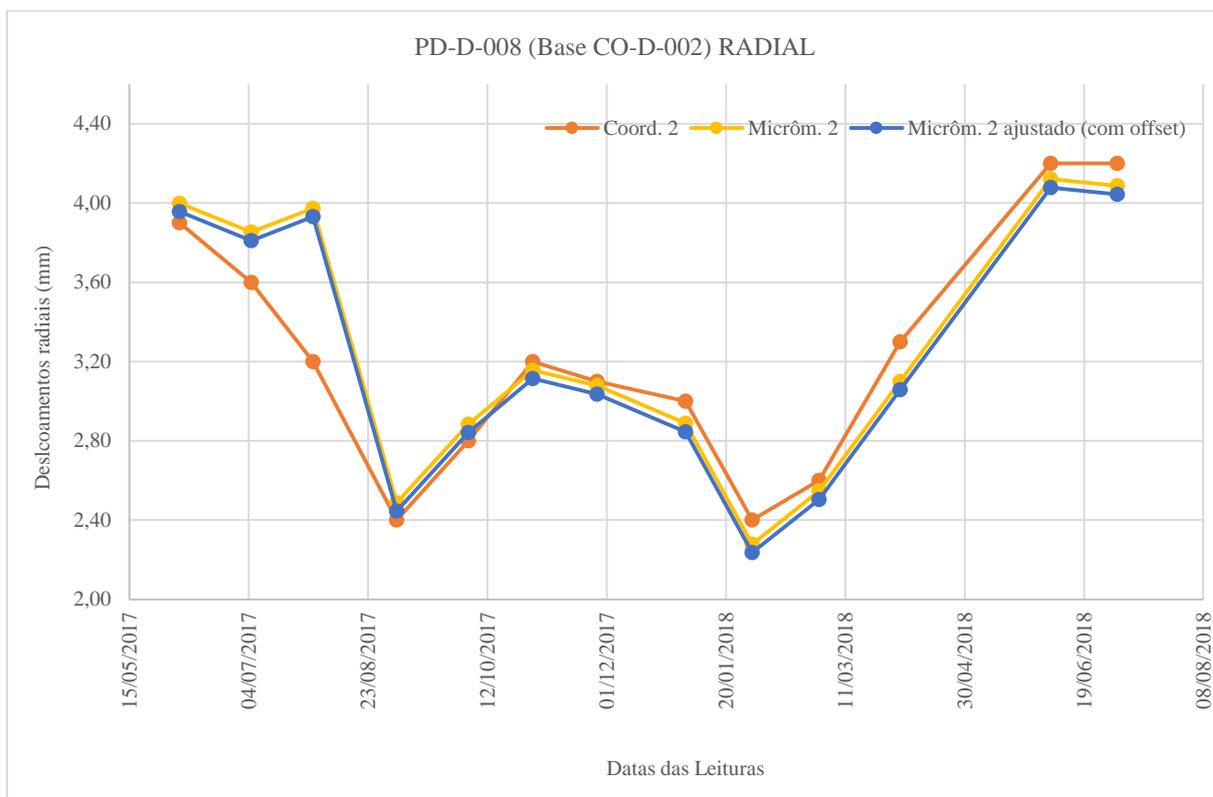
Fonte: O autor (2018)

Figura 77 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-001, radial.

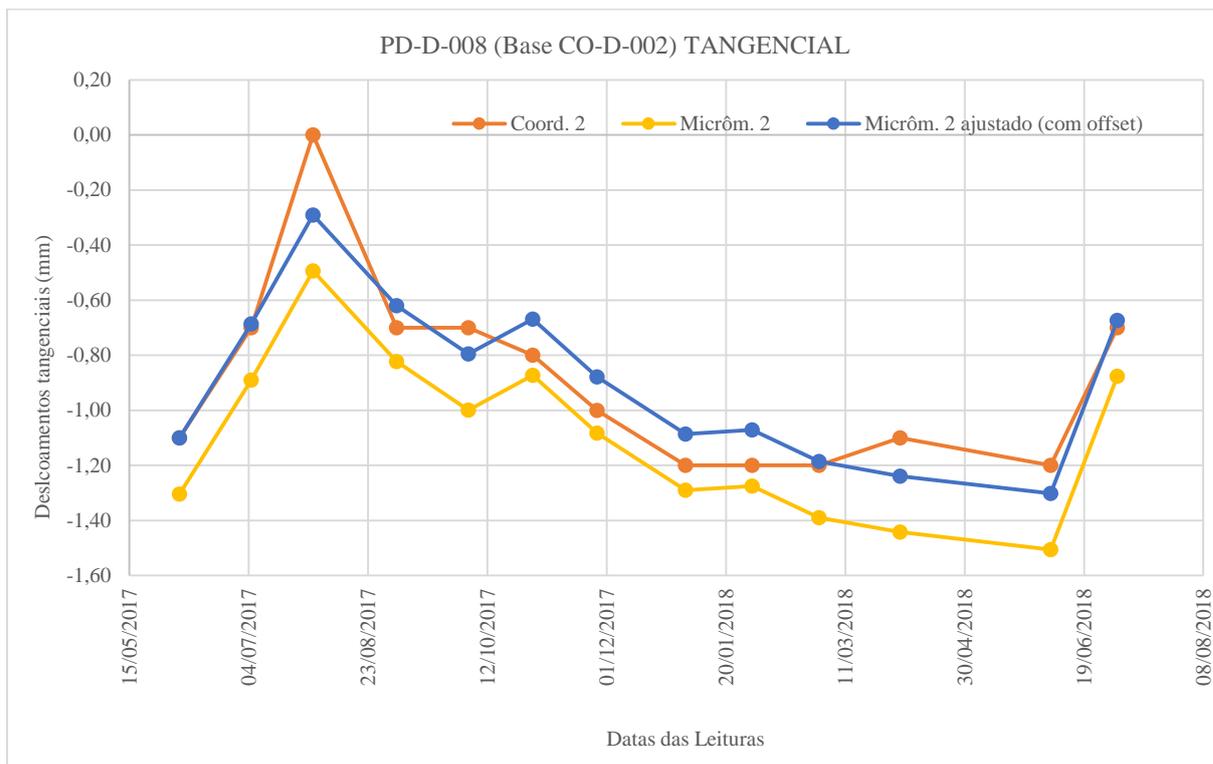
Fonte: O autor (2018)

Figura 78 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-001, tangencial.

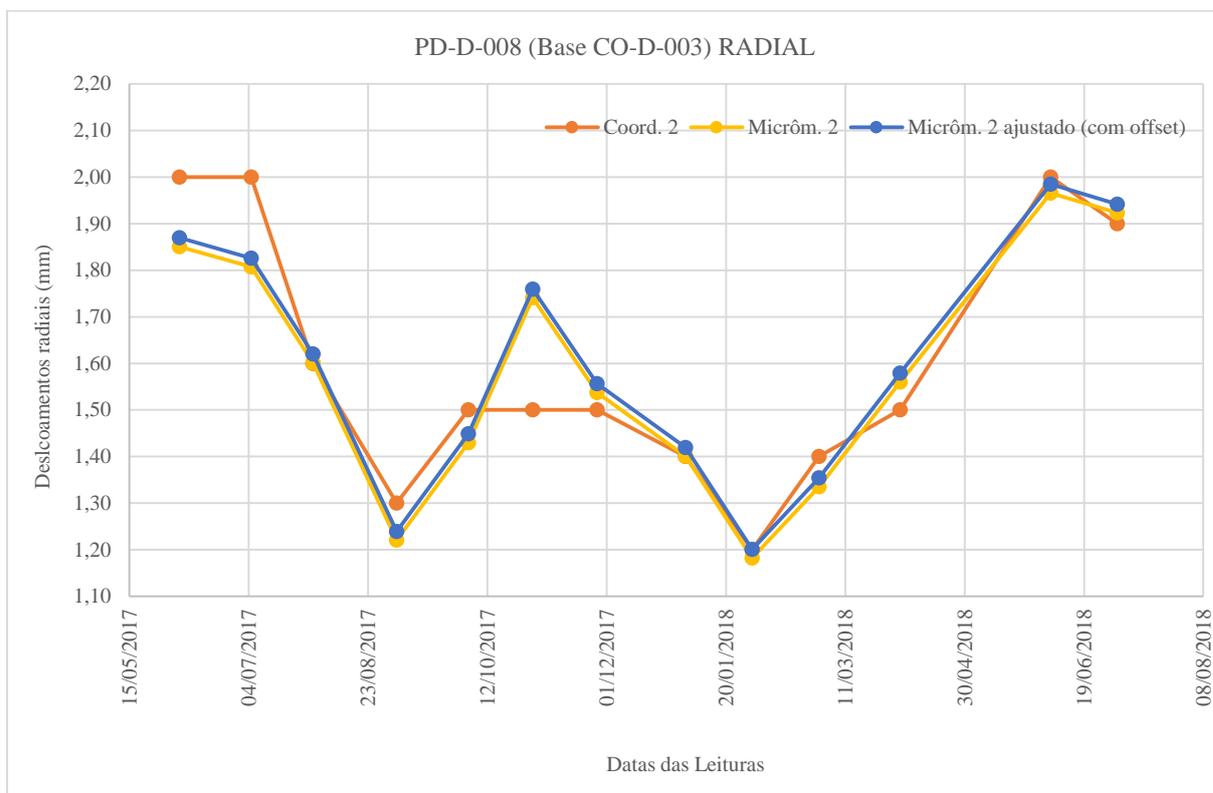
Fonte: O autor (2018)

Figura 79 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-002, radial.

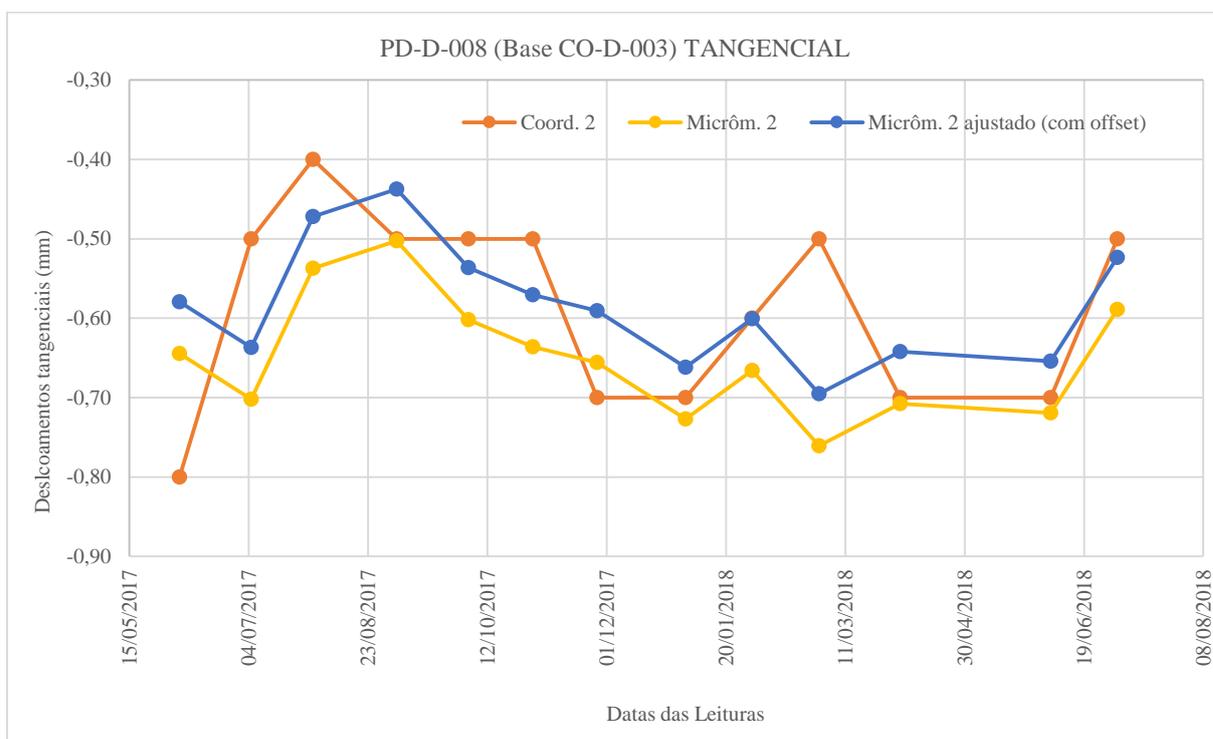
Fonte: O autor (2018)

Figura 80 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-002, tangencial.

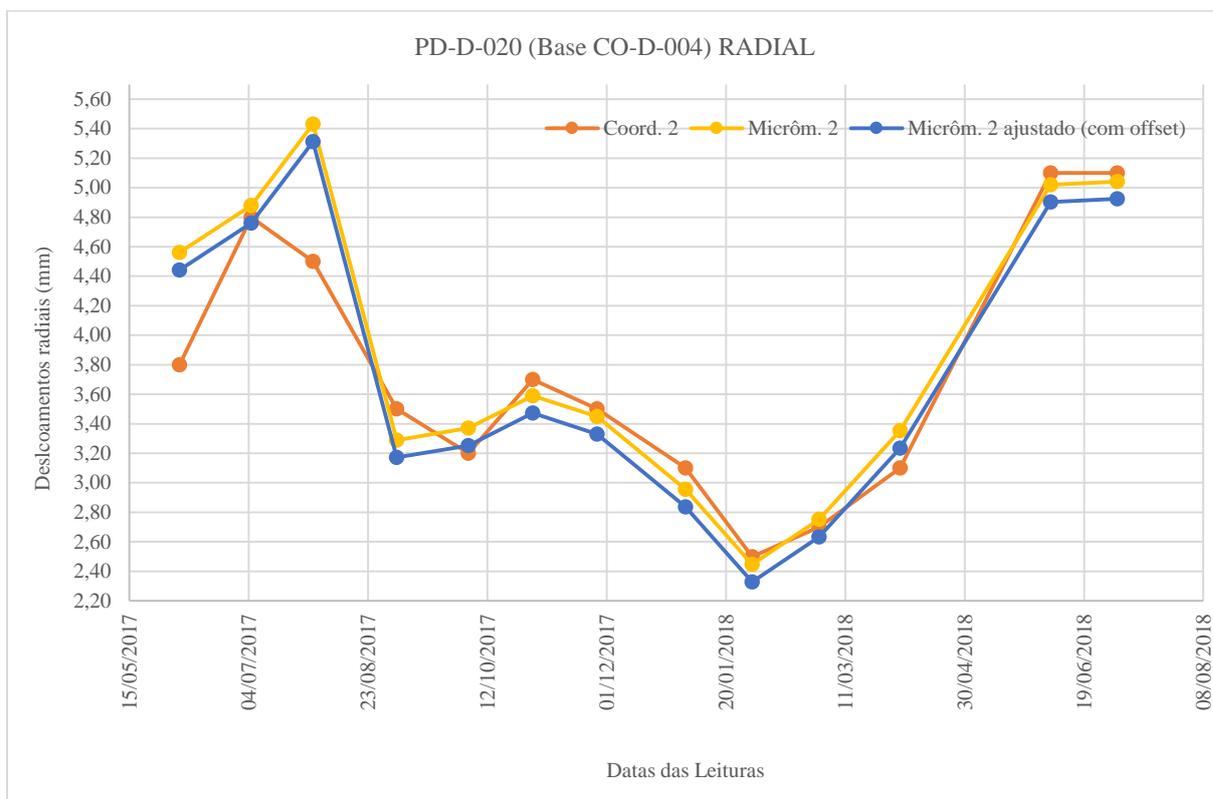
Fonte: O autor (2018)

Figura 81 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-003, radial.

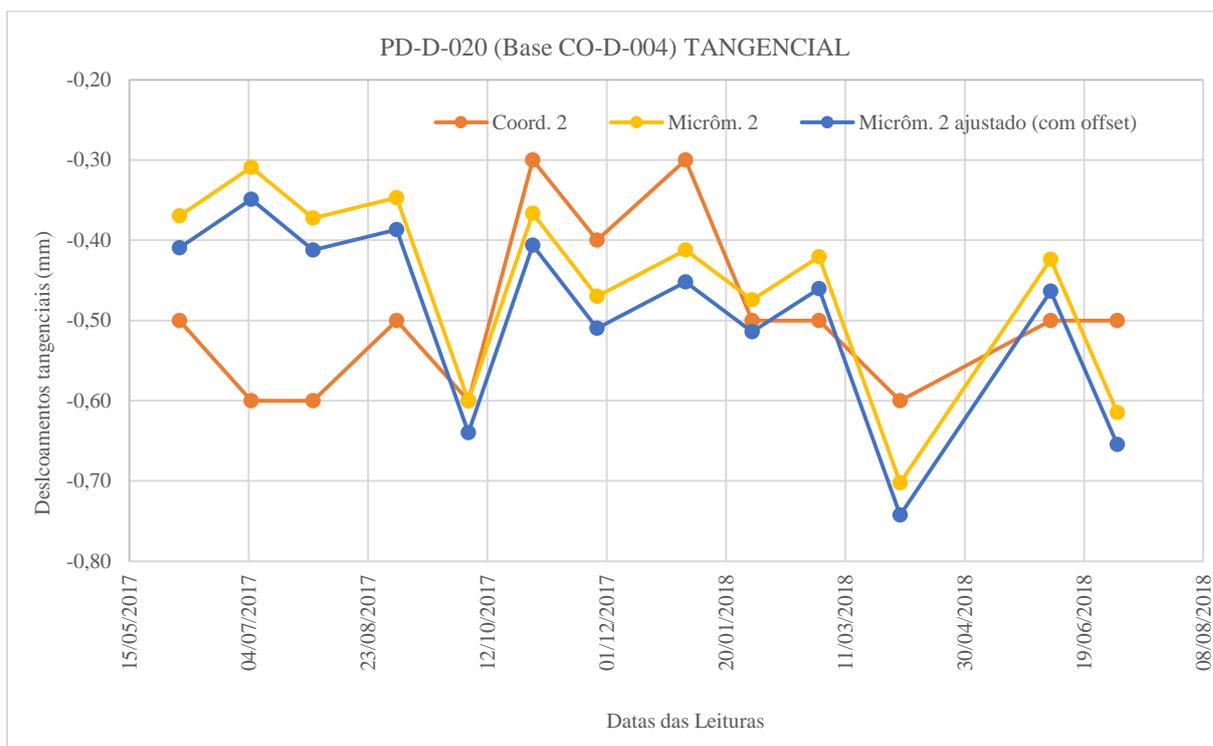
Fonte: O autor (2018)

Figura 82 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-003, tangencial.

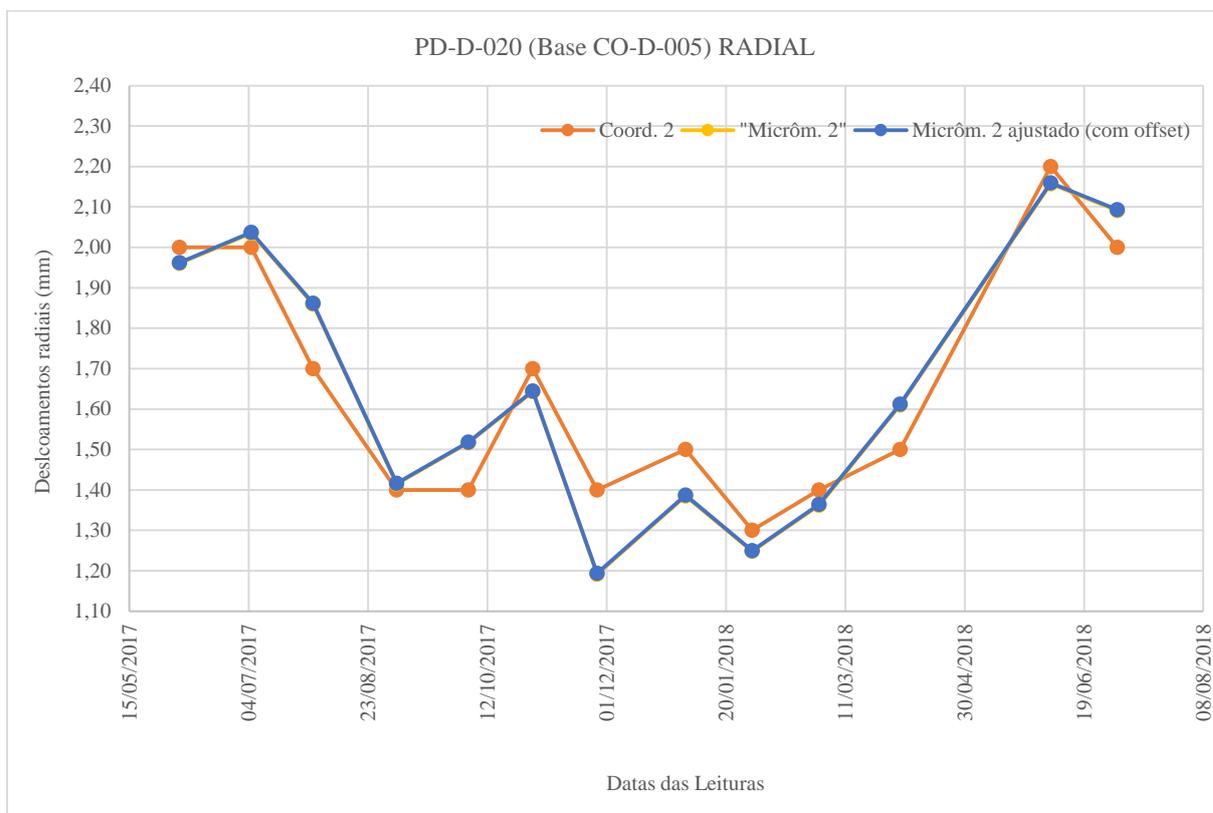
Fonte: O autor (2018)

Figura 83 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-004, radial.

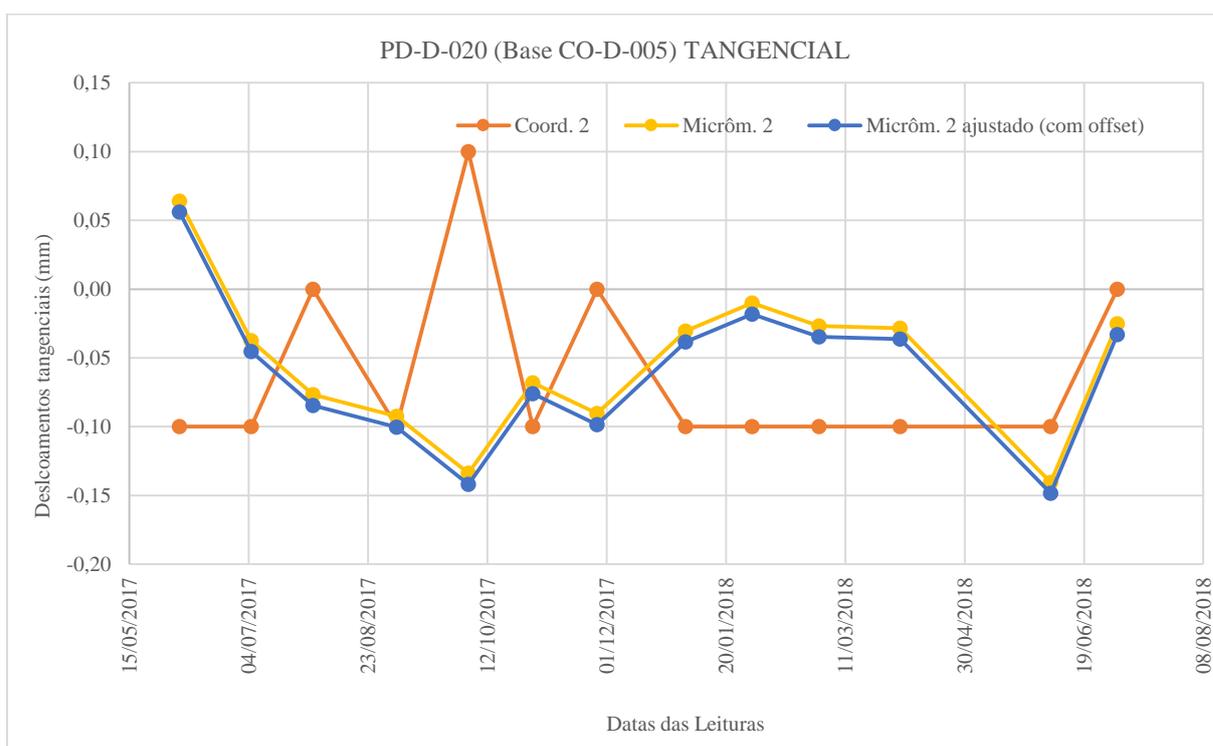
Fonte: O autor (2018)

Figura 84 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-004, tangencial.

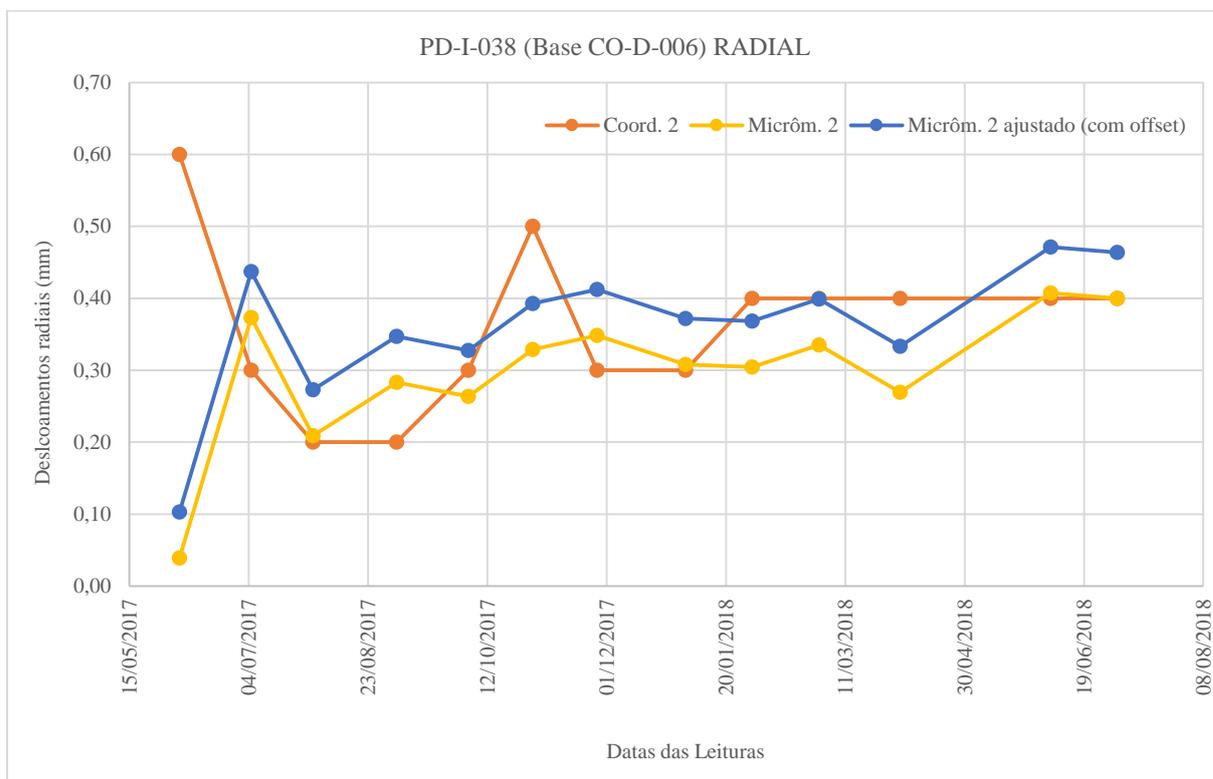
Fonte: O autor (2018)

Figura 85 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-005, radial.

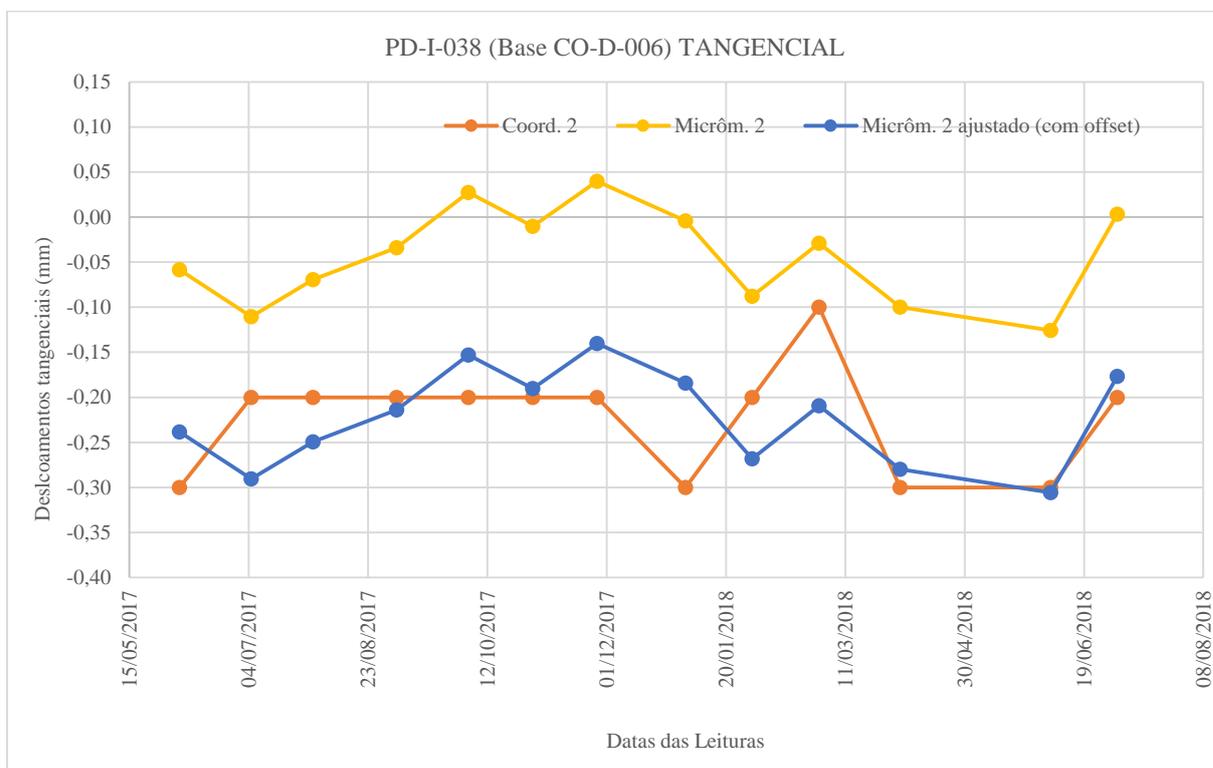
Fonte: O autor (2018)

Figura 86 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-005, tangencial.

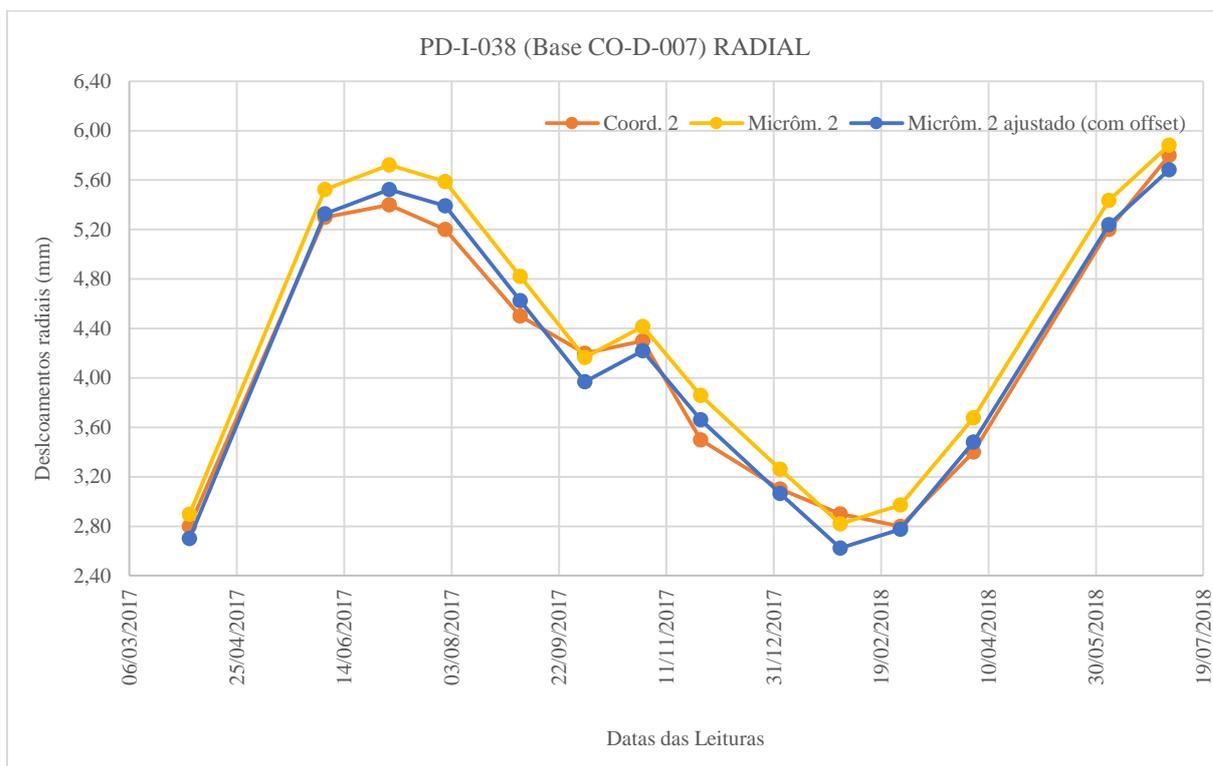
Fonte: O autor (2018)

Figura 87 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-006, radial.

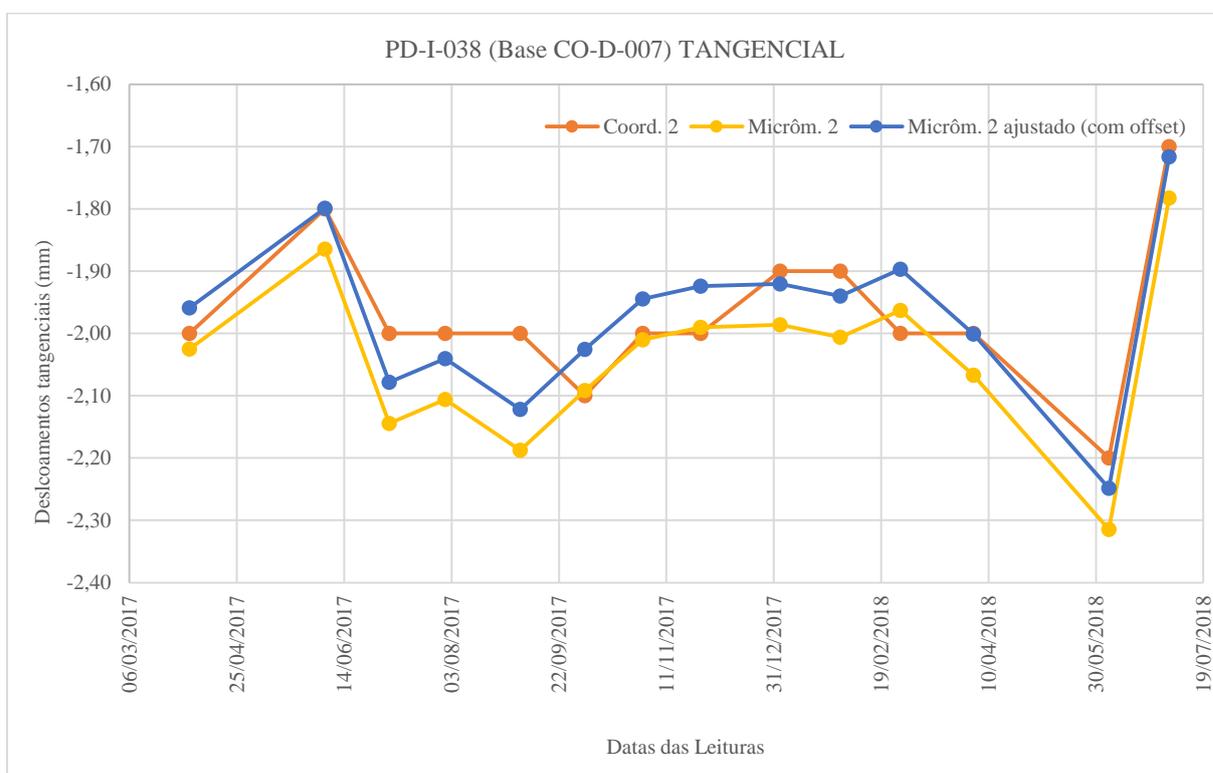
Fonte: O autor (2018)

Figura 88 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-006, tangencial.

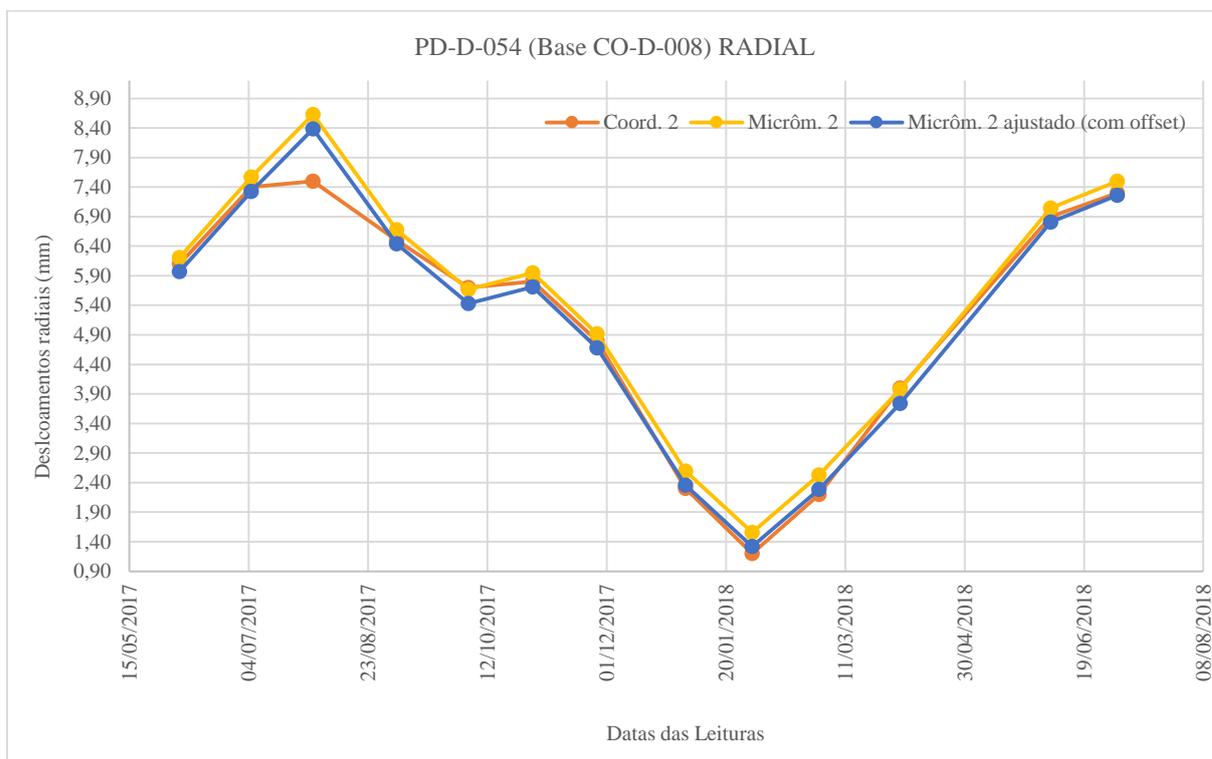
Fonte: O autor (2018)

Figura 89 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-007, radial.

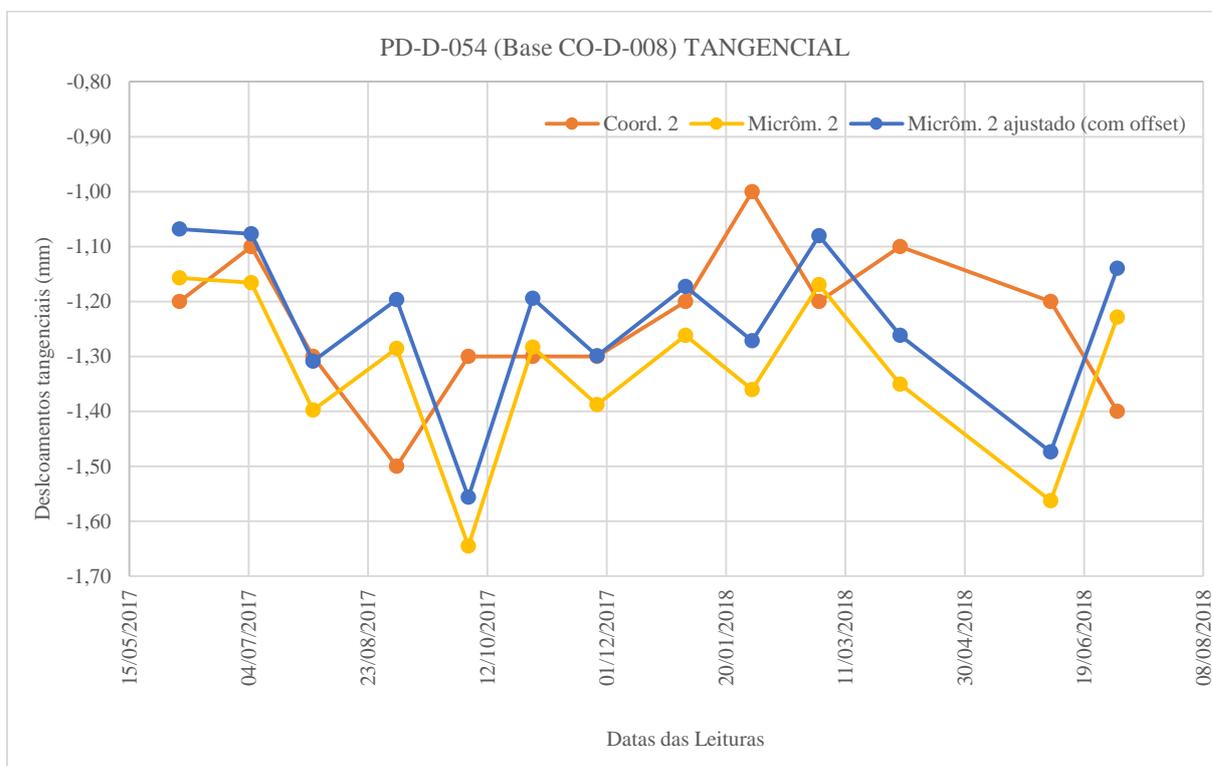
Fonte: O autor (2018)

Figura 90 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-007, tangencial.

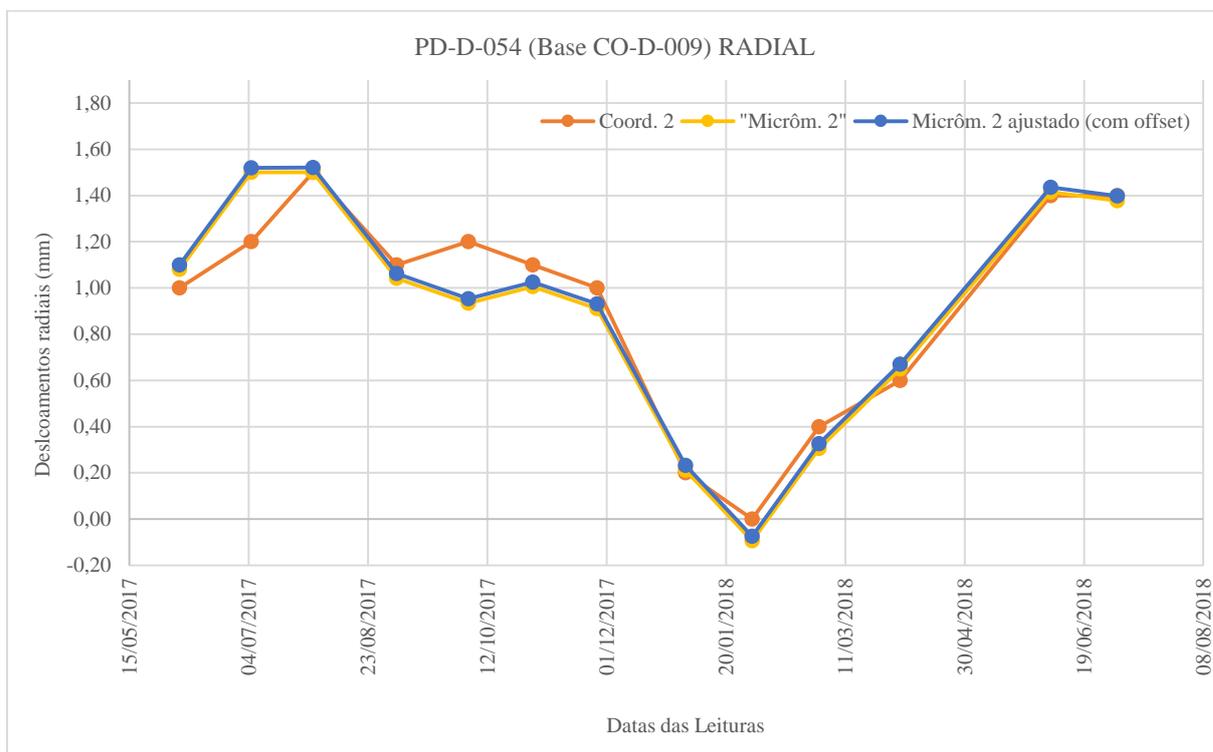
Fonte: O autor (2018)

Figura 91 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-008, radial.

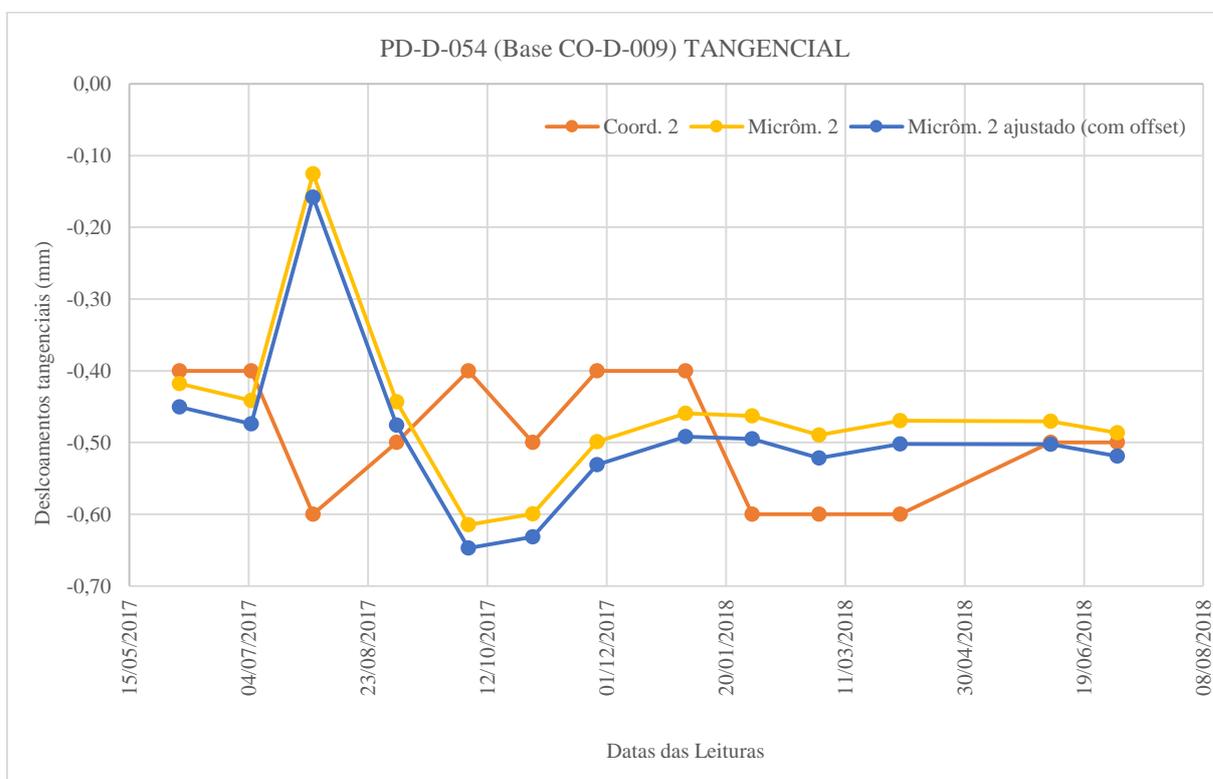
Fonte: O autor (2018)

Figura 92 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-008, tangencial.

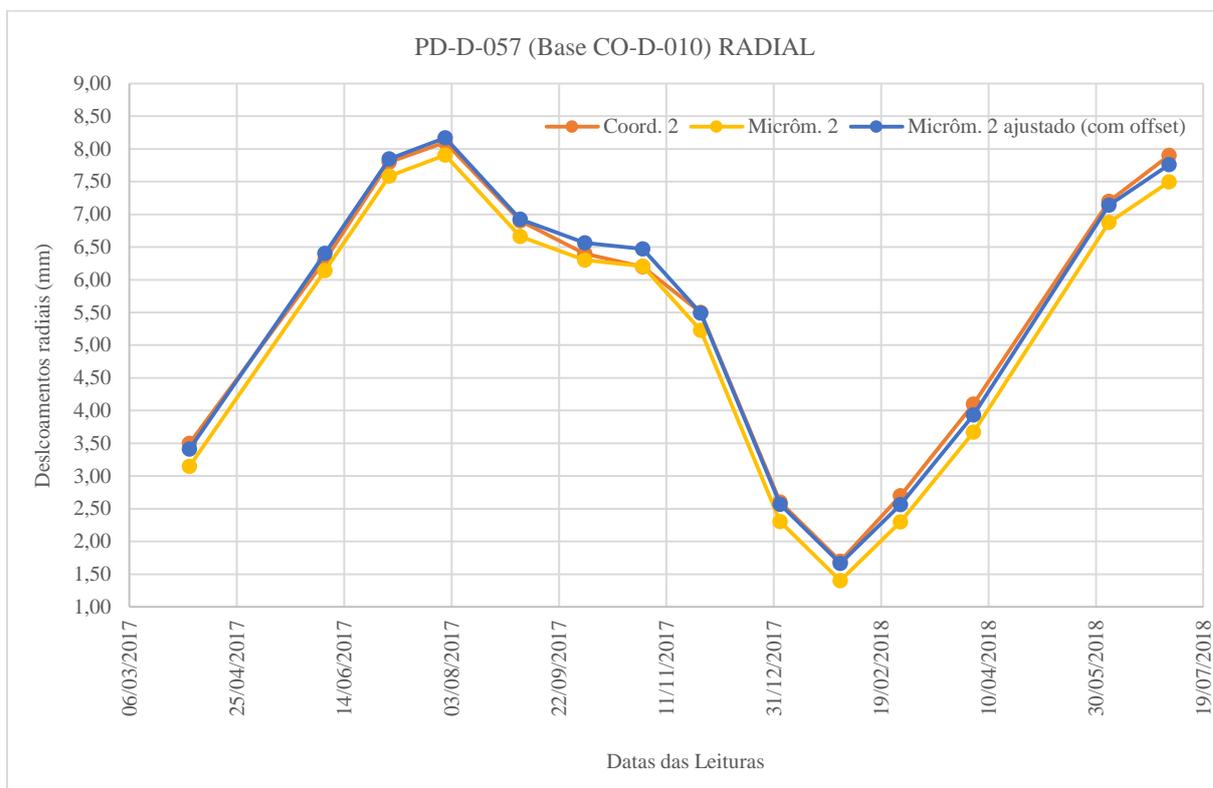
Fonte: O autor (2018)

Figura 93 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-009, radial.

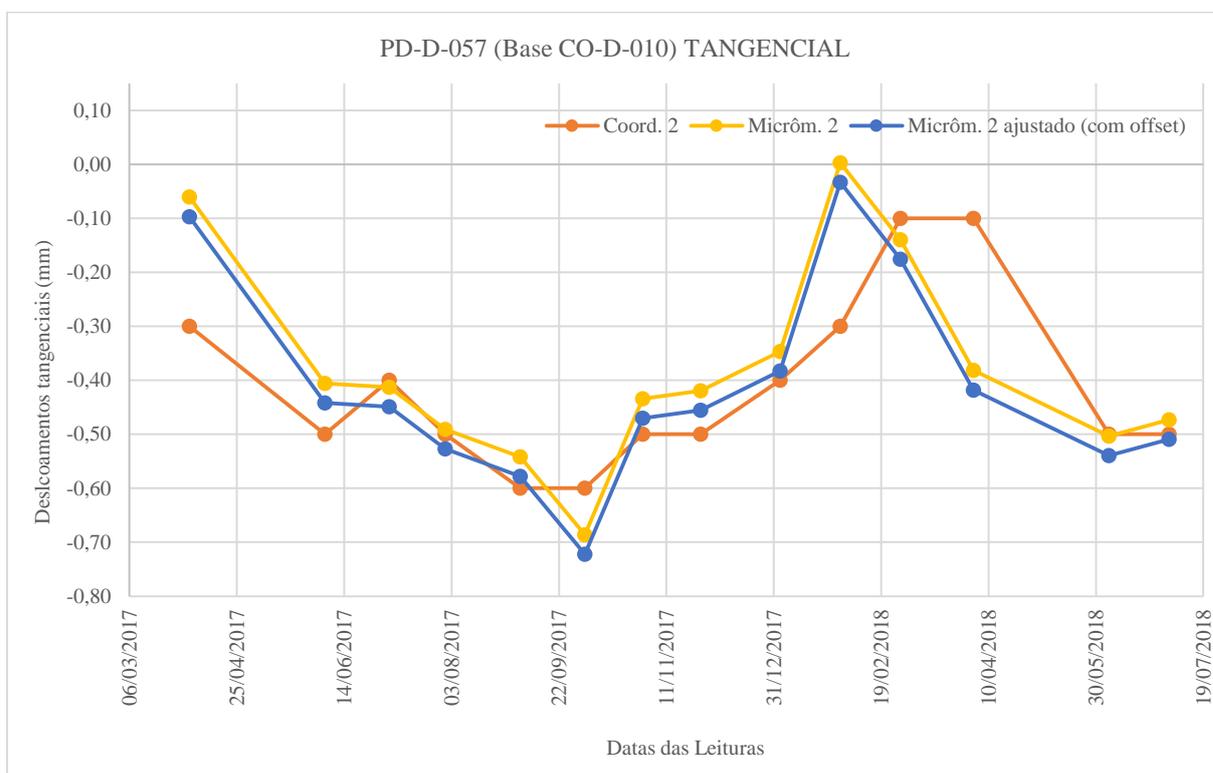
Fonte: O autor (2018)

Figura 94 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-009, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

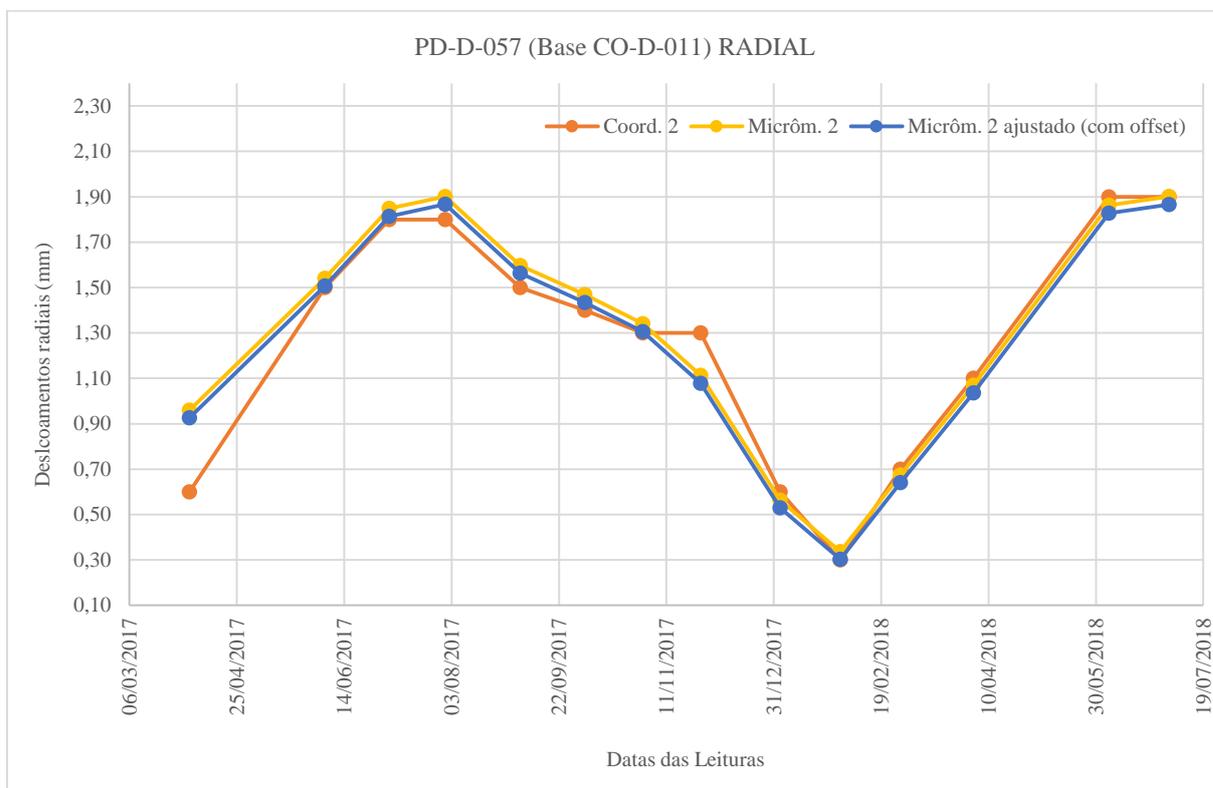
Figura 95 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-010, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 96 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-010, tangencial.

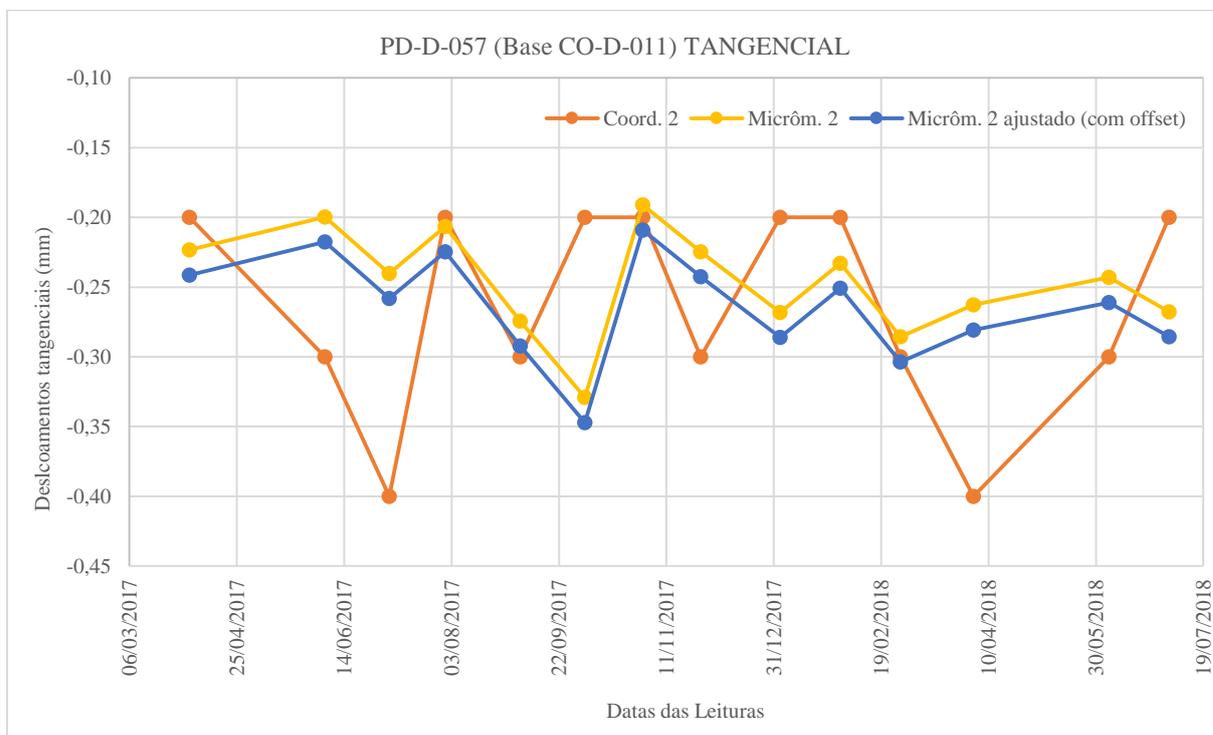
Fonte: O autor (2018)

Figura 97 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-011, radial.

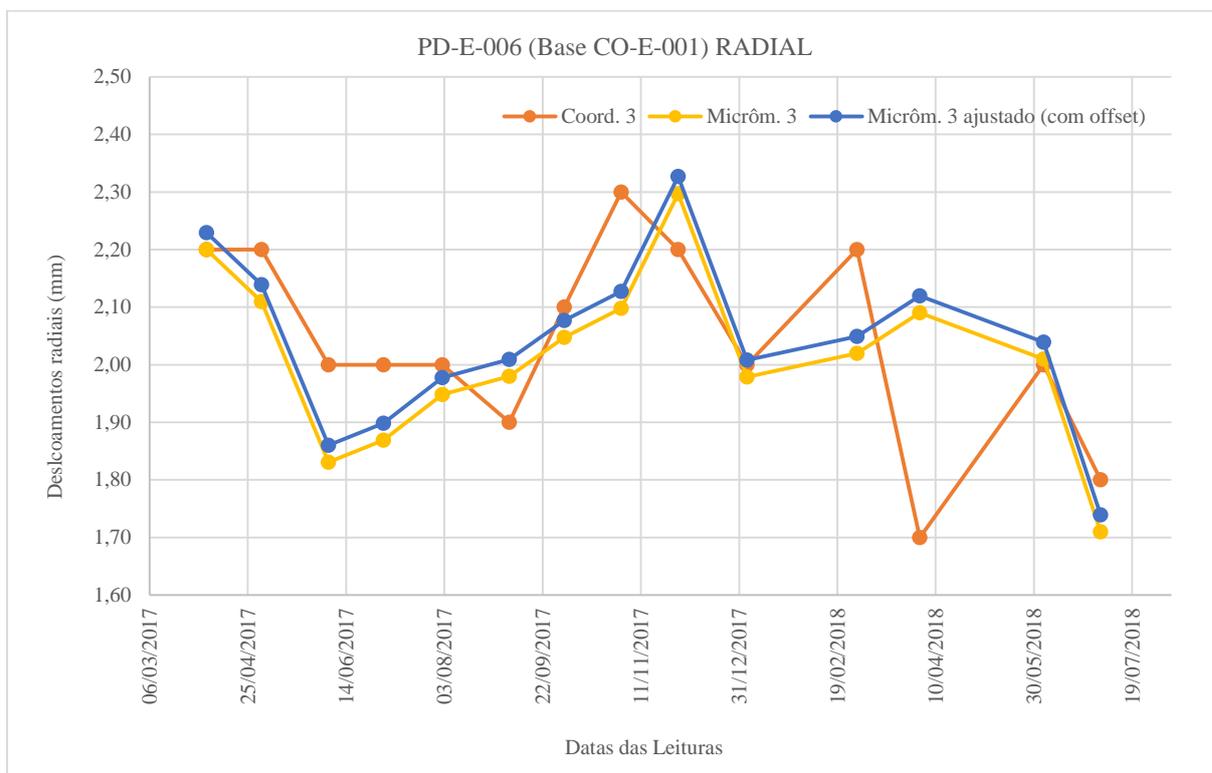


Fonte: O autor (2018)

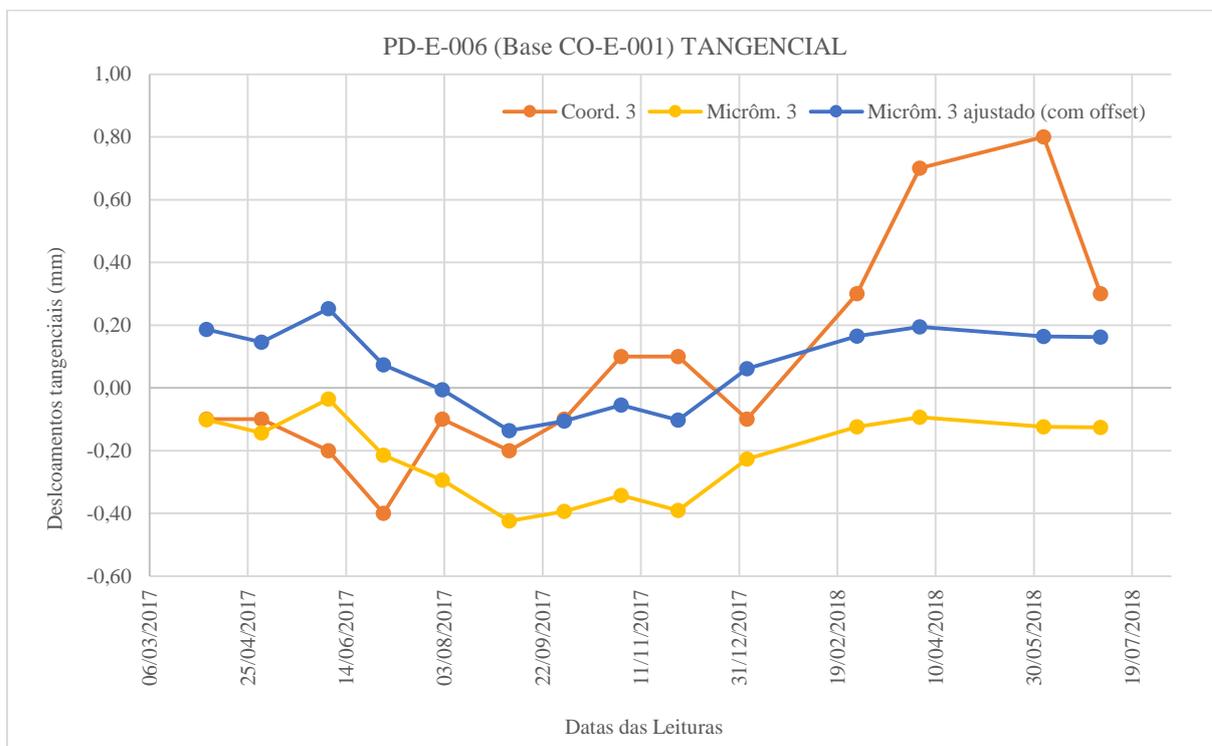
Figura 98 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-D-011, tangencial.



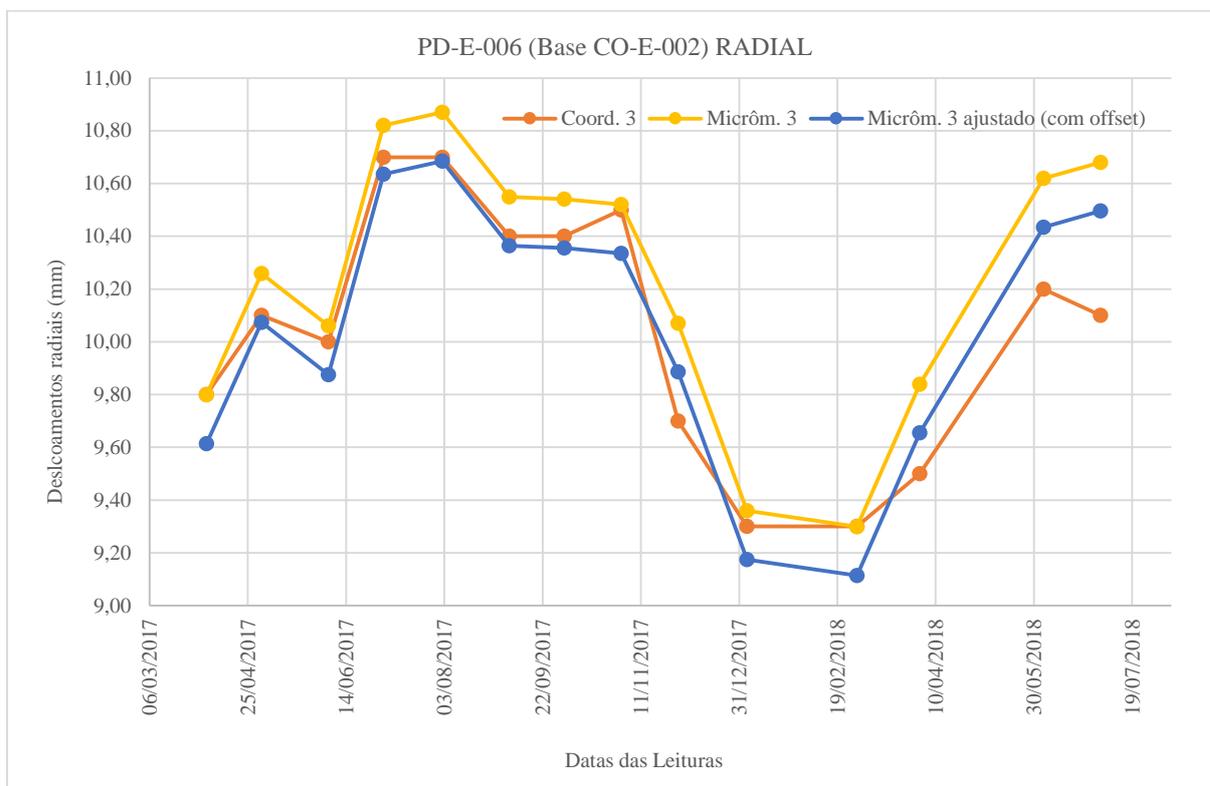
Fonte: O autor (2018)

Figura 99 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-001, radial.

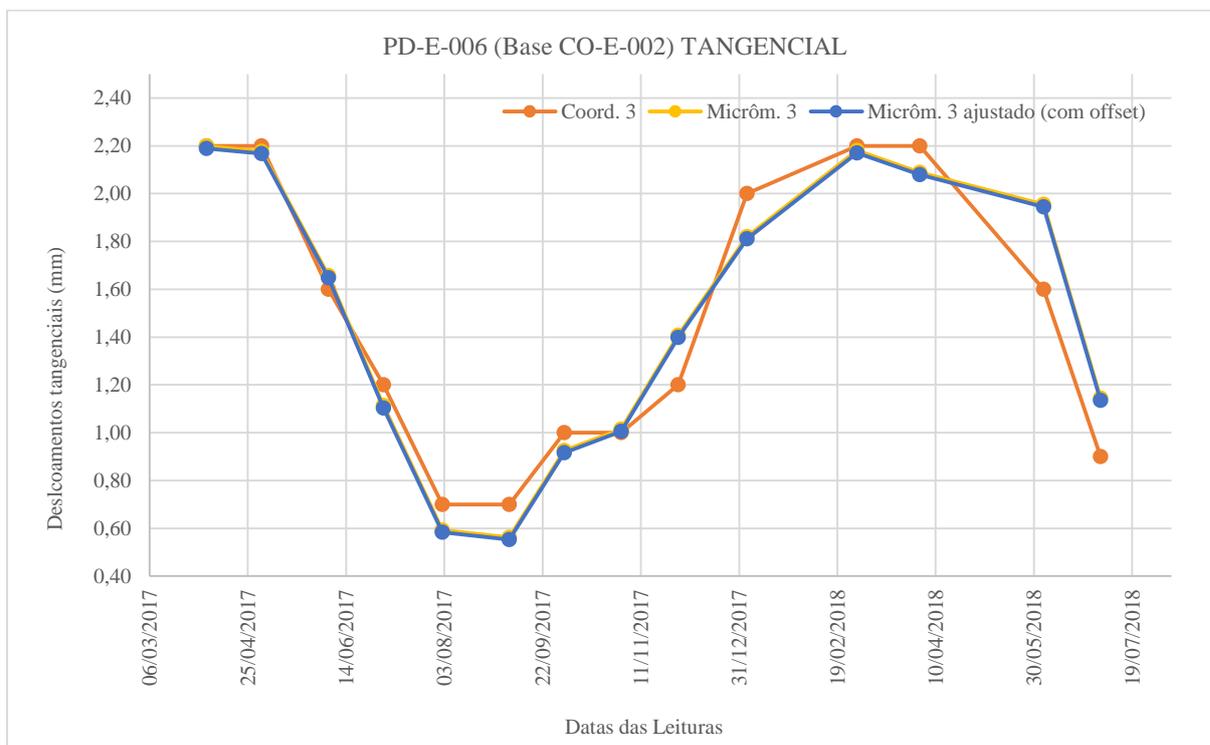
Fonte: O autor (2018)

Figura 100 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-001, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

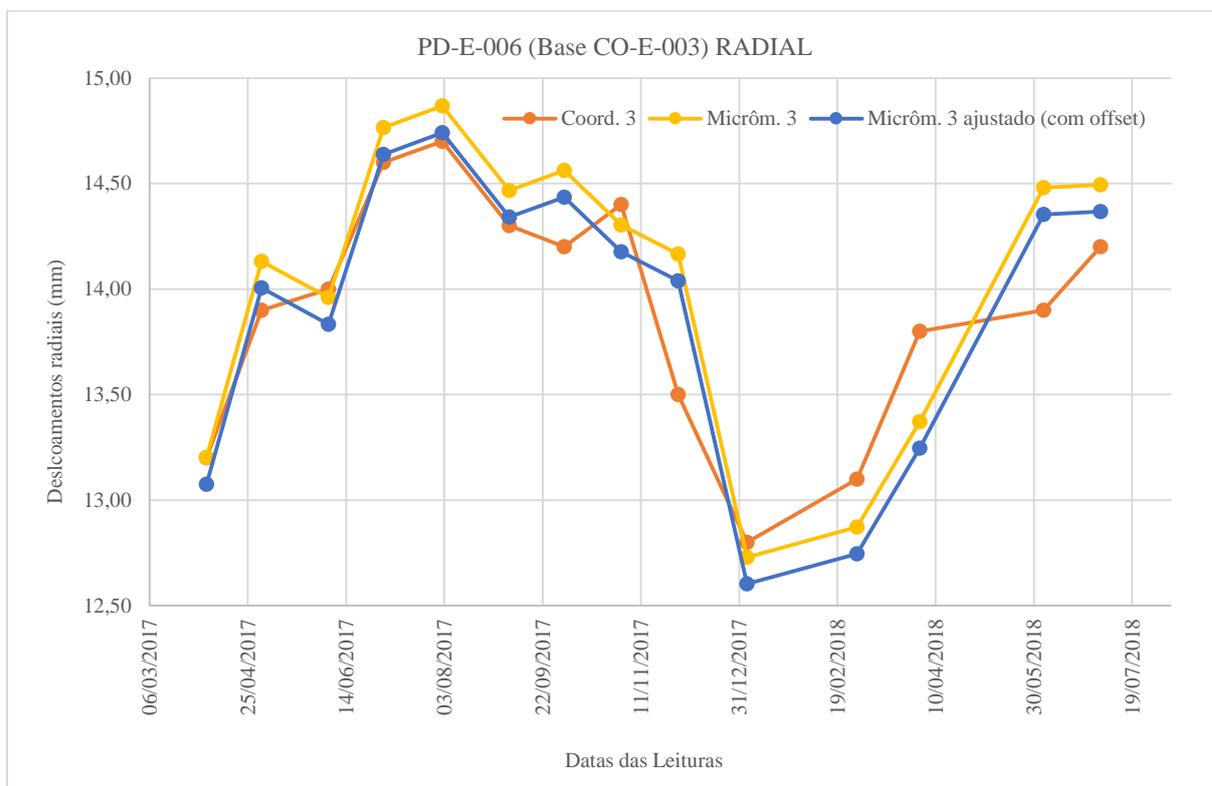
Figura 101 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-002, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 102 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-002, tangencial.

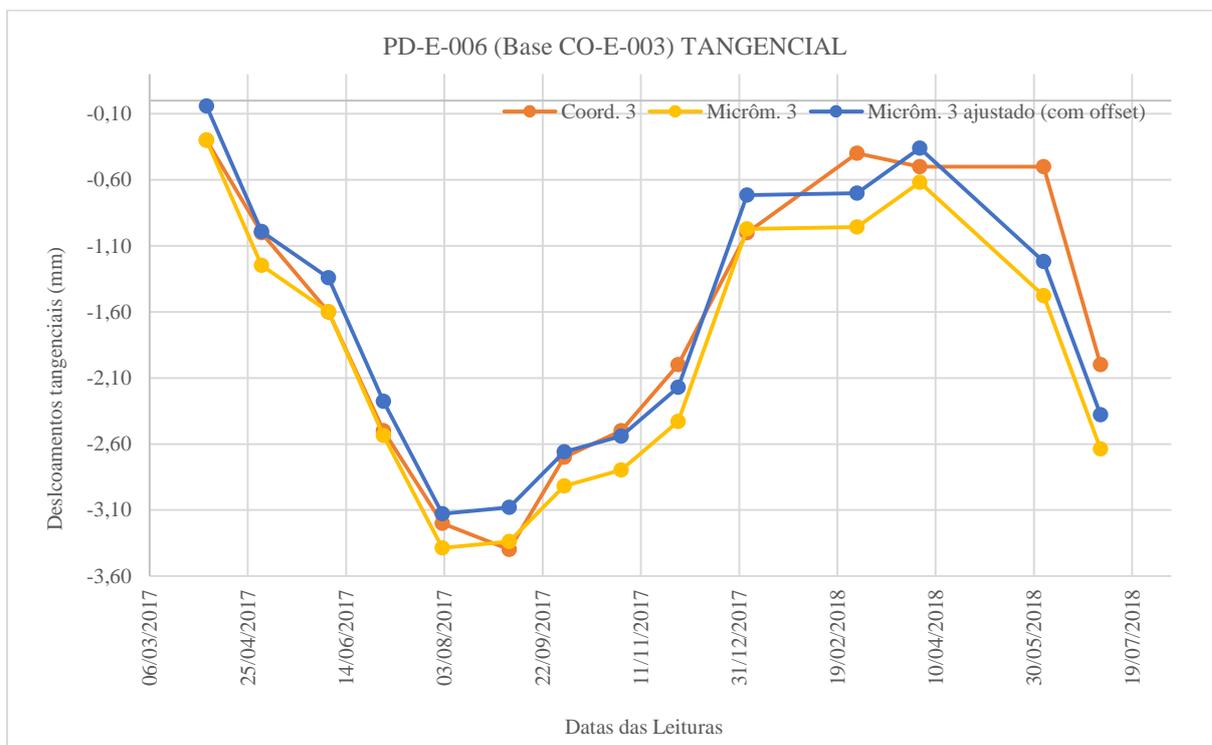
Fonte: O autor (2018)

Figura 103 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-003, radial.

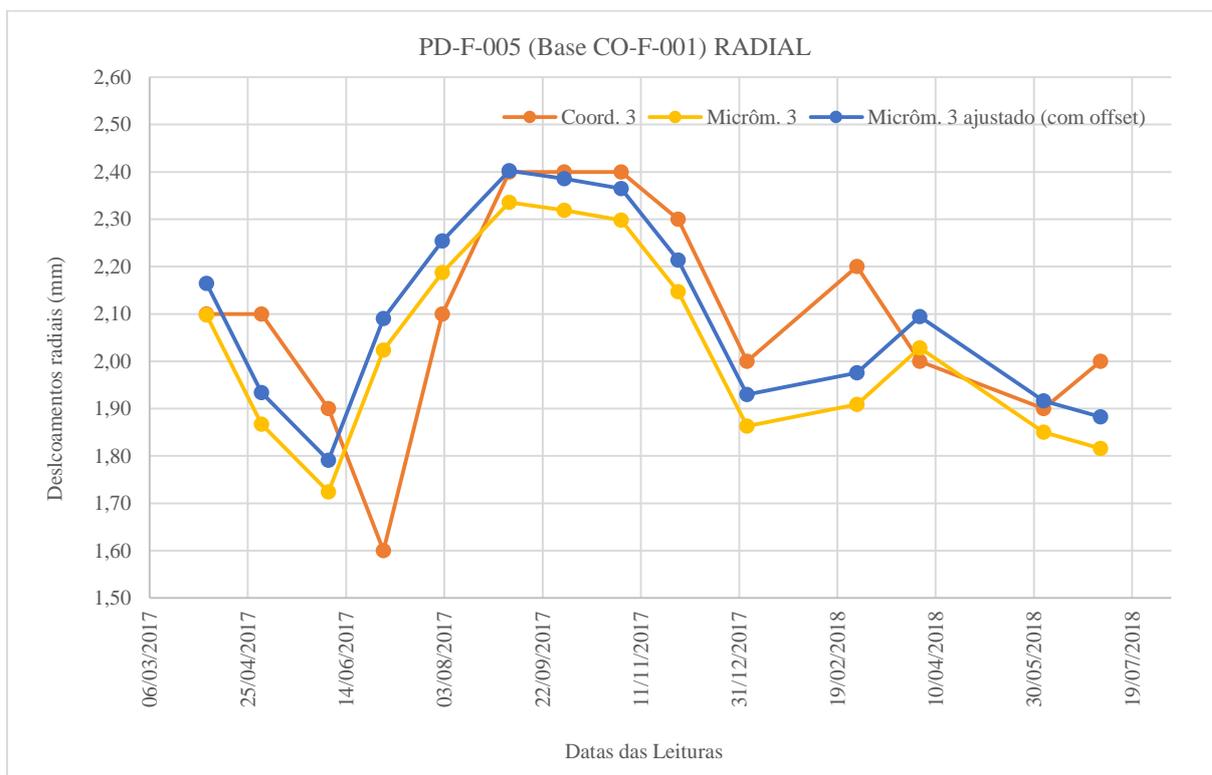


Fonte: O autor (2018)

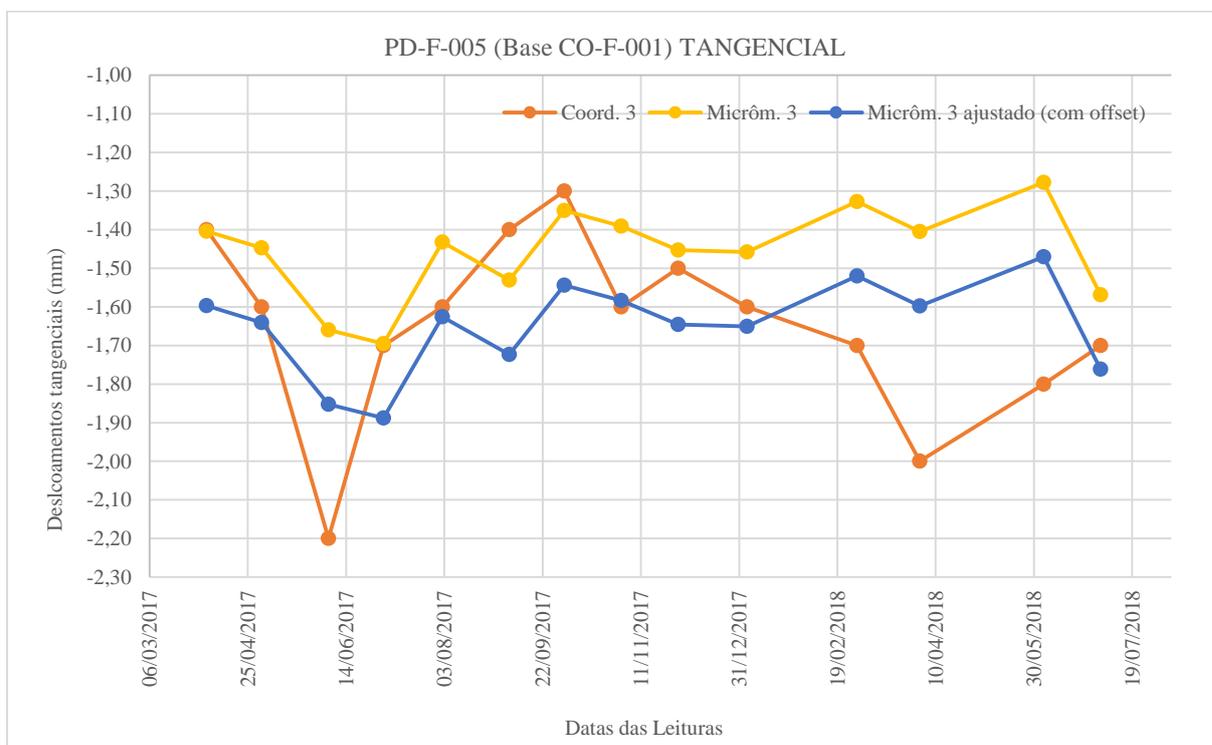
Figura 104 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-E-003, tangencial.



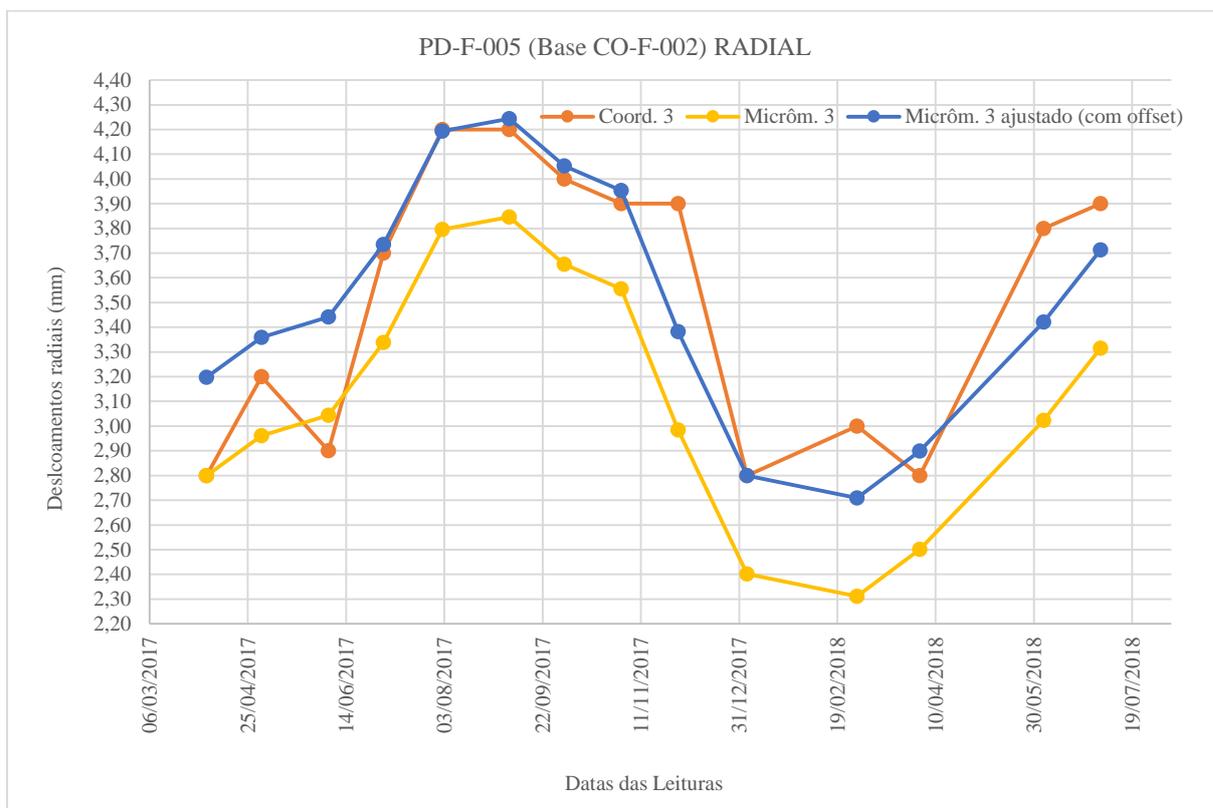
Fonte: O autor (2018)

Figura 105 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-001, radial.

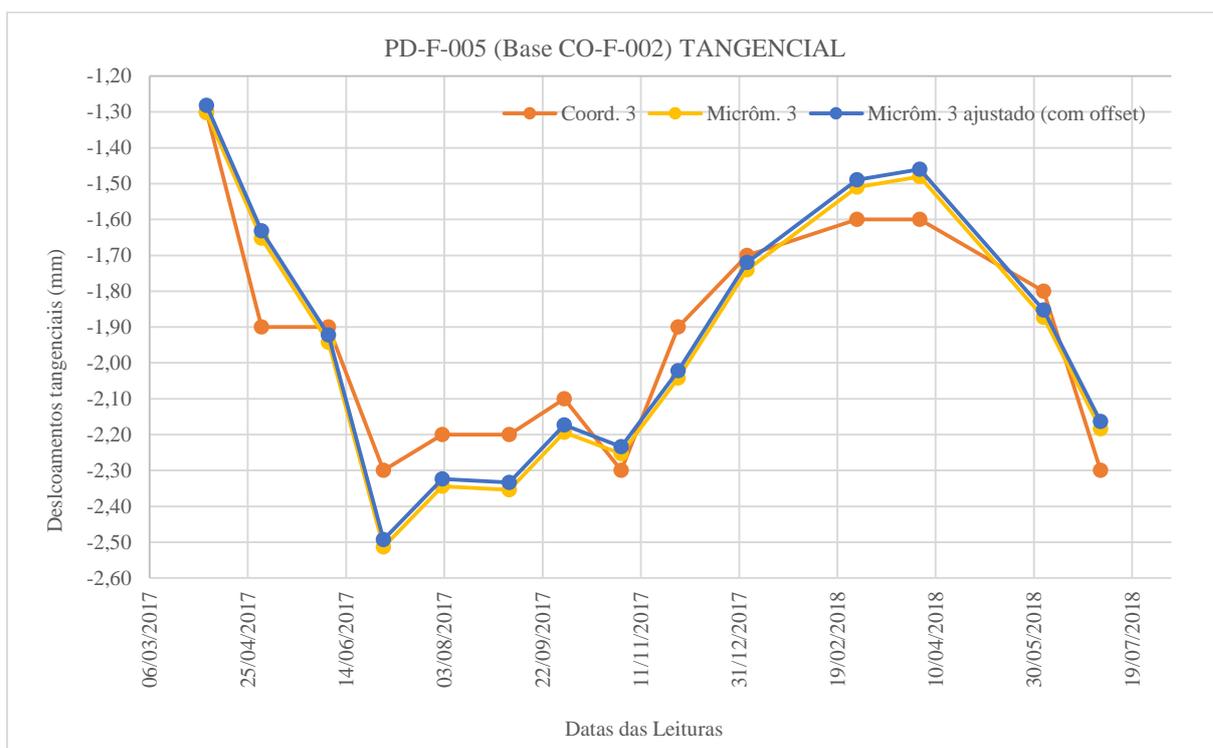
Fonte: O autor (2018)

Figura 106 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-001, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

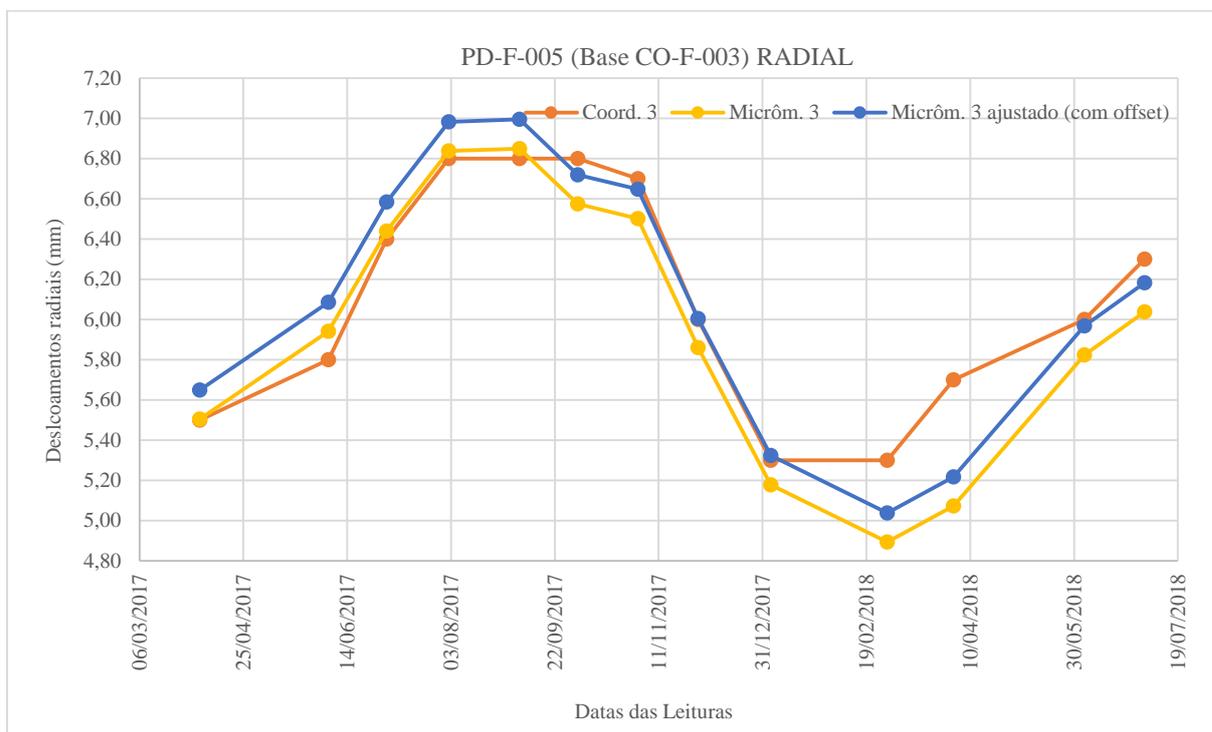
Figura 107 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-002, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 108 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-002, tangencial.

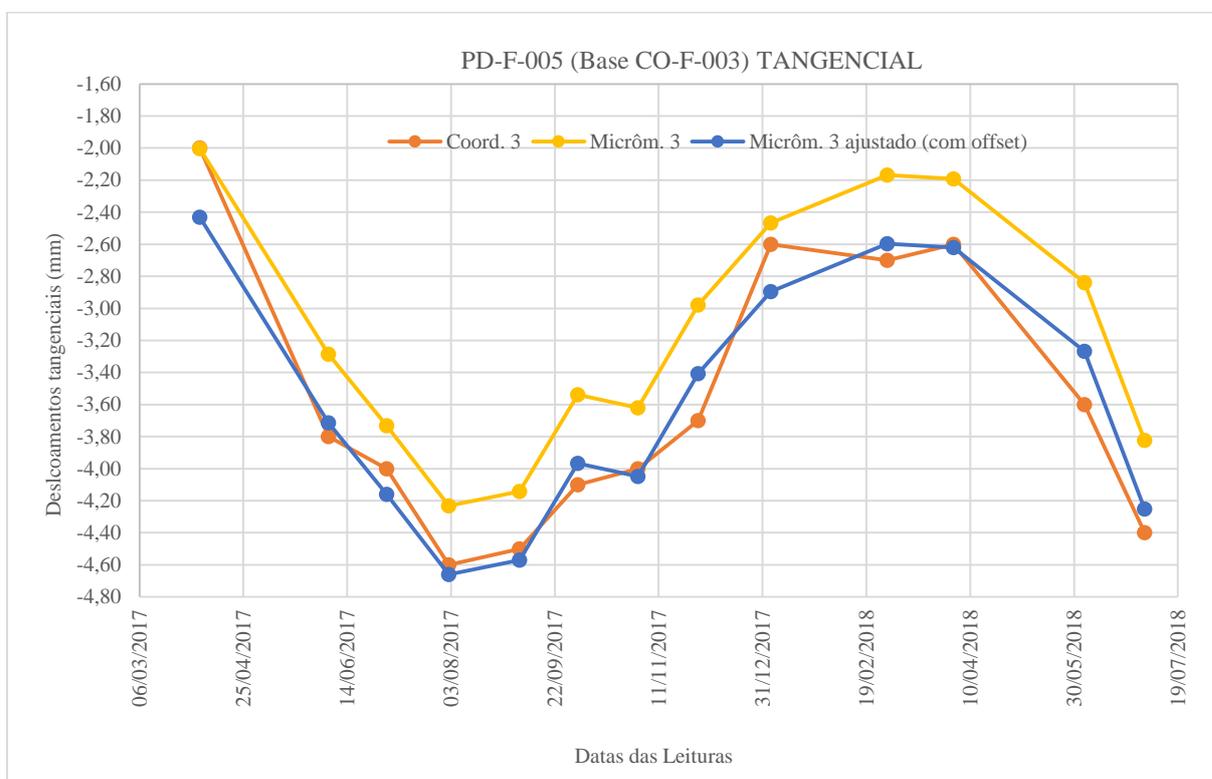
Fonte: O autor (2018)

Figura 109 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-003, radial.



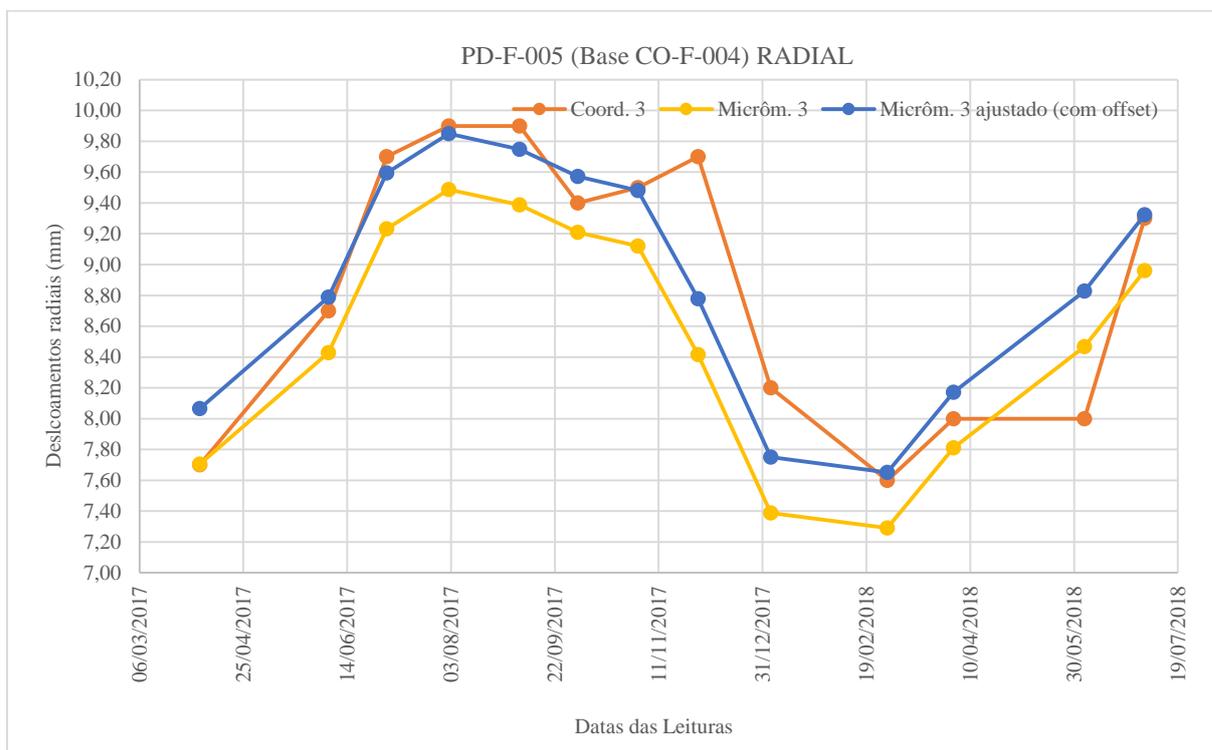
Fonte: O autor (2018)

Figura 110 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-003, tangencial.



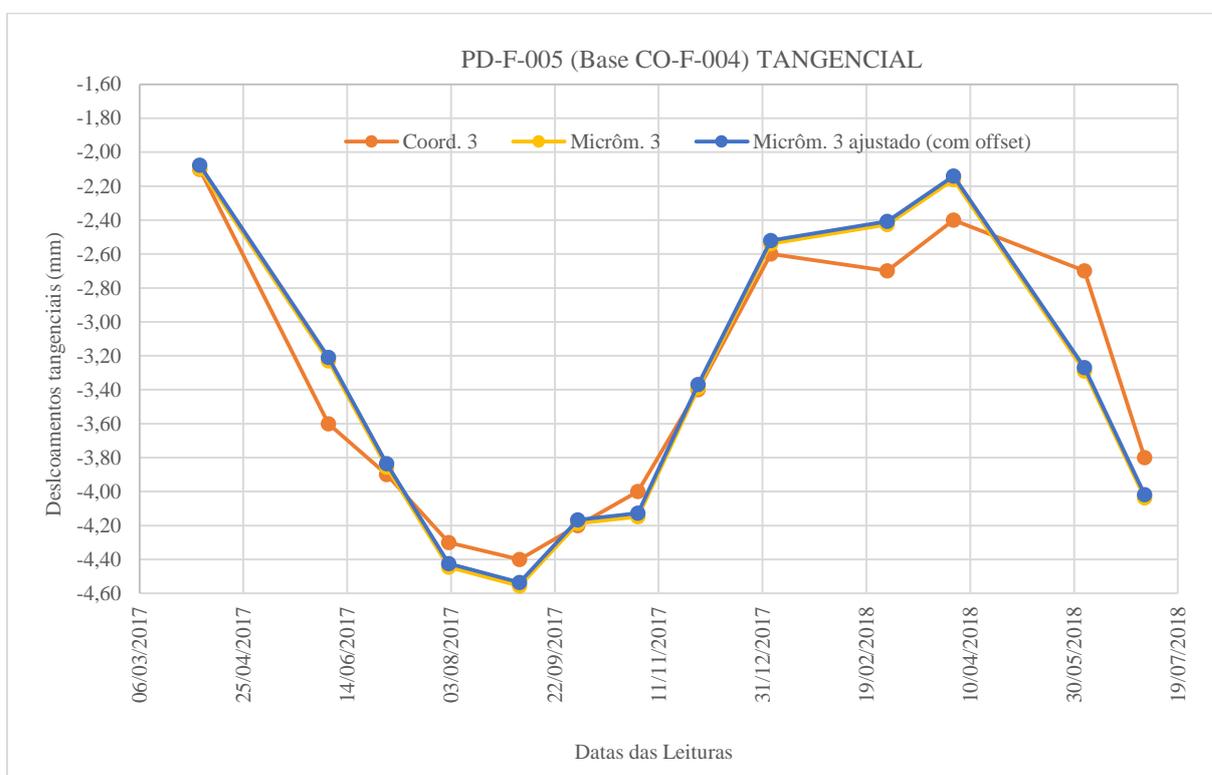
Fonte: O autor (2018)

Figura 111 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-004, radial.

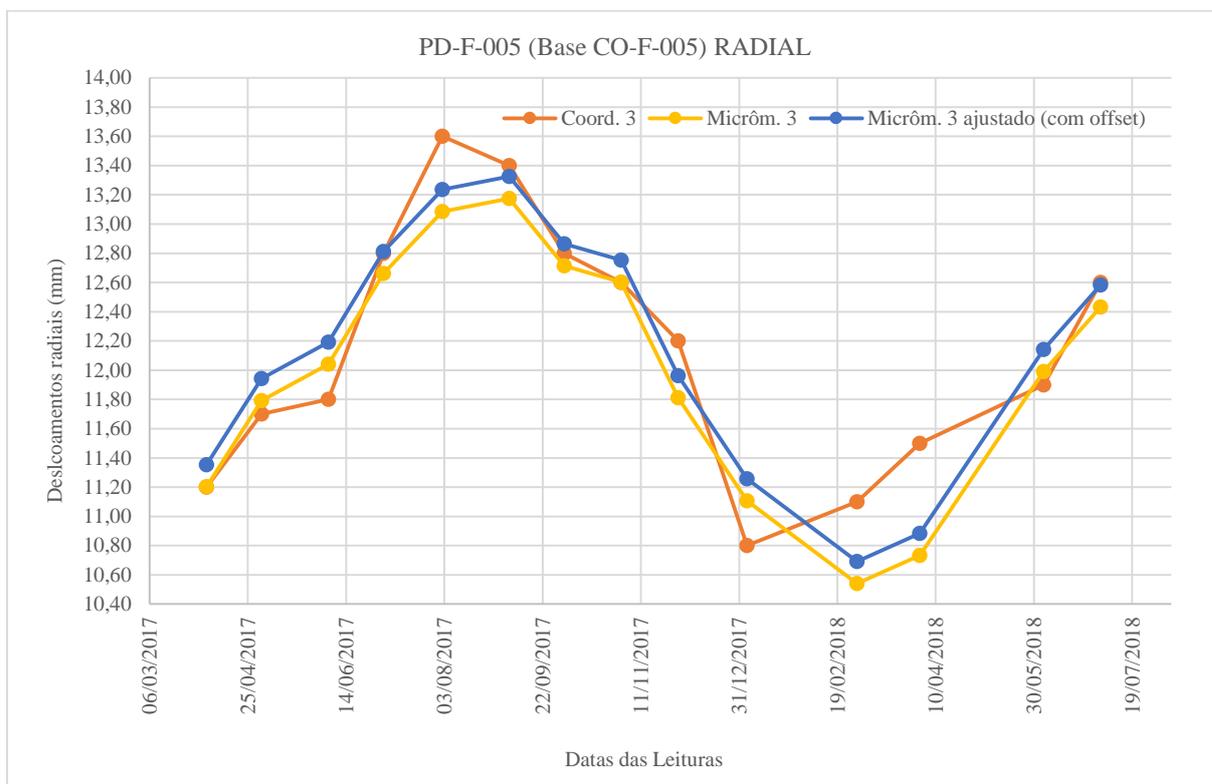


Fonte: O autor (2018)

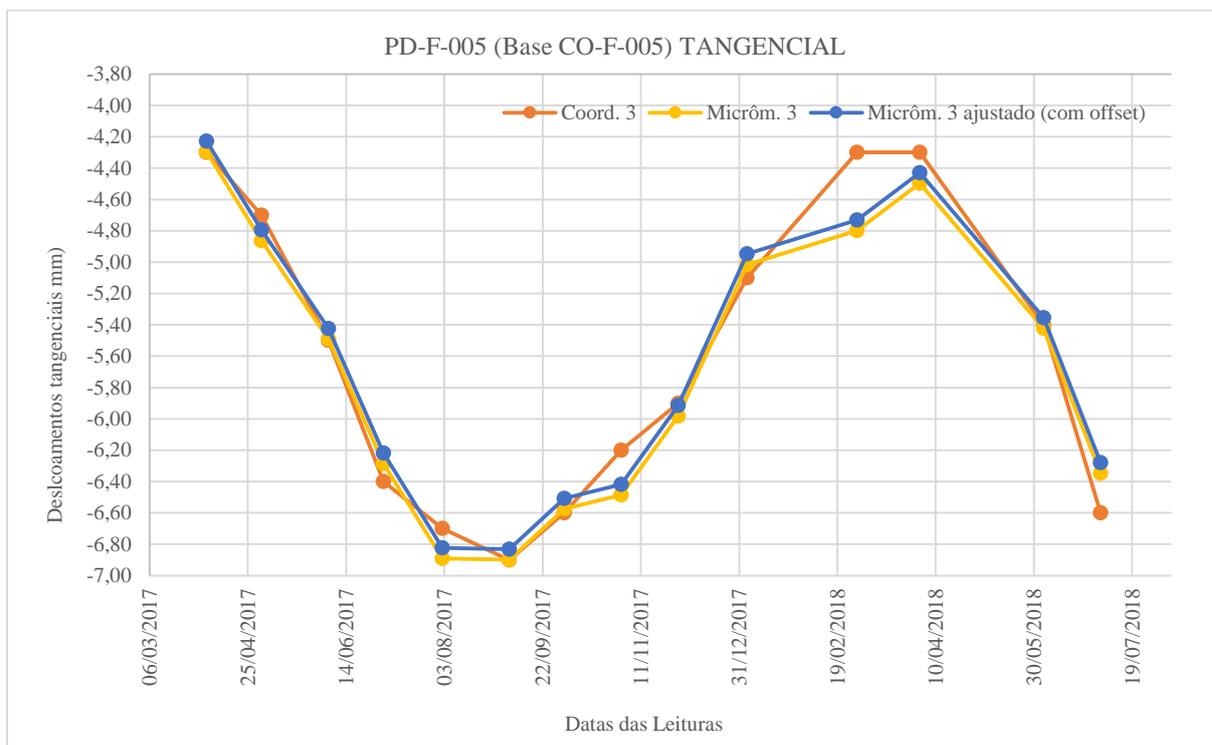
Figura 112 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-004, tangencial.



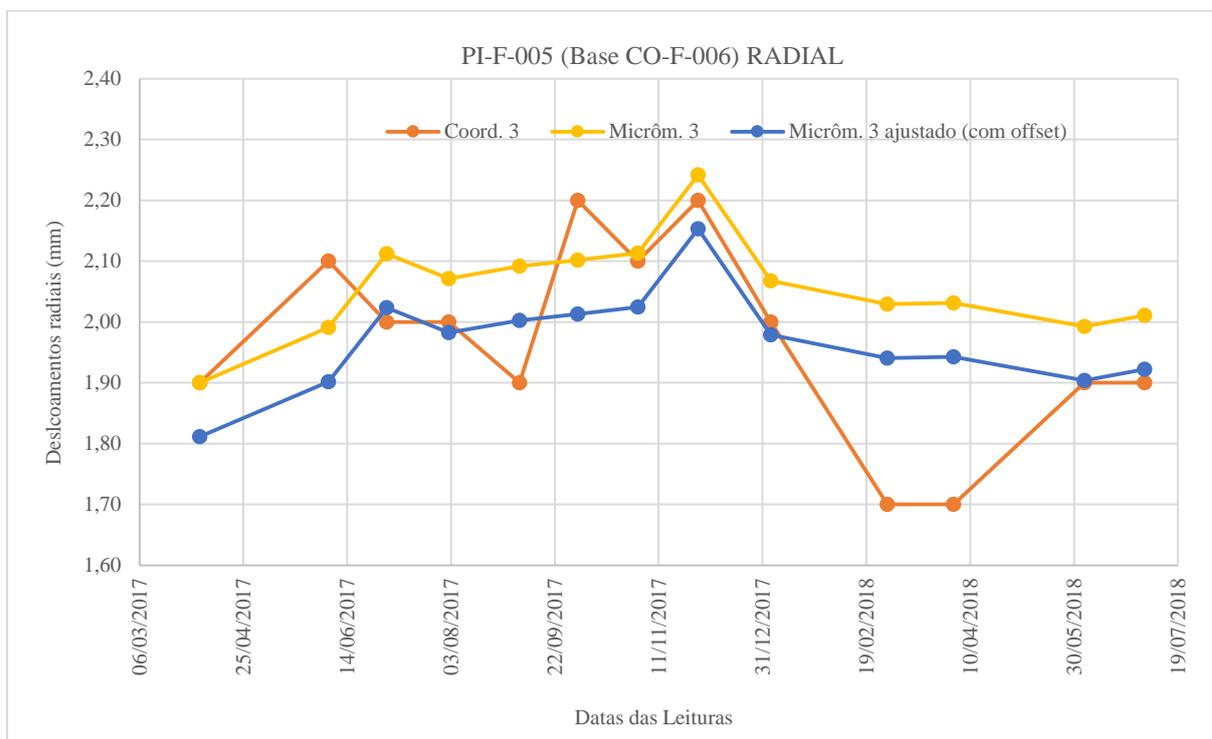
Fonte: O autor (2018)

Figura 113 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-005, radial.

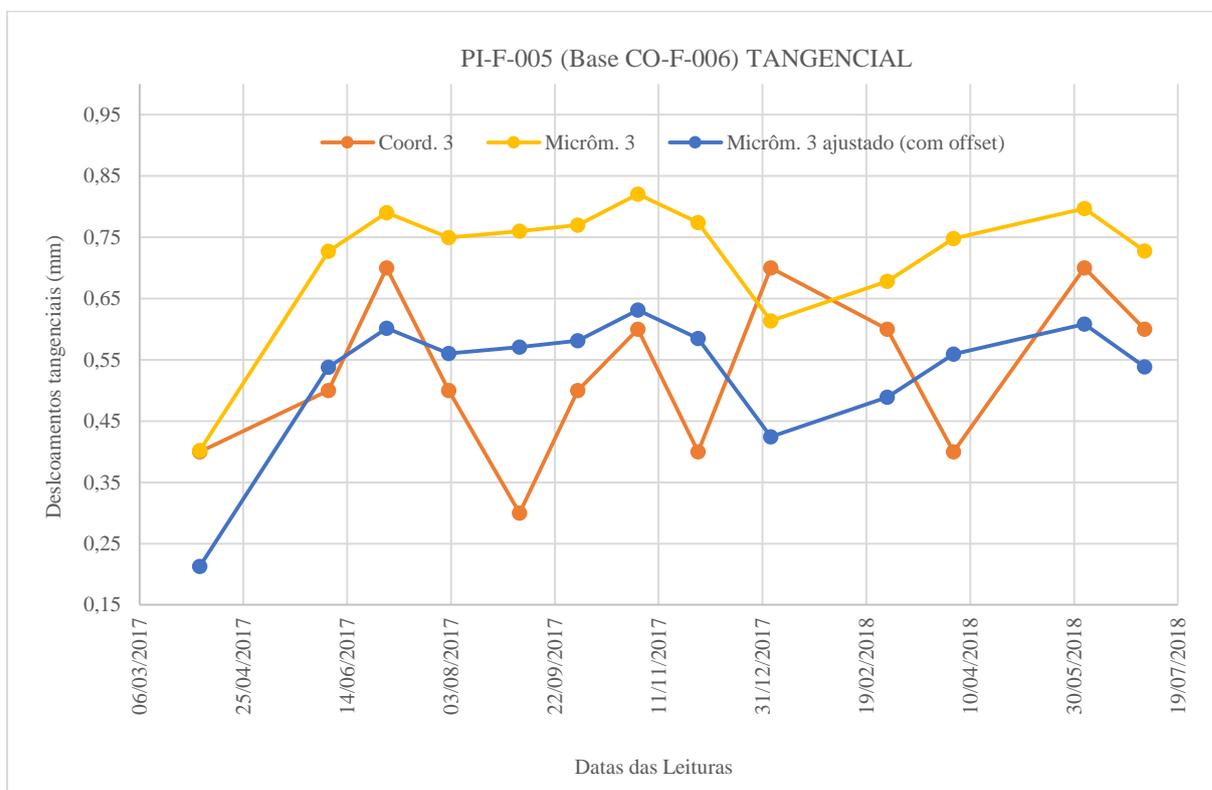
Fonte: O autor (2018)

Figura 114 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-005, tangencial.

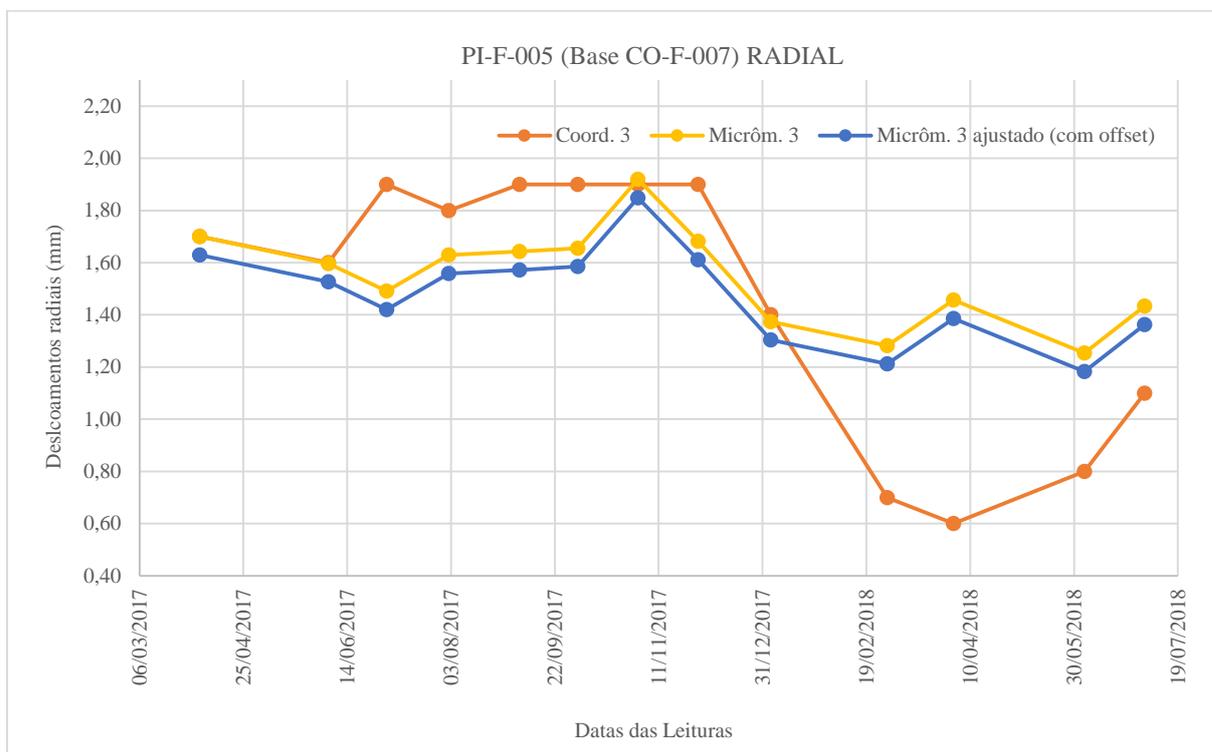
Fonte: O autor (2018)

Figura 115 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-006, radial.

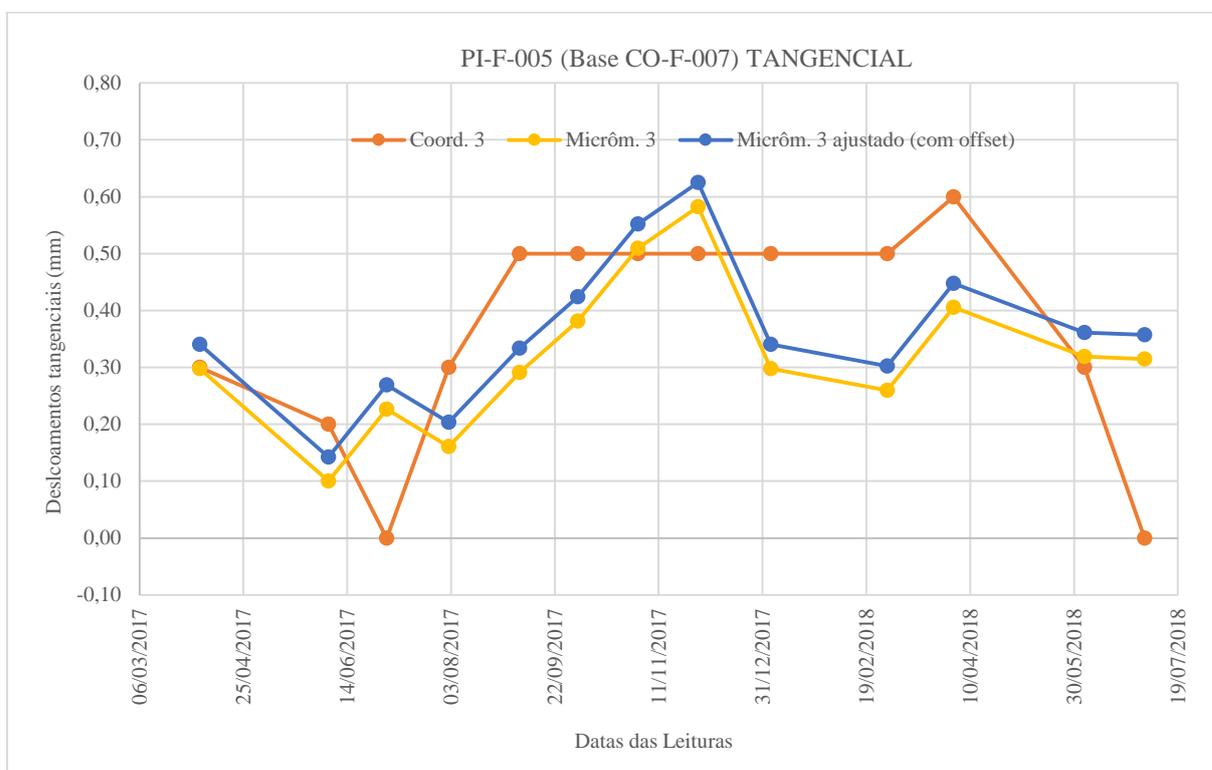
Fonte: O autor (2018)

Figura 116 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-006, tangencial.

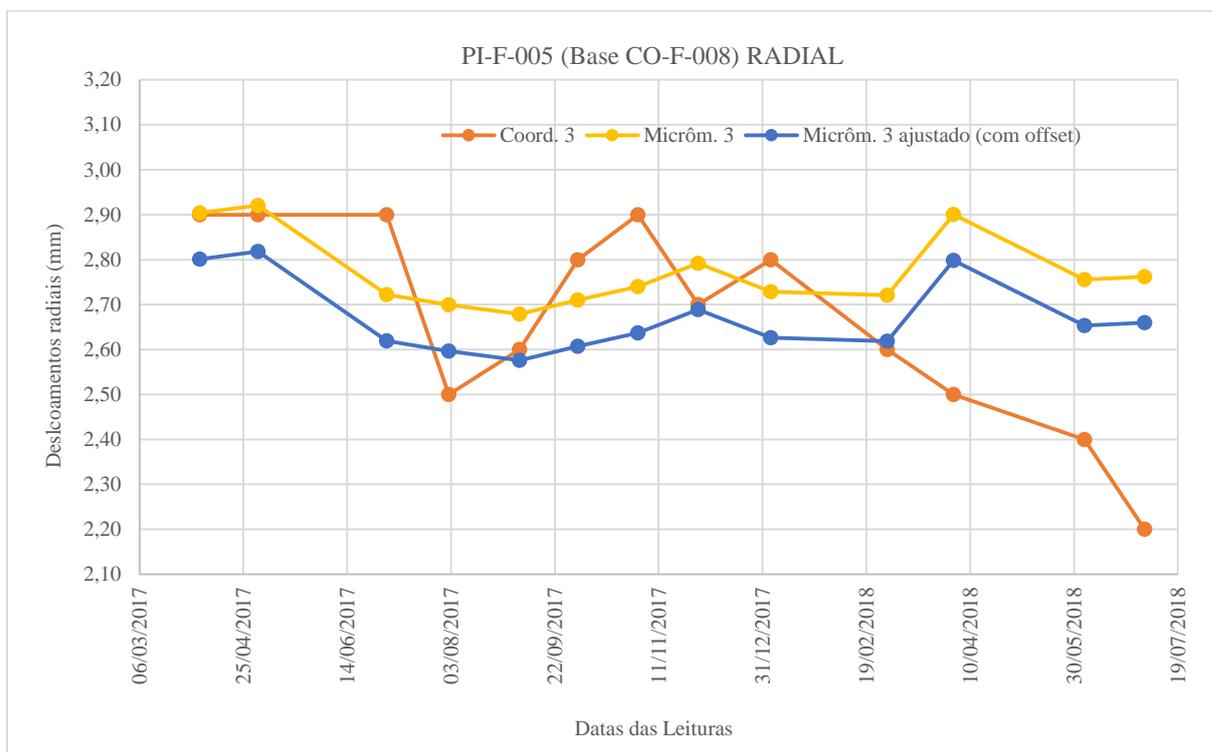
Fonte: O autor (2018)

Figura 117 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-007, radial.

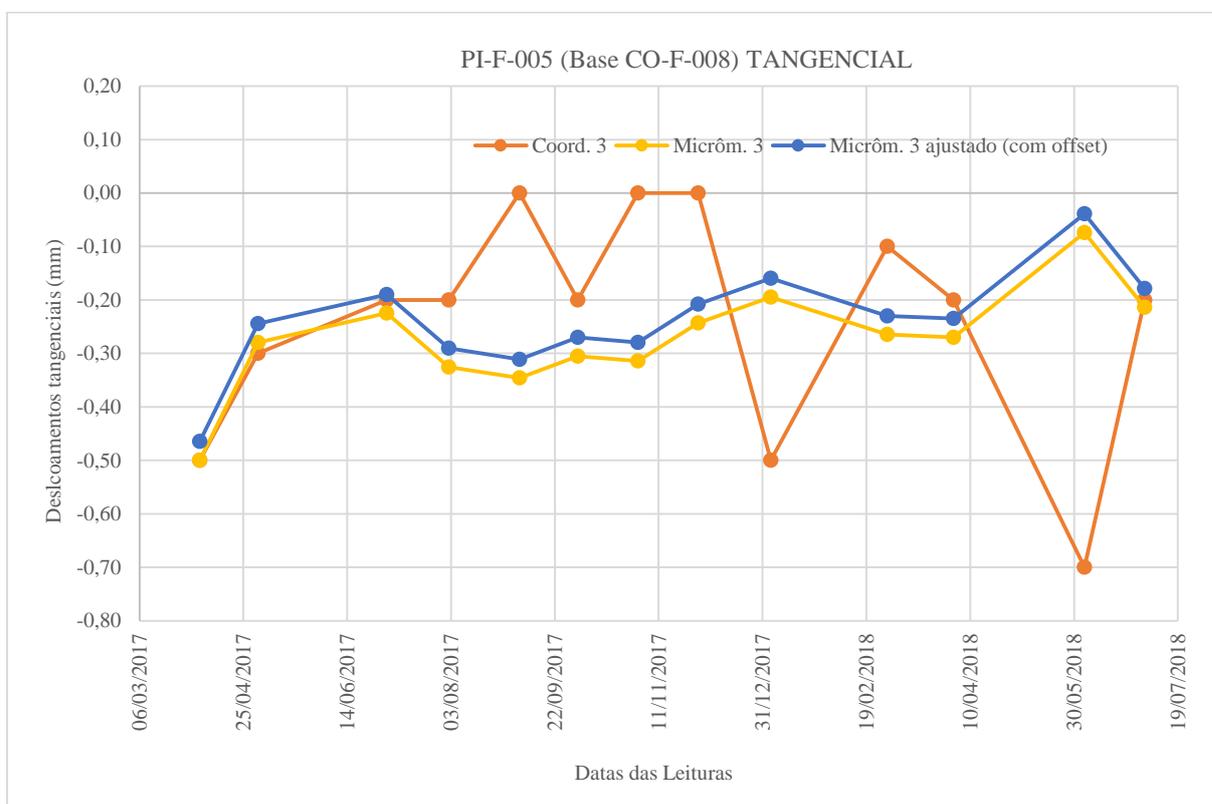
Fonte: O autor (2018)

Figura 118 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-007, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

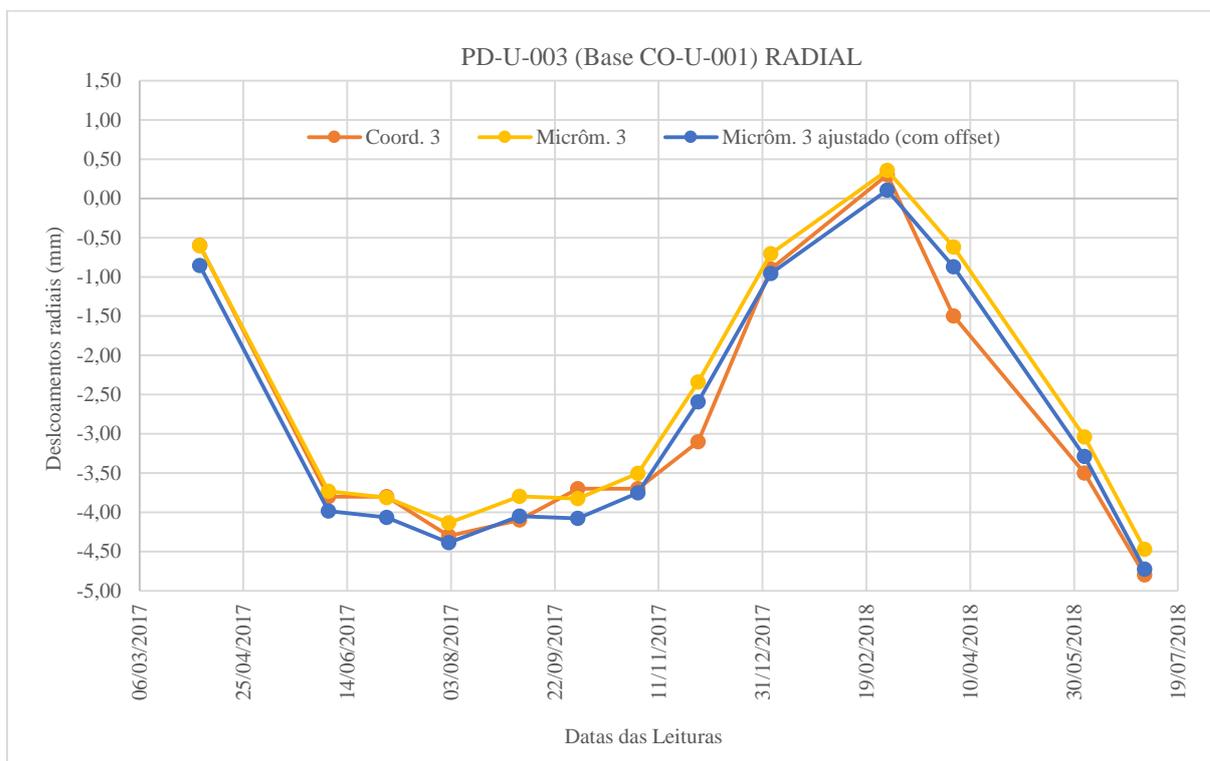
Figura 119 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-008, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 120 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-008, tangencial.

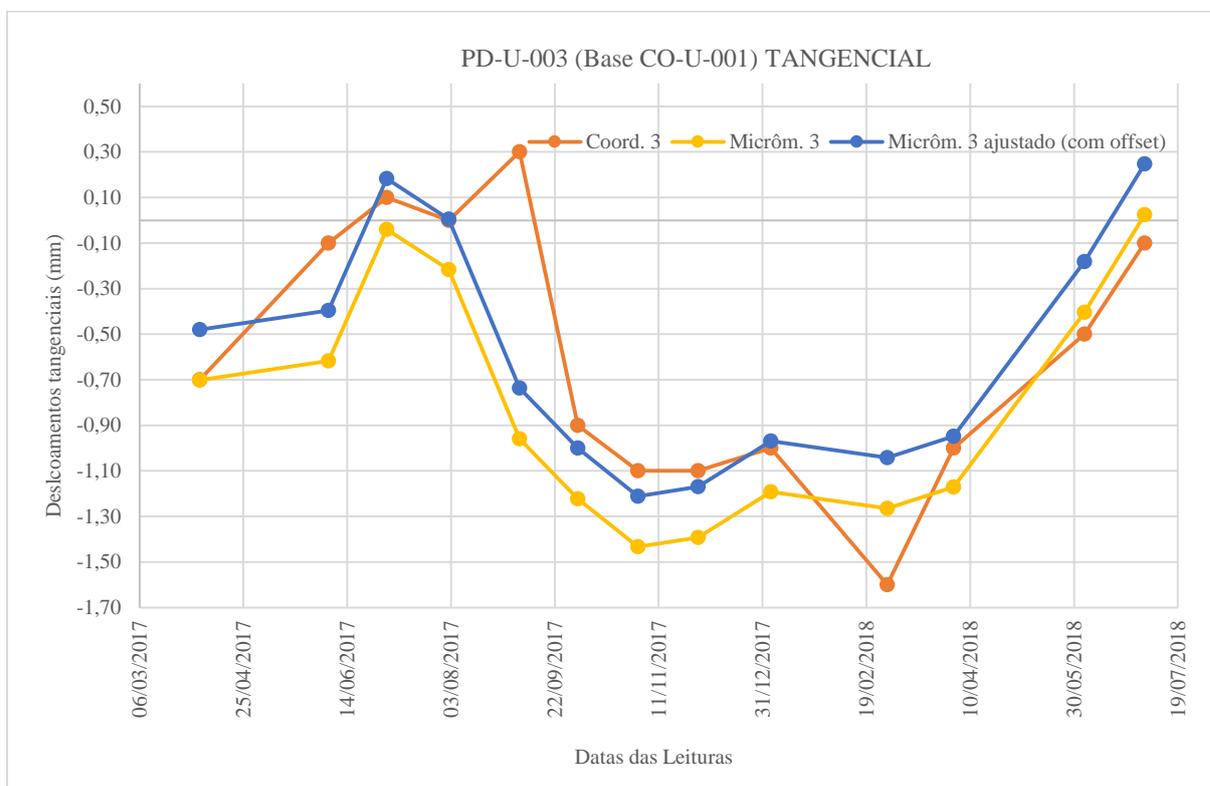
Fonte: O autor (2018)

Figura 121 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-001, radial.



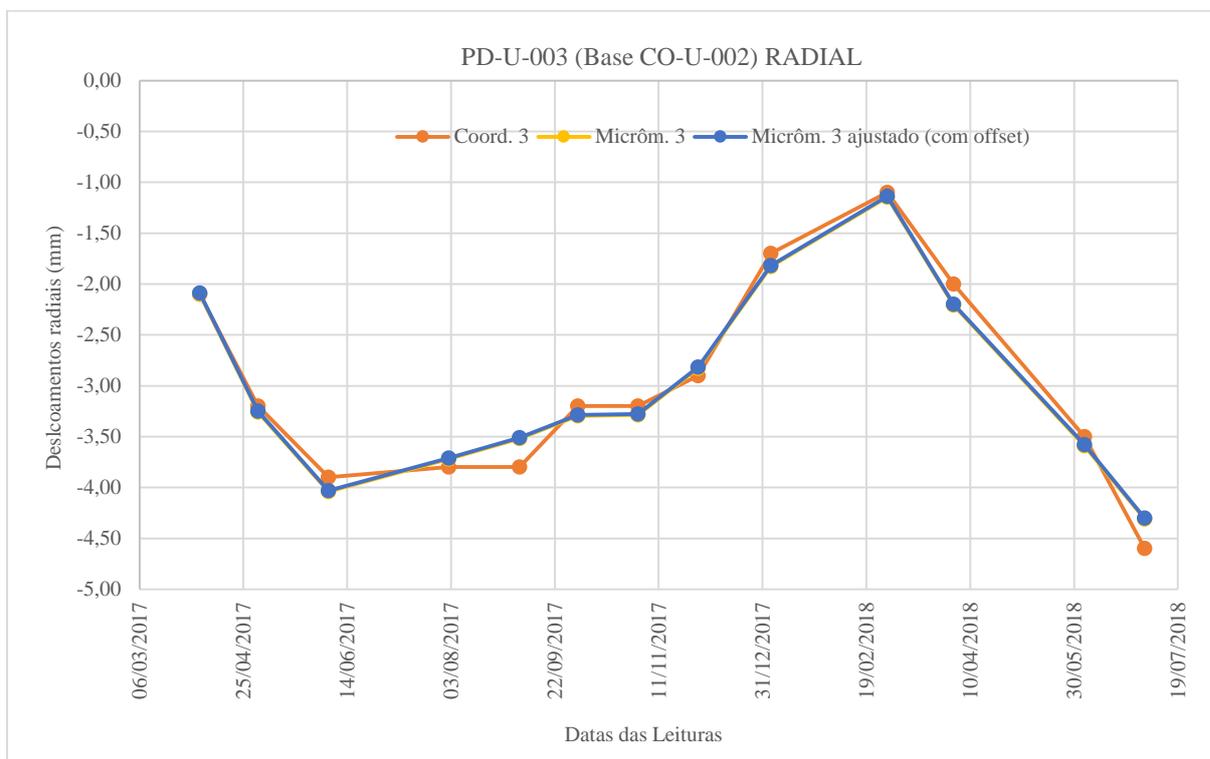
Fonte: O autor (2018)

Figura 122 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-001, tangencial.



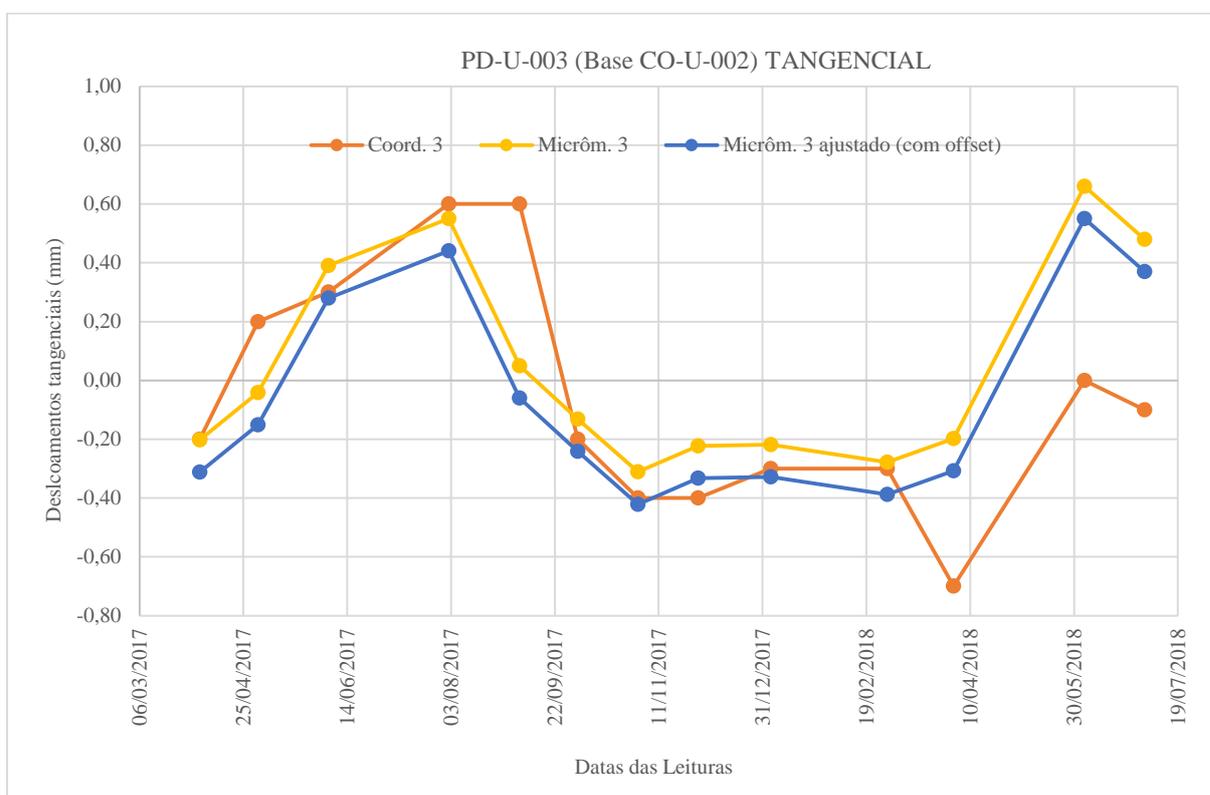
Fonte: O autor (2018)

Figura 123 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-002, radial.



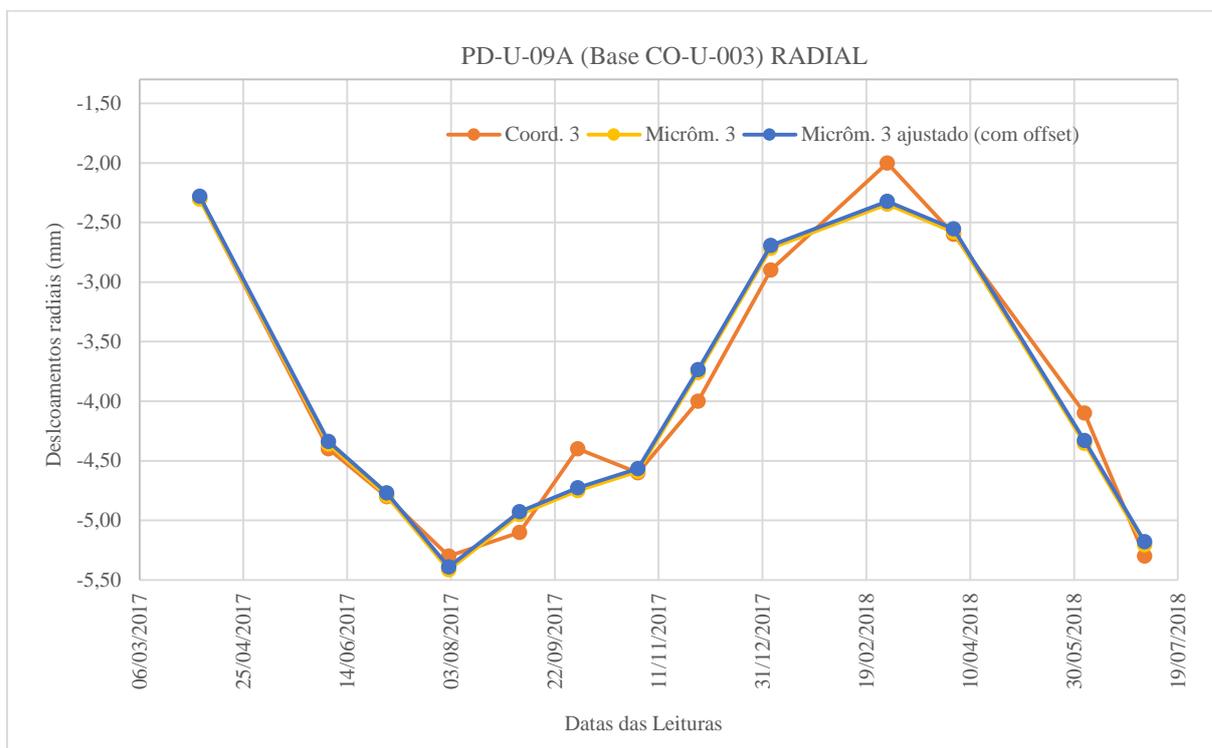
Fonte: O autor (2018)

Figura 124 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-002, tangencial.



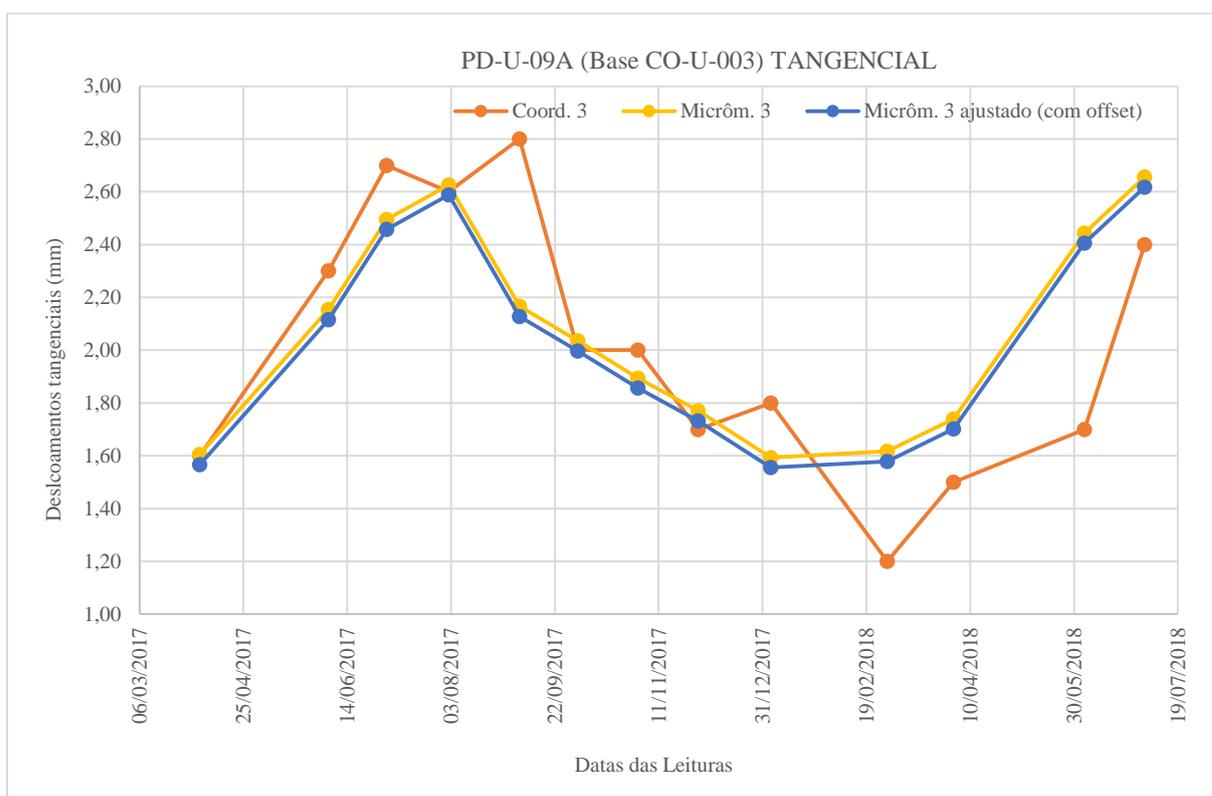
Fonte: O autor (2018)

Figura 125 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-003, radial.

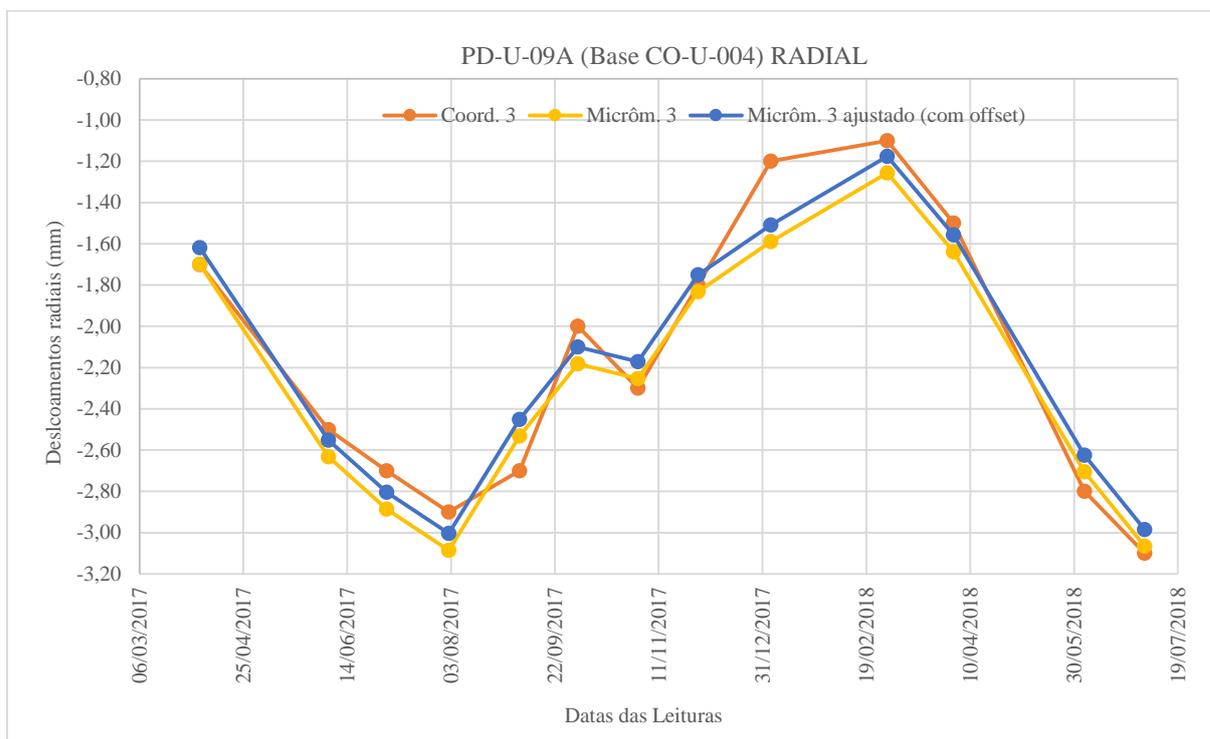


Fonte: O autor (2018)

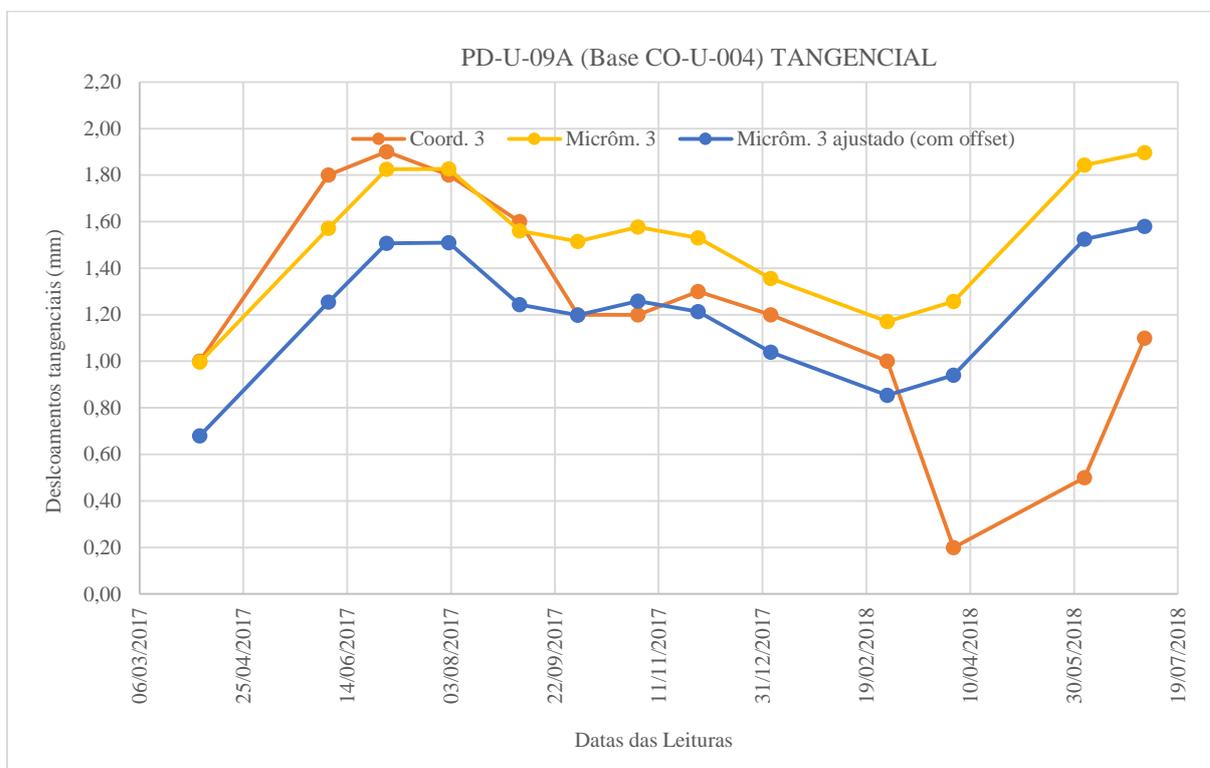
Figura 126 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-003, tangencial.



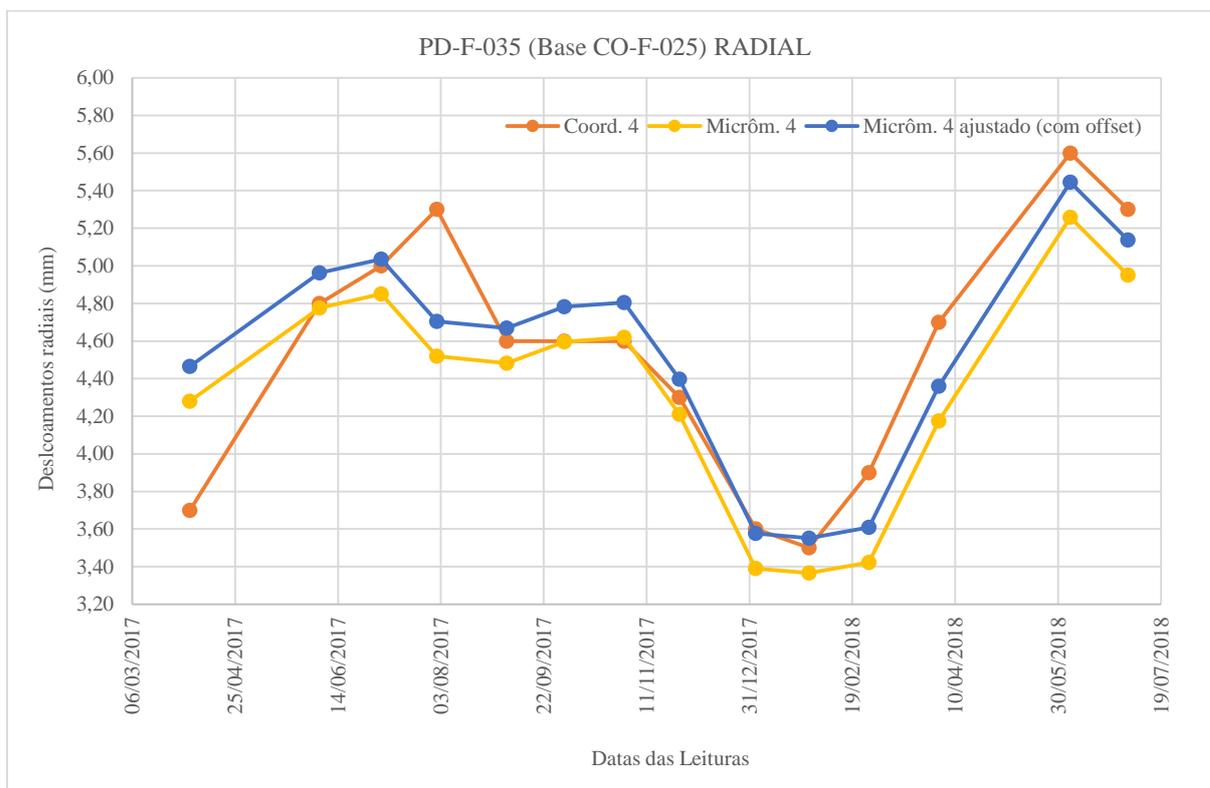
Fonte: O autor (2018)

Figura 127 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-004, radial.

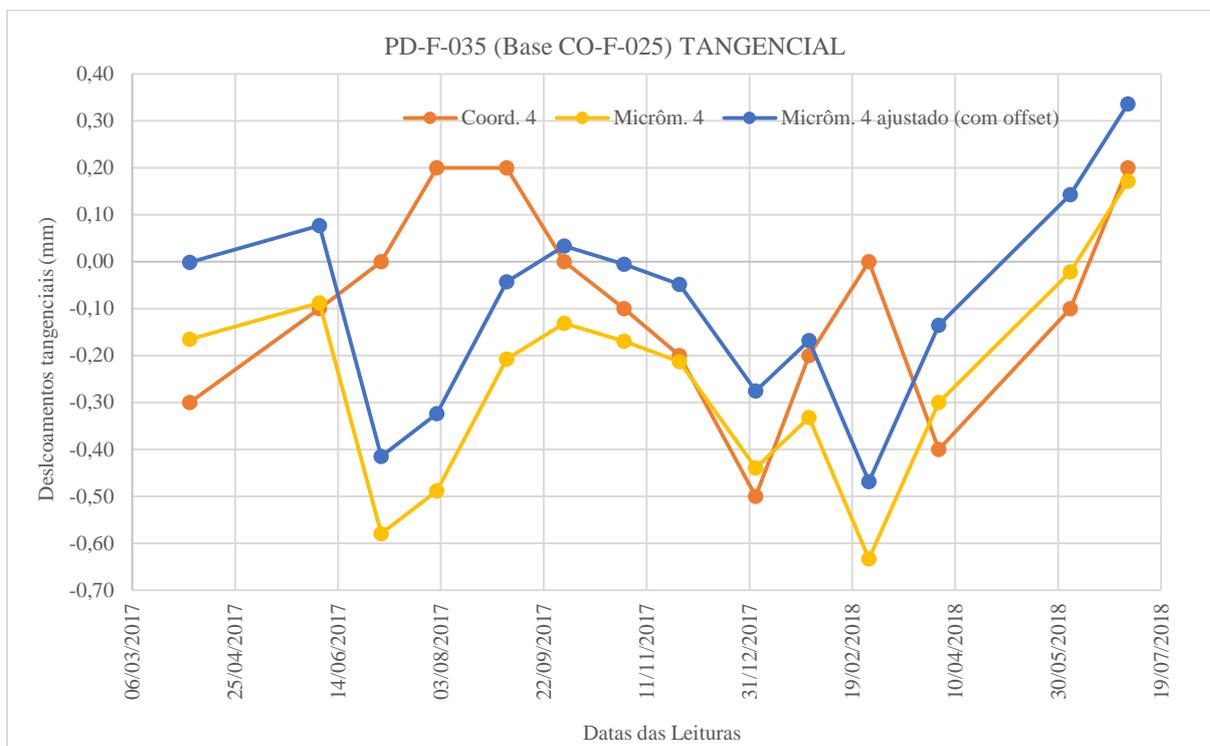
Fonte: O autor (2018)

Figura 128 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-004, tangencial.

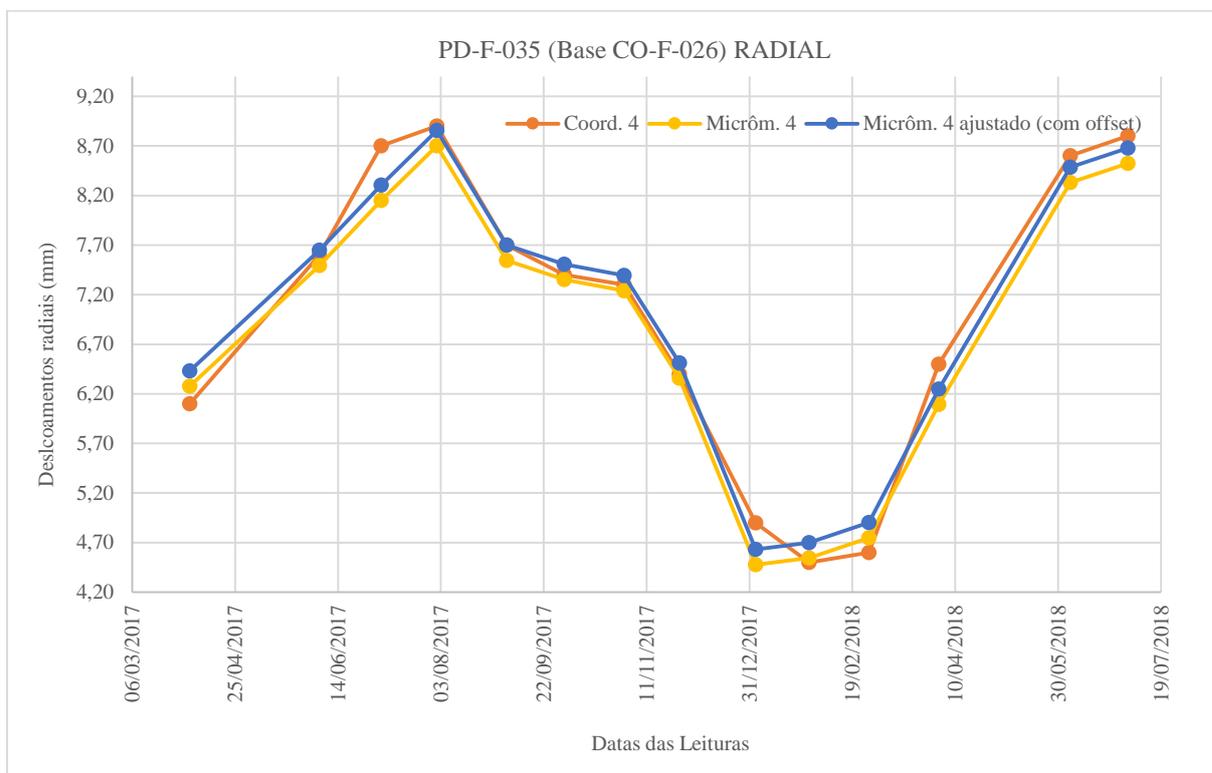
Fonte: O autor (2018)

Figura 129 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-025, radial.

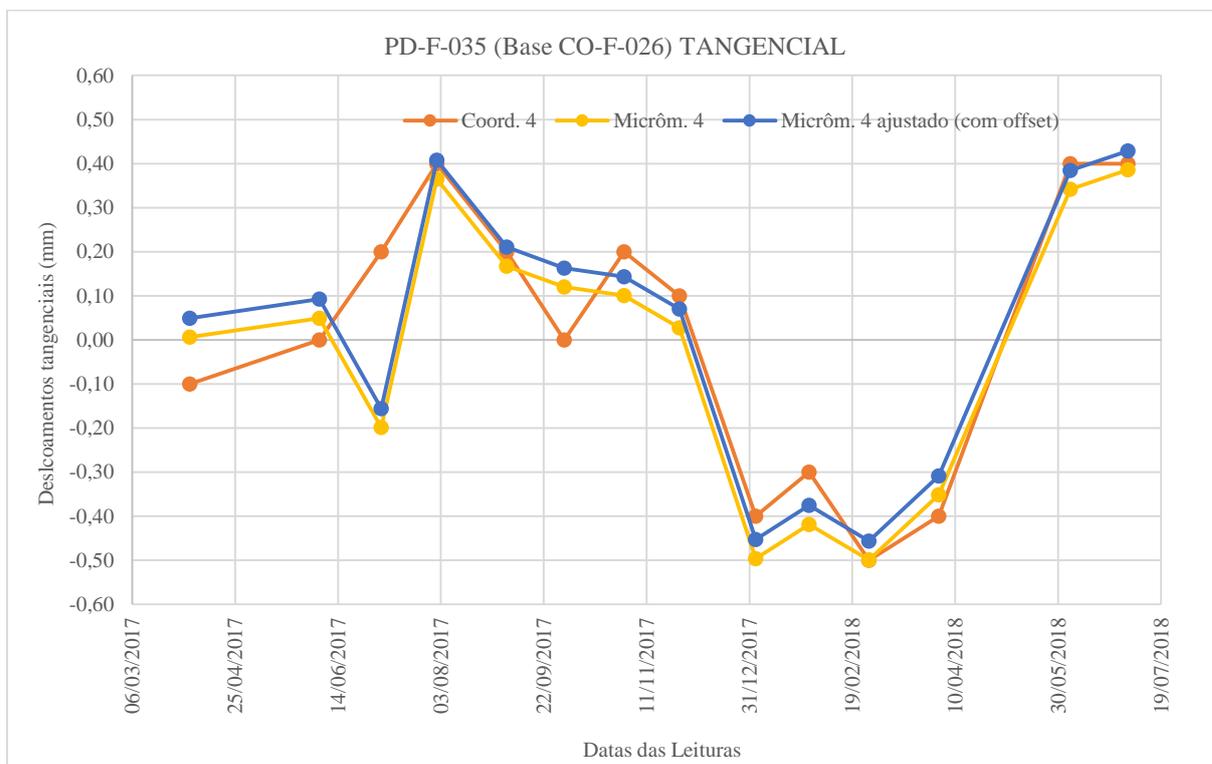
Fonte: O autor (2018)

Figura 130 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-025, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

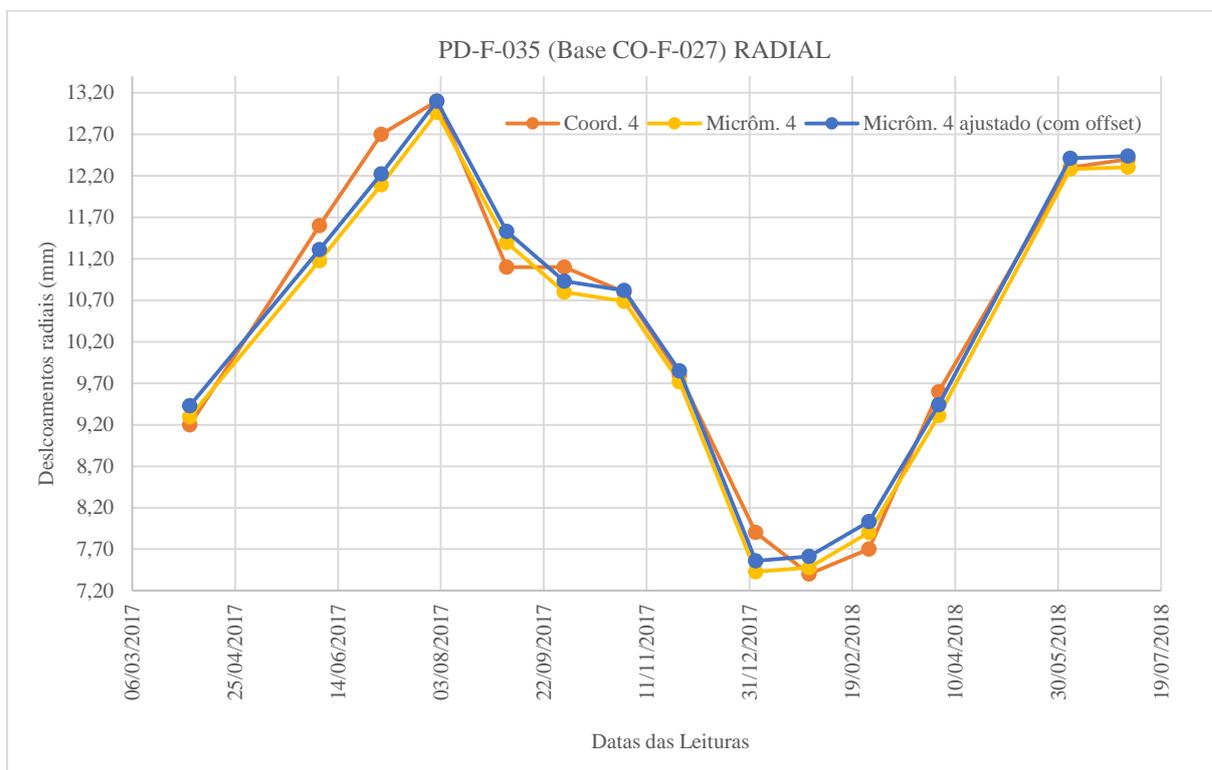
Figura 131 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-026, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 132 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-026, tangencial.

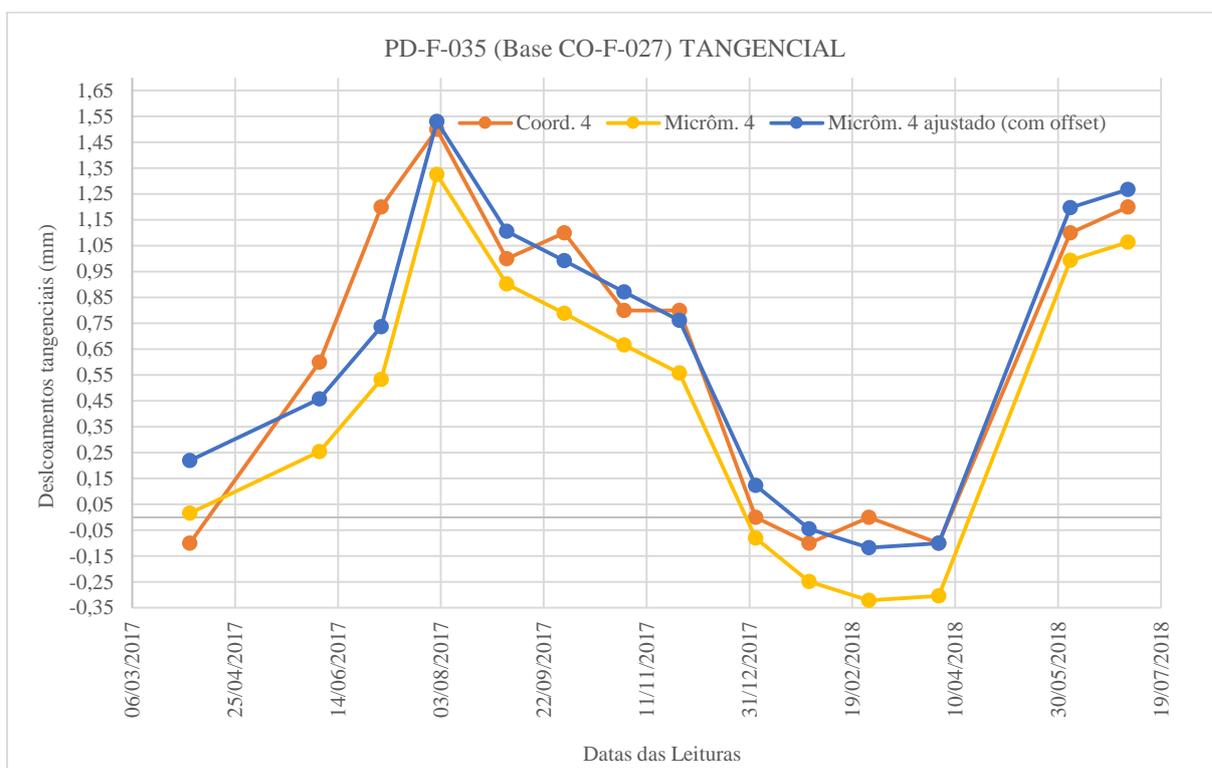
Fonte: O autor (2018)

Figura 133 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-027, radial.

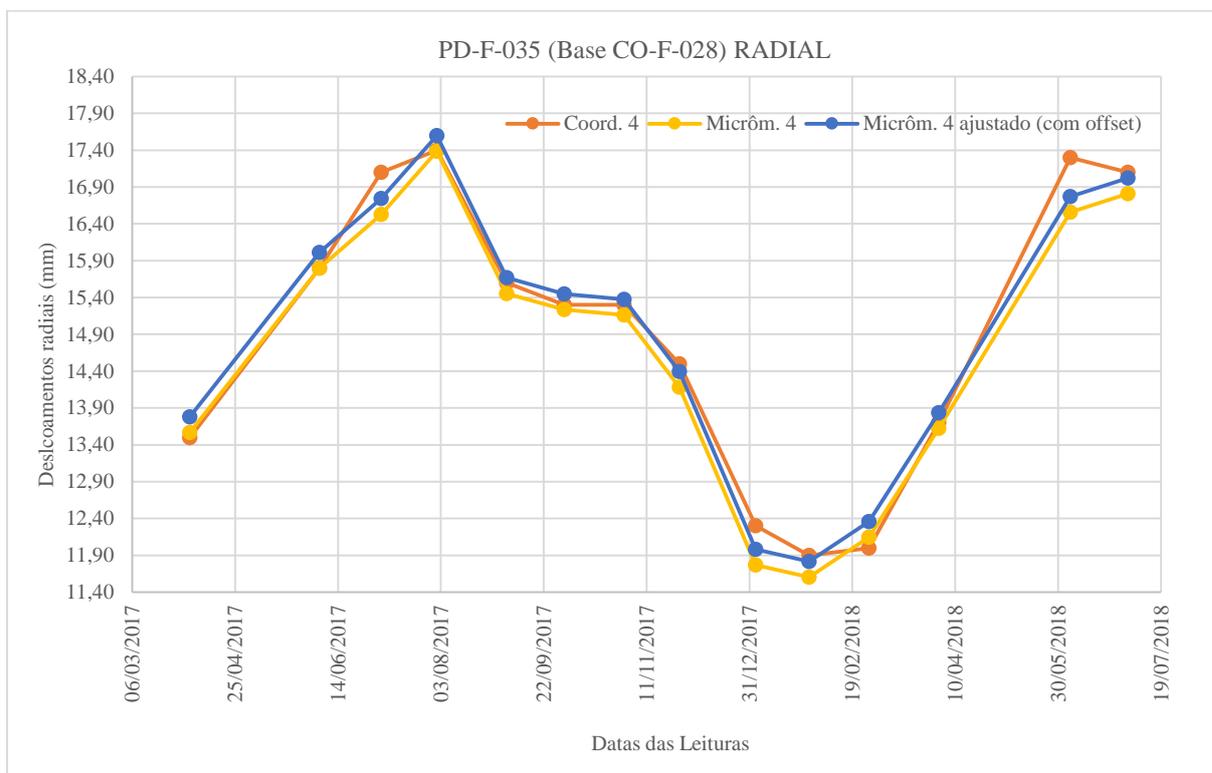


Fonte: O autor (2018)

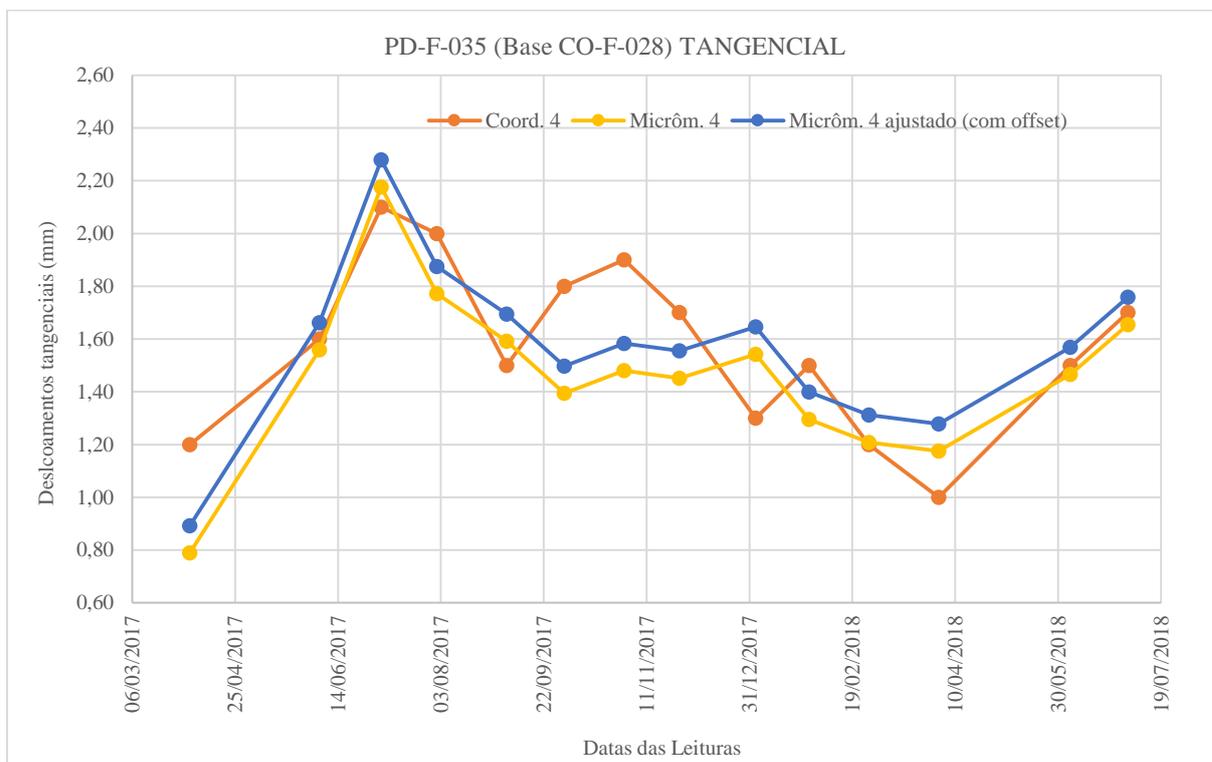
Figura 134 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-027, tangencial.



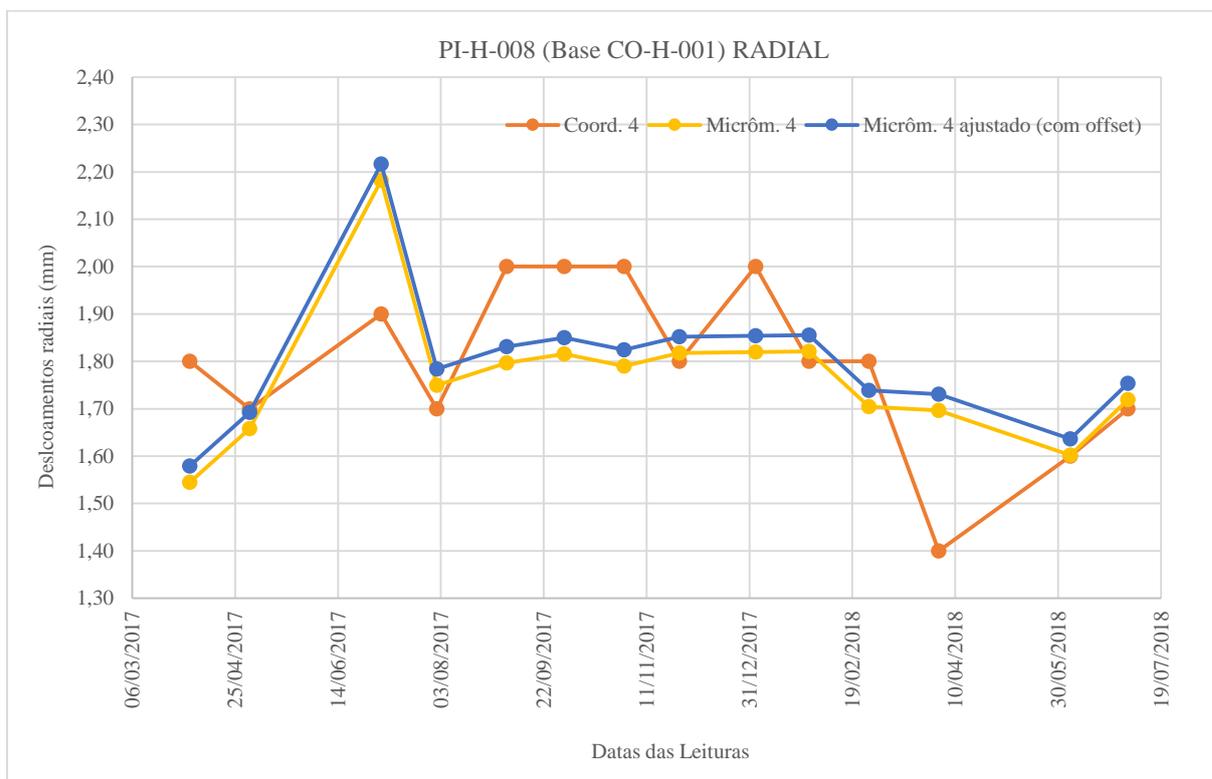
Fonte: O autor (2018)

Figura 135 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-028, radial.

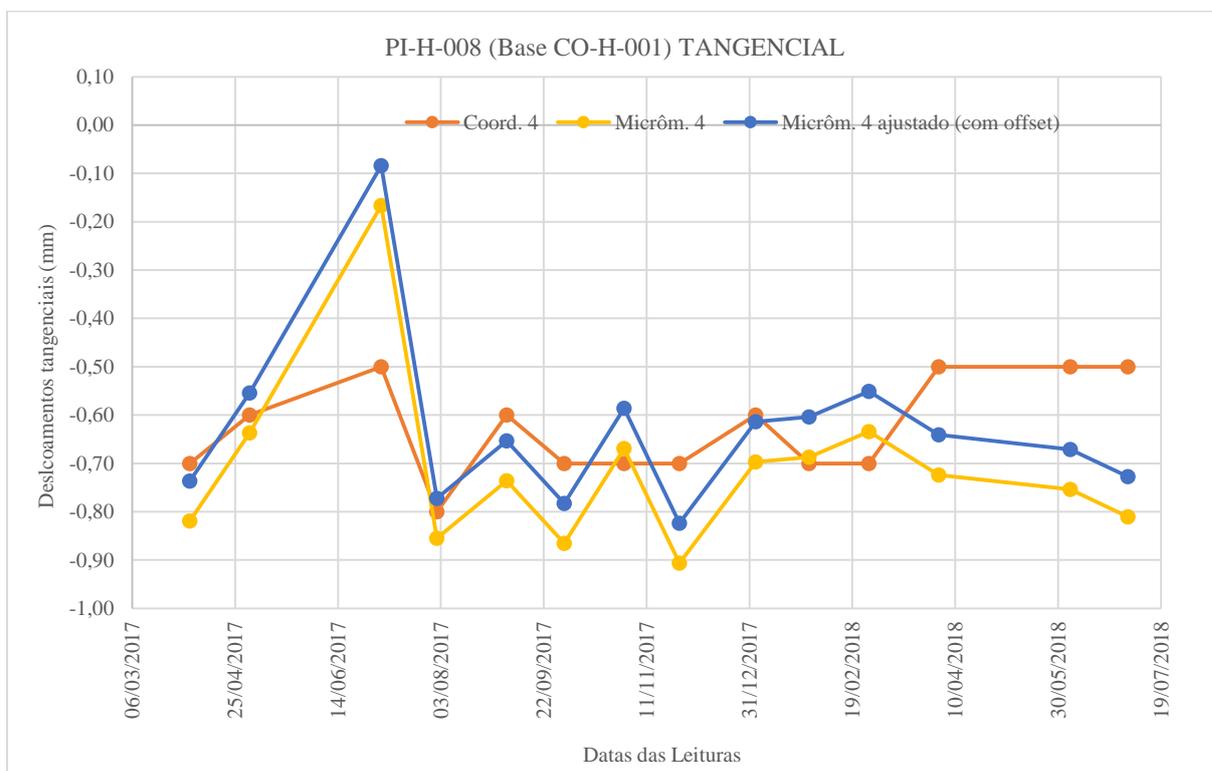
Fonte: O autor (2018)

Figura 136 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-F-028, tangencial.

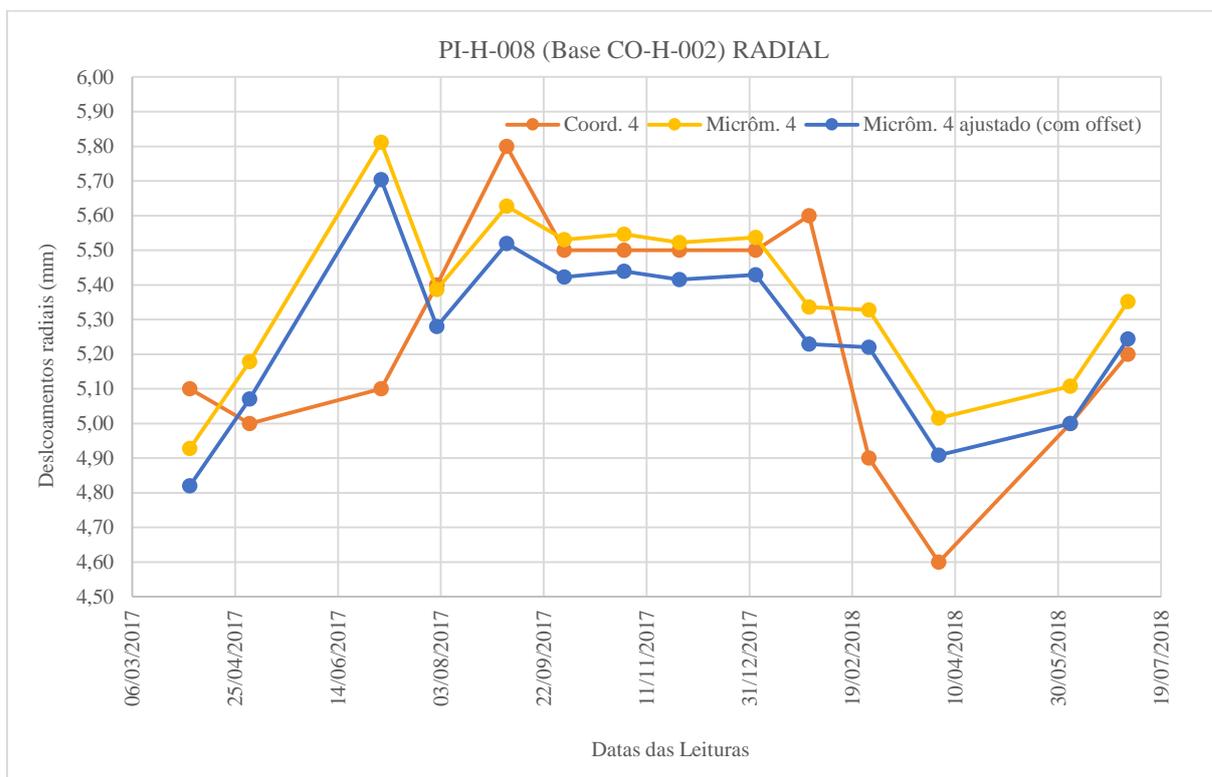
Fonte: O autor (2018)

Figura 137 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-001, radial.

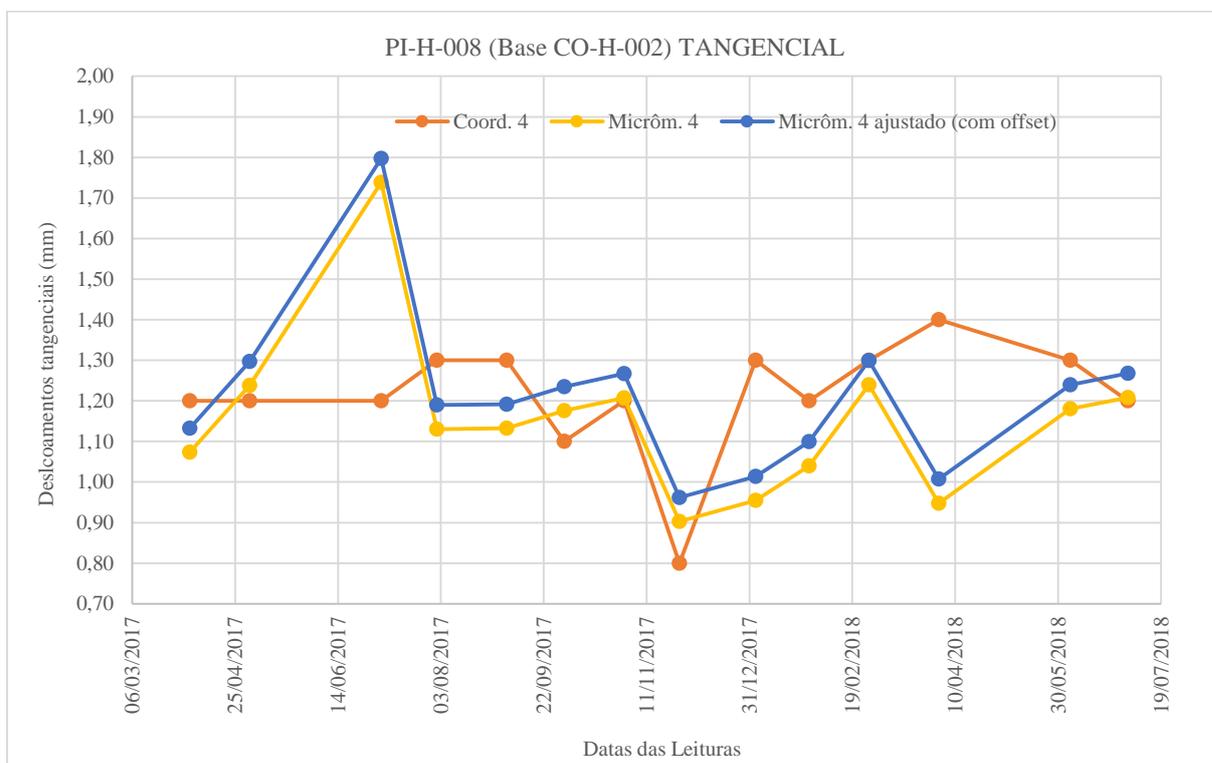
Fonte: O autor (2018)

Figura 138 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-001, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

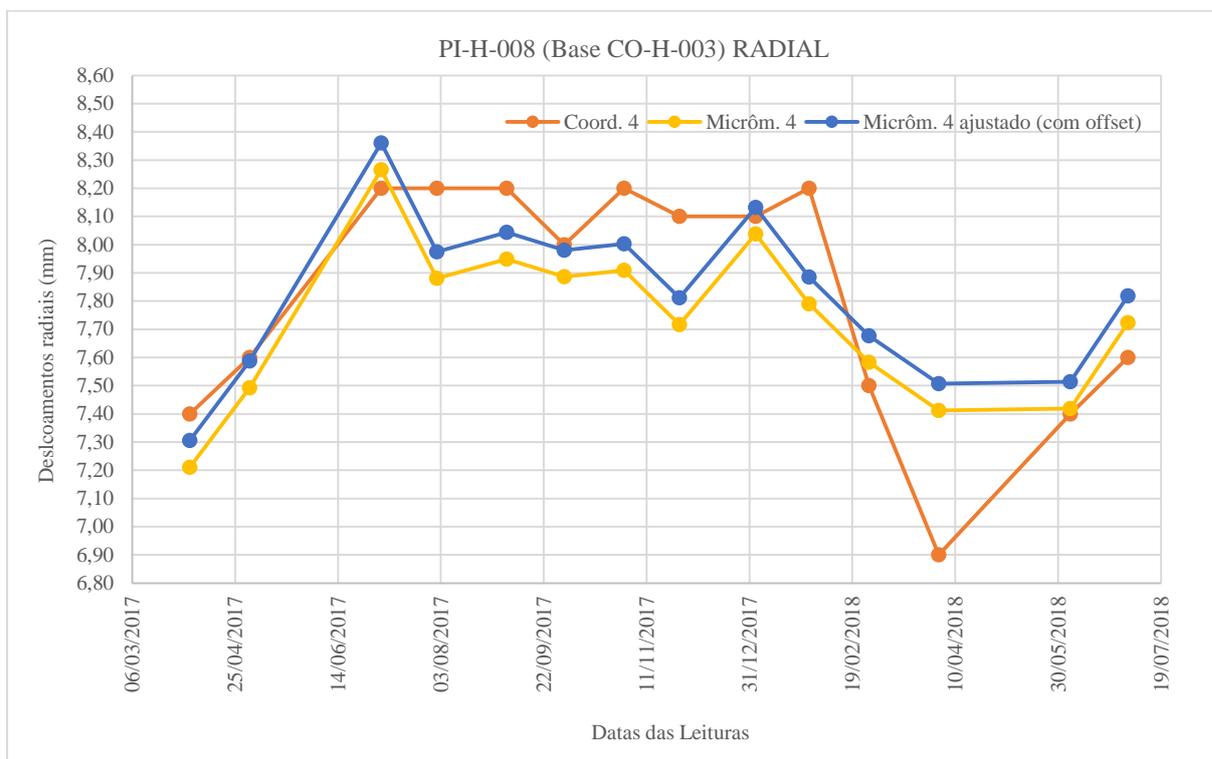
Figura 139 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-002, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 140 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-002, tangencial.

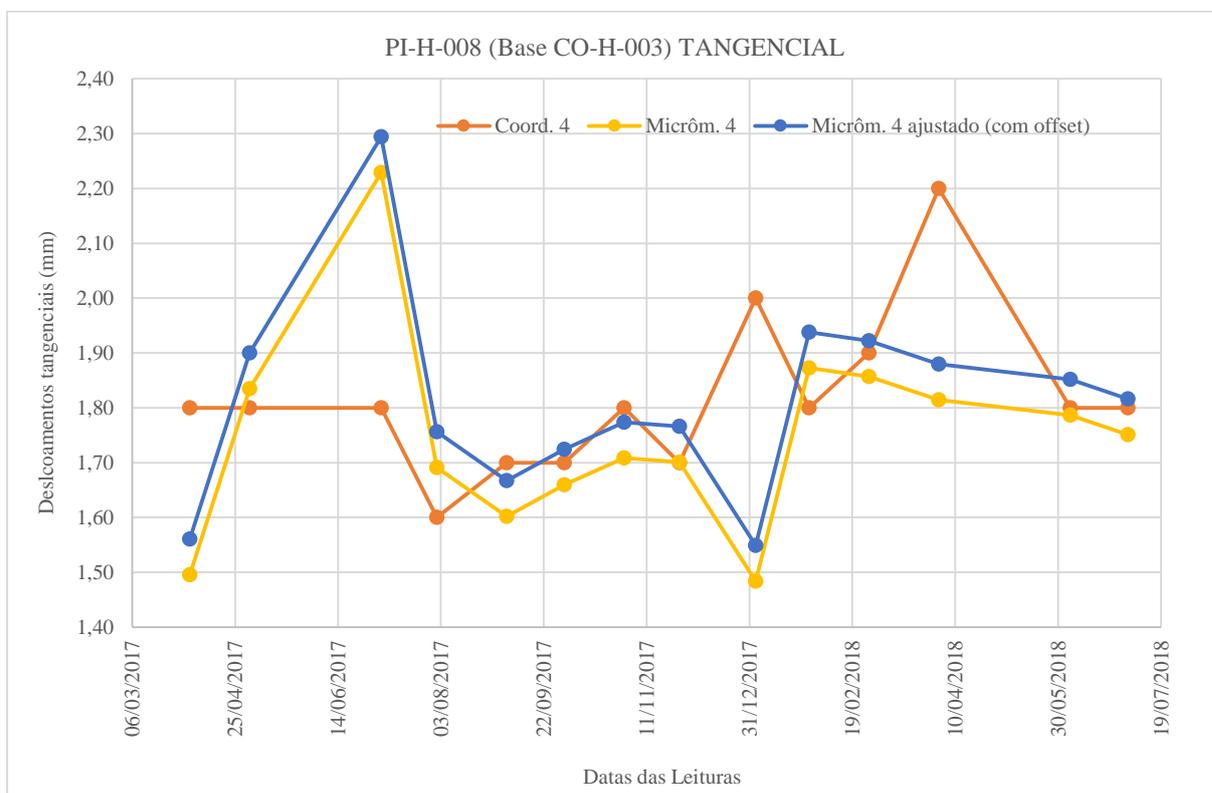
Fonte: O autor (2018)

Figura 141 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-003, radial.



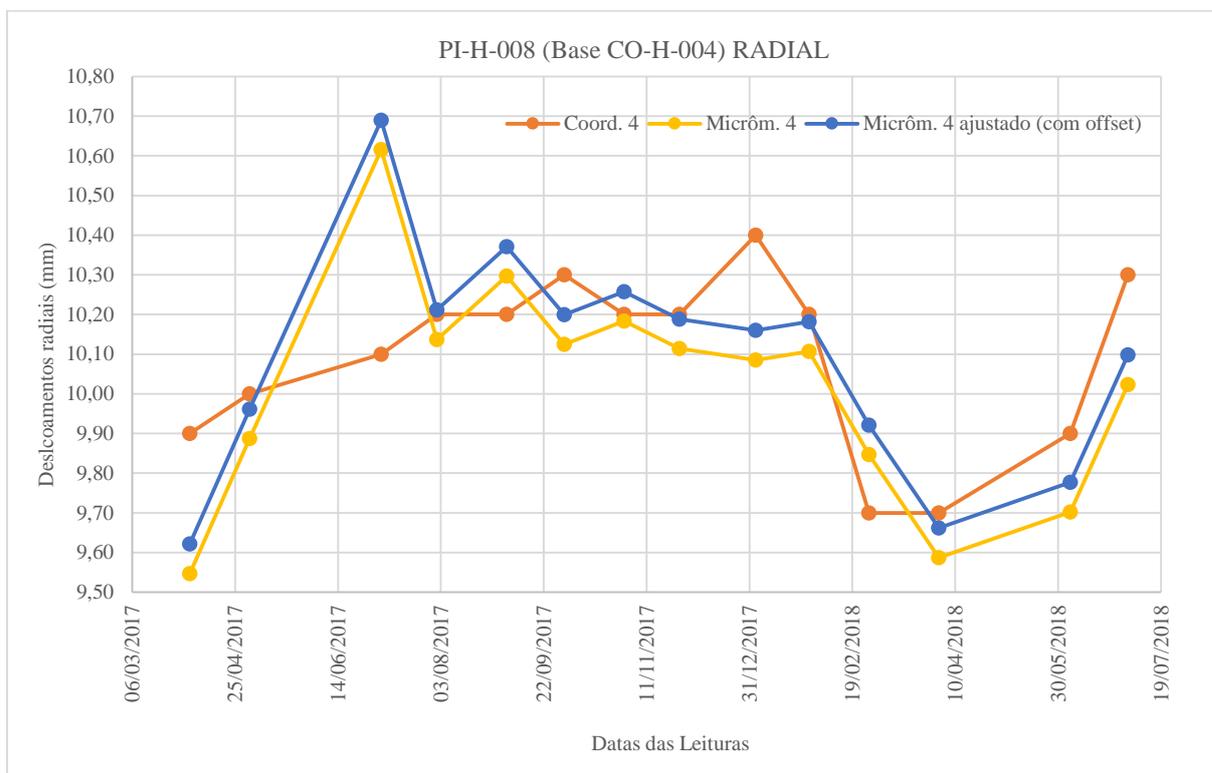
Fonte: O autor (2018)

Figura 142 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-003, tangencial.



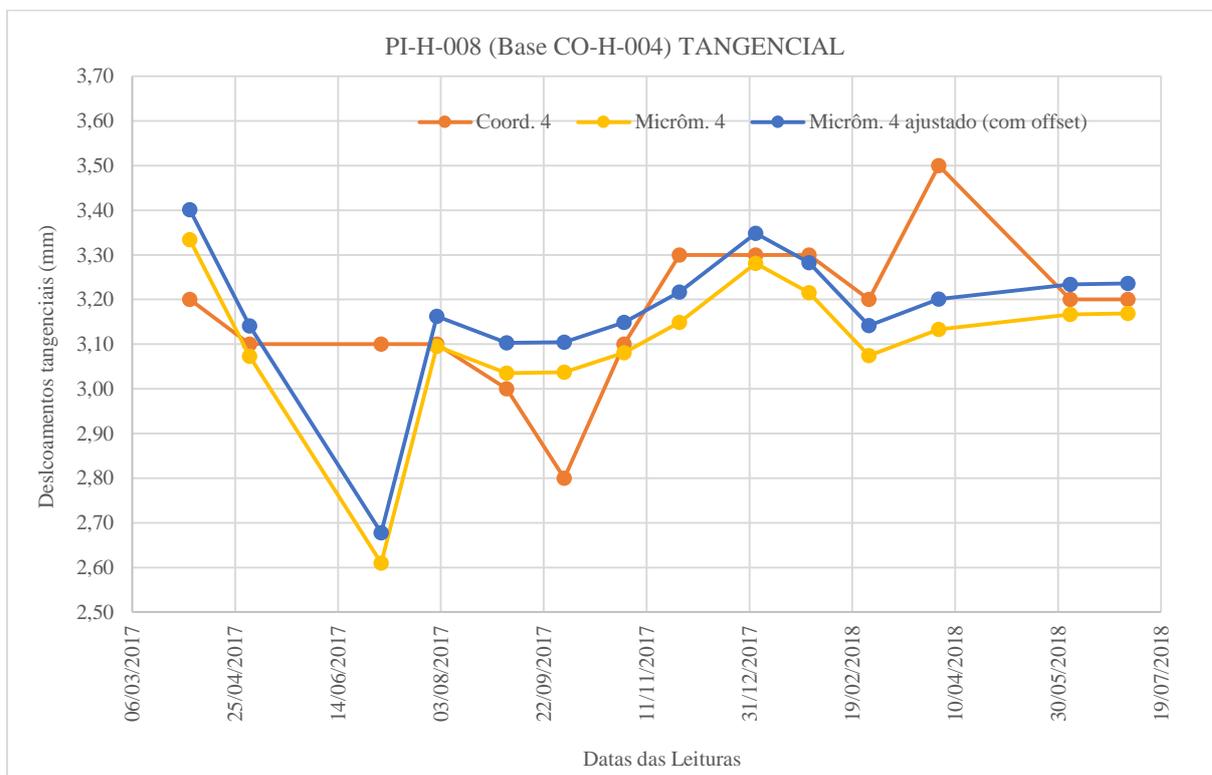
Fonte: O autor (2018)

Figura 143 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-004, radial.



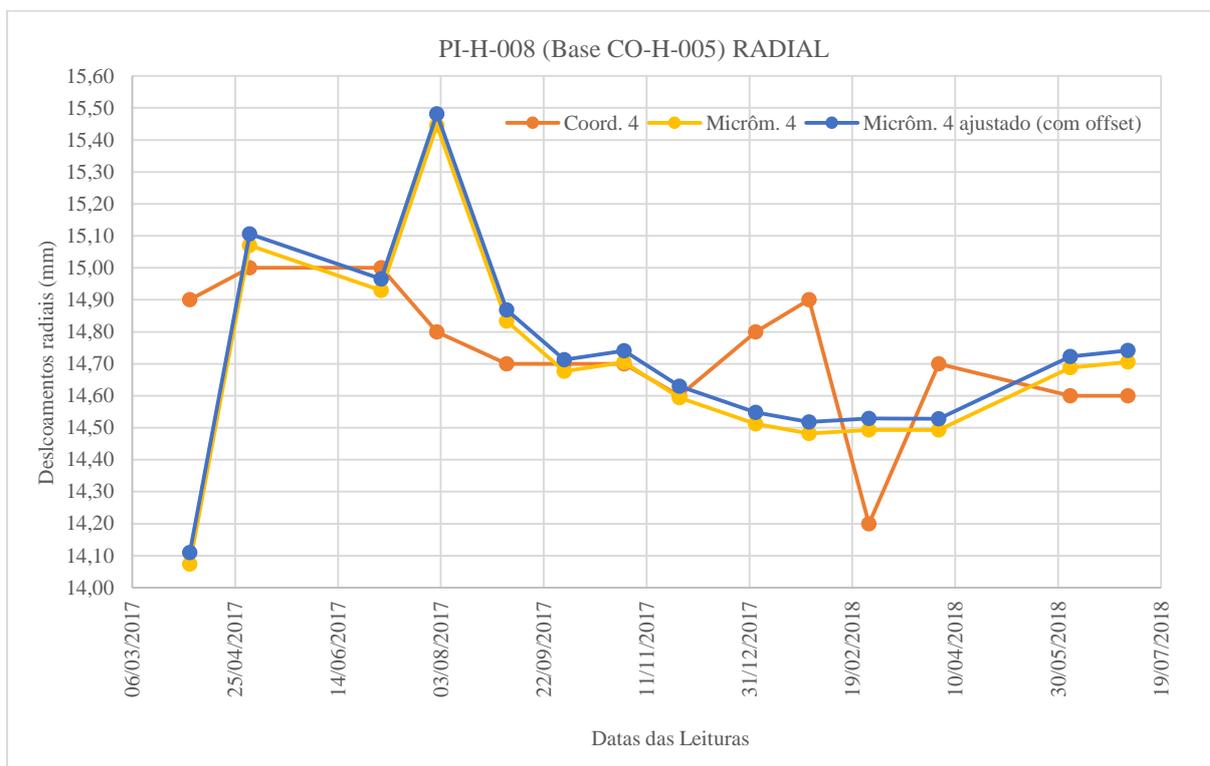
Fonte: O autor (2018)

Figura 144 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-004, tangencial.



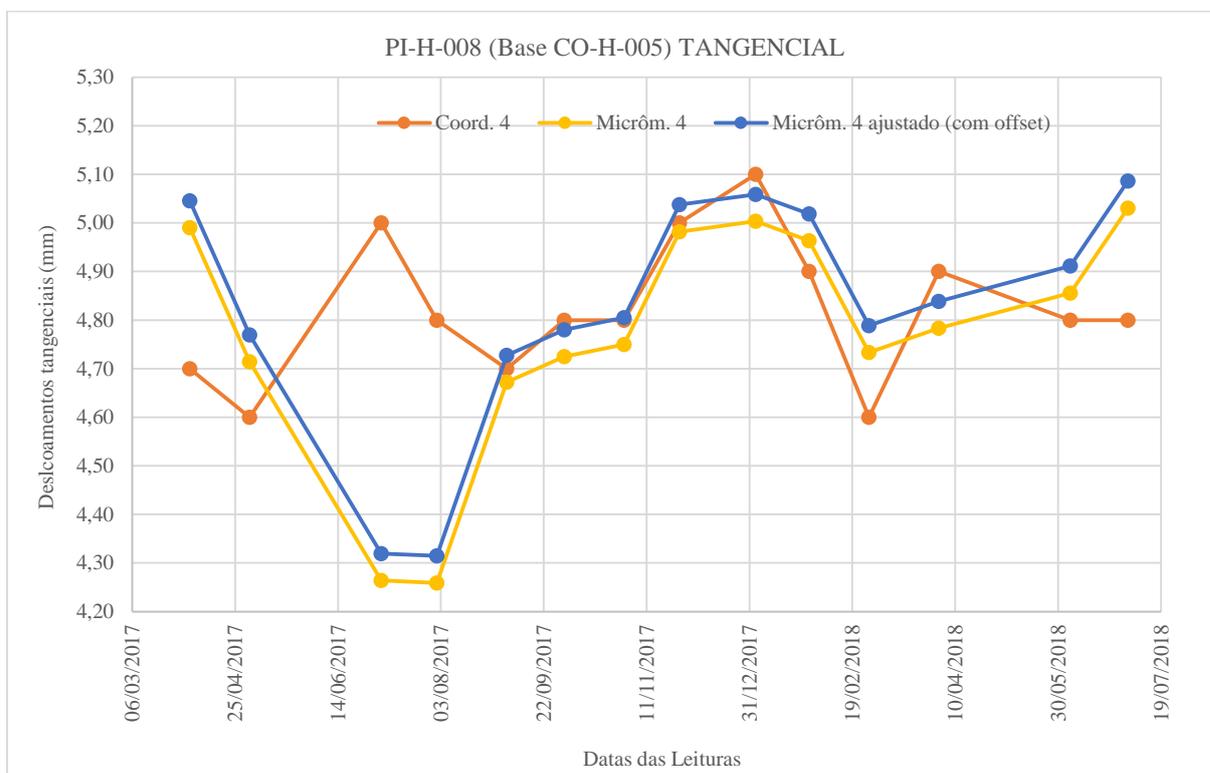
Fonte: O autor (2018)

Figura 145 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-005, radial.



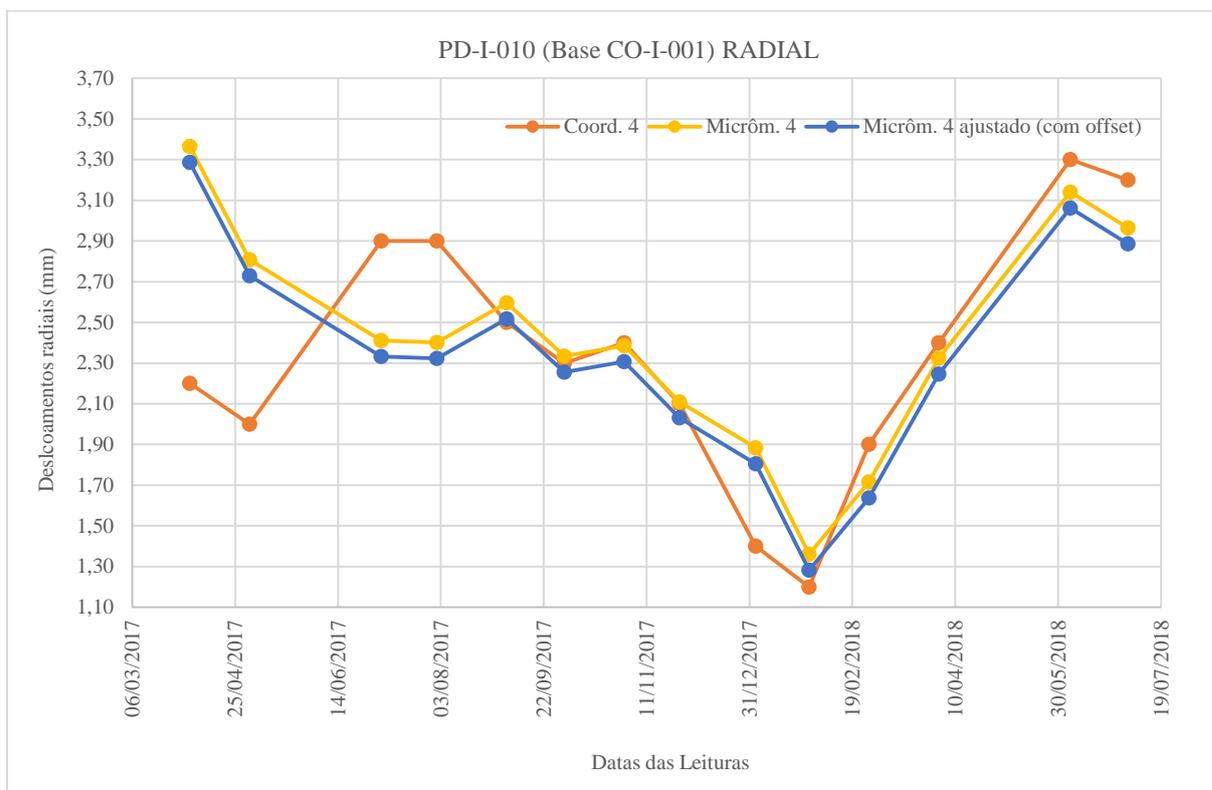
Fonte: O autor (2018)

Figura 146 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-H-005, tangencial.



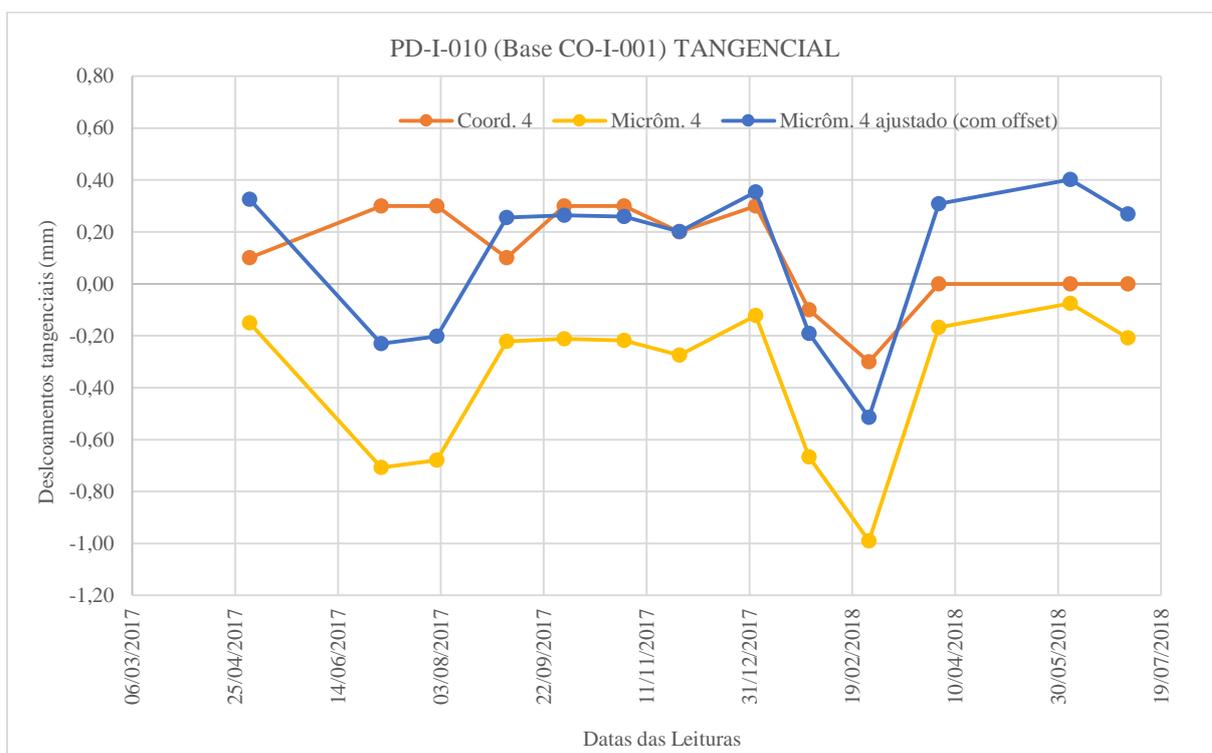
Fonte: O autor (2018)

Figura 147 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-001, radial.

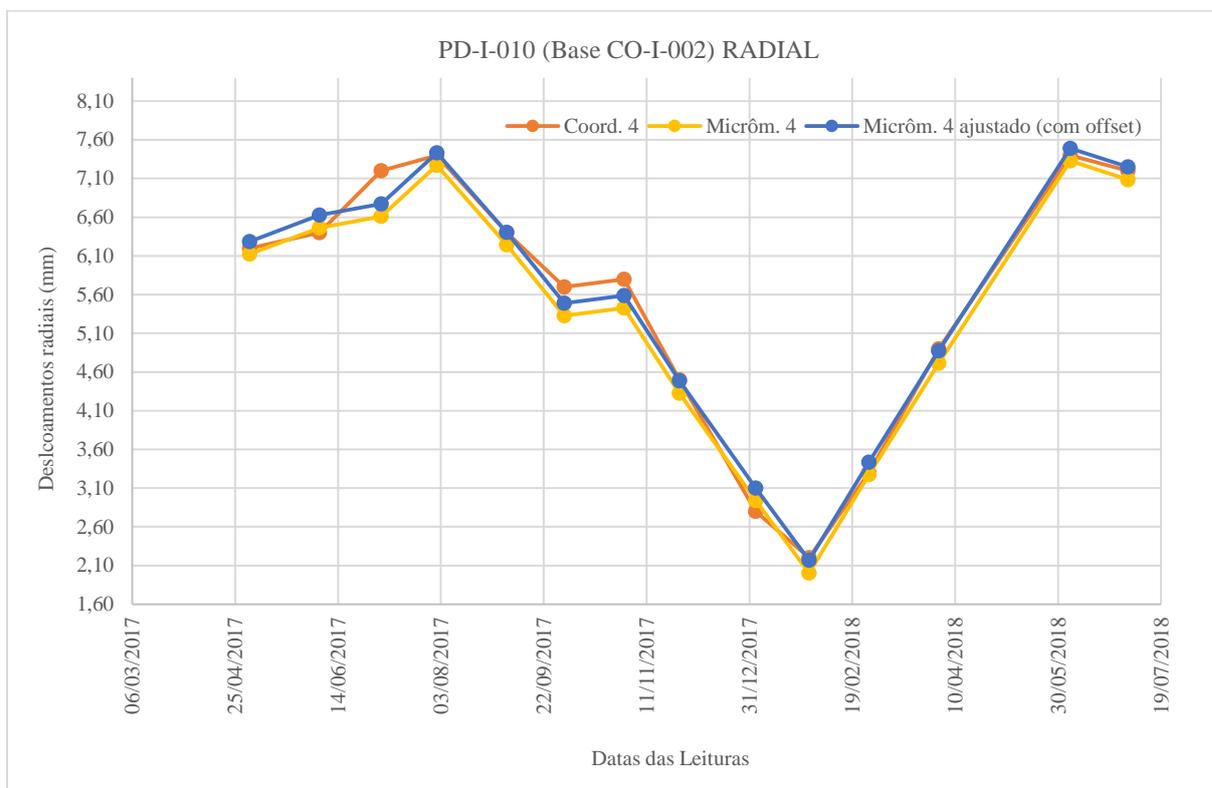


Fonte: O autor (2018)

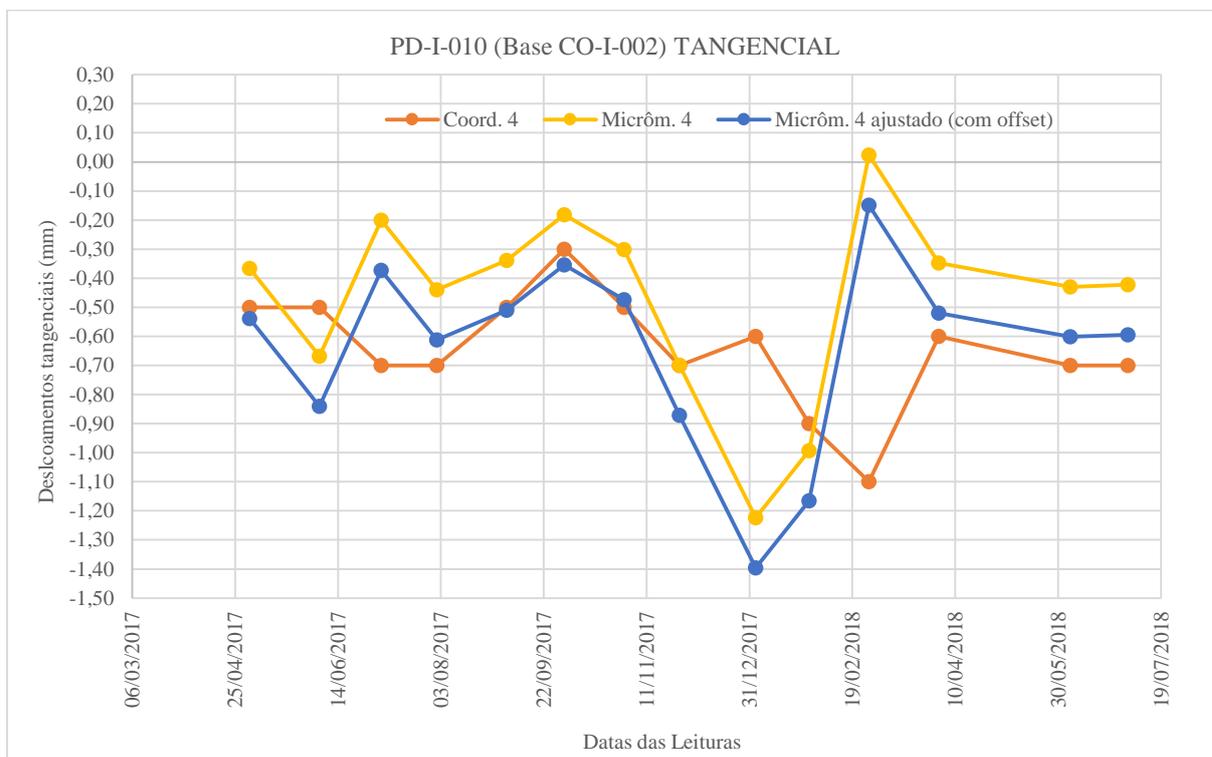
Figura 148 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-001, tangencial.



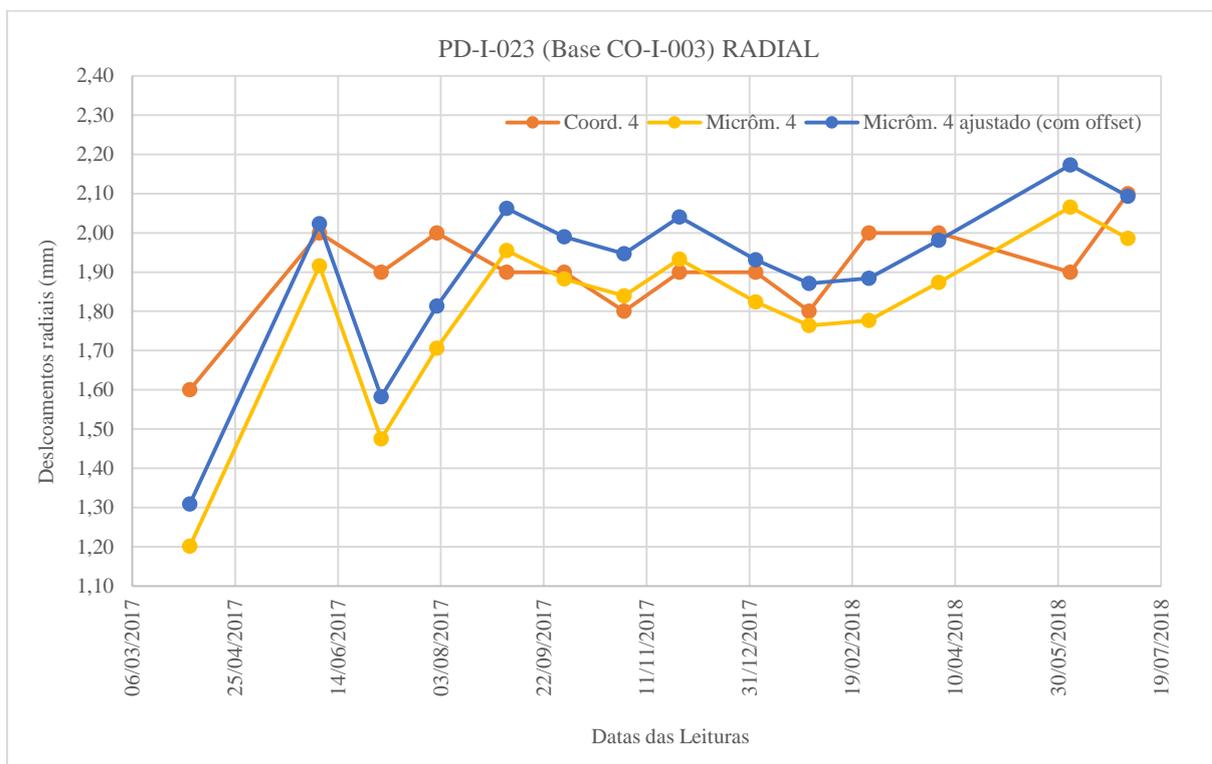
Fonte: O autor (2018)

Figura 149 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-002, radial.

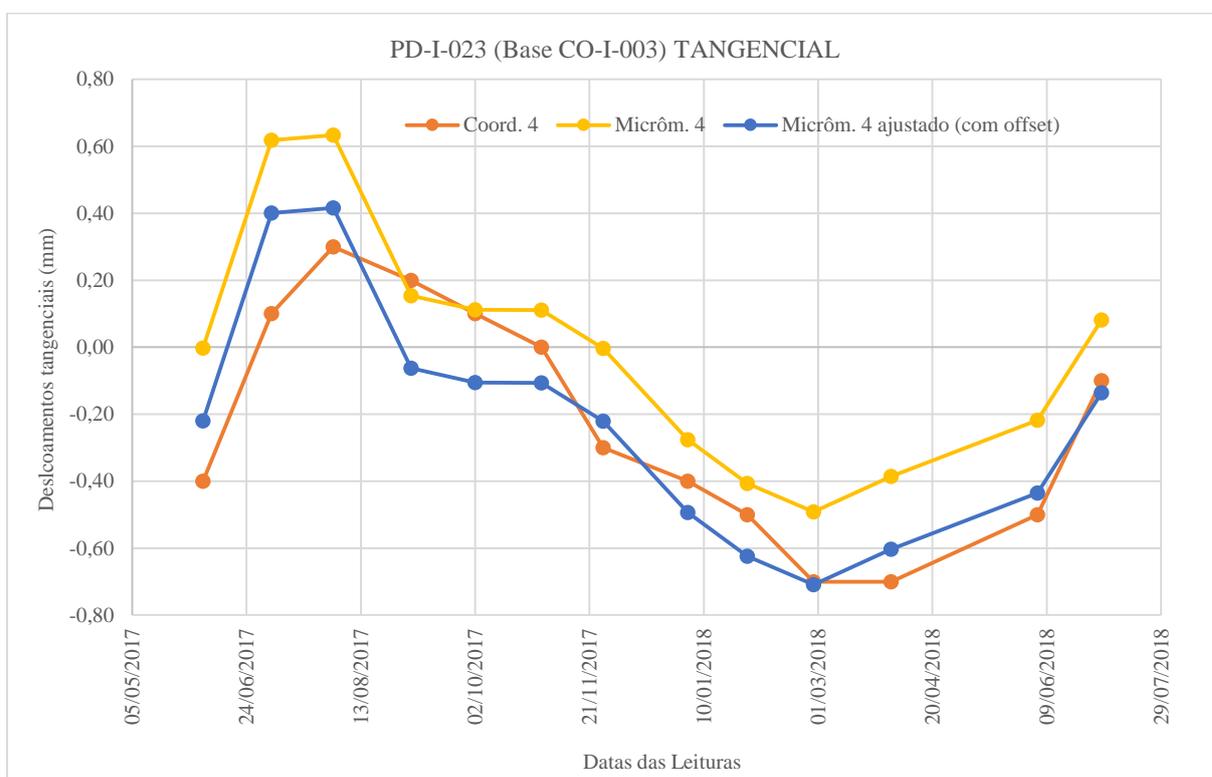
Fonte: O autor (2018)

Figura 150 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-002, tangencial.

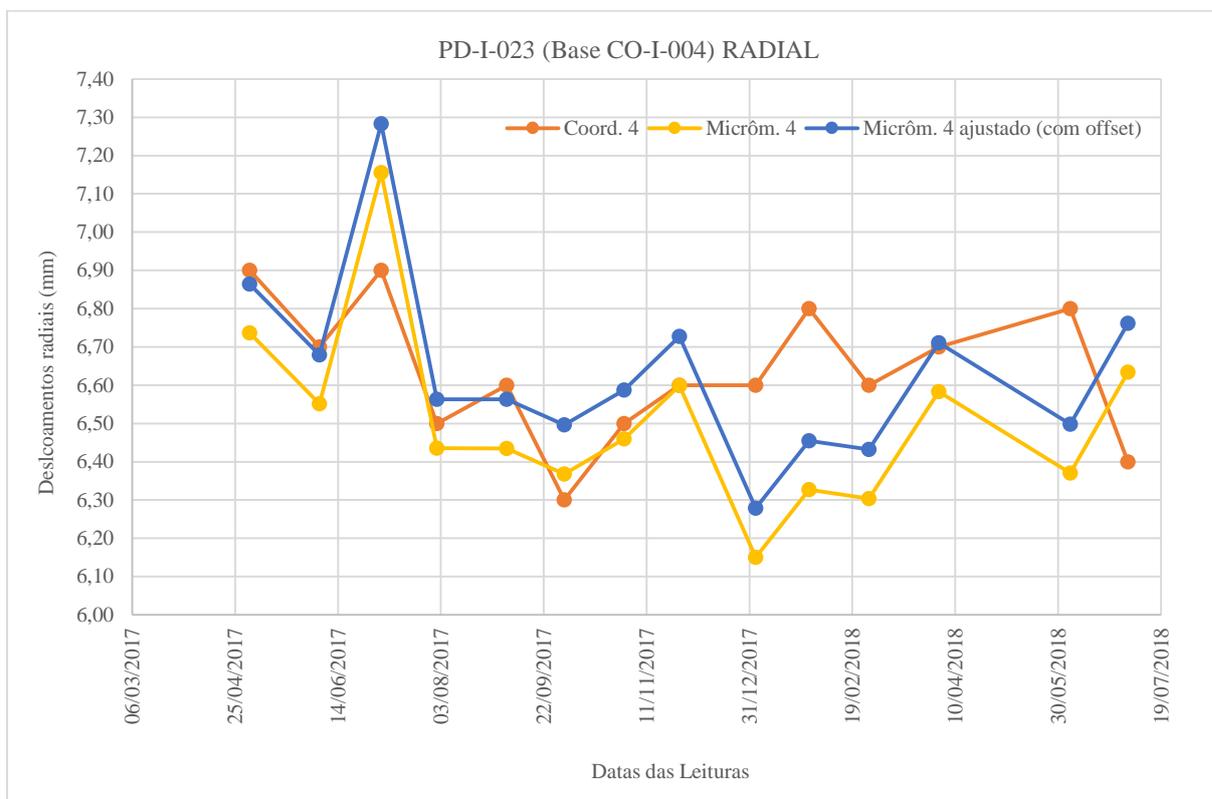
Fonte: O autor (2018)

Figura 151 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-003, radial.

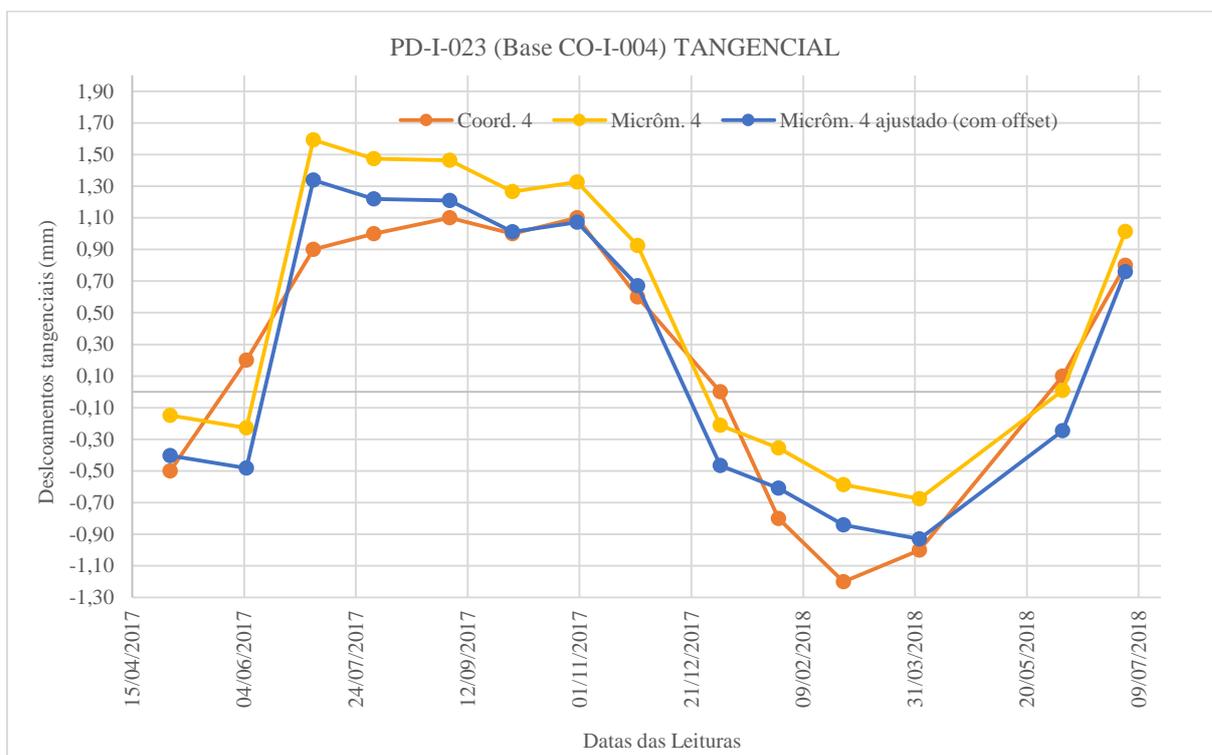
Fonte: O autor (2018)

Figura 152 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-003, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

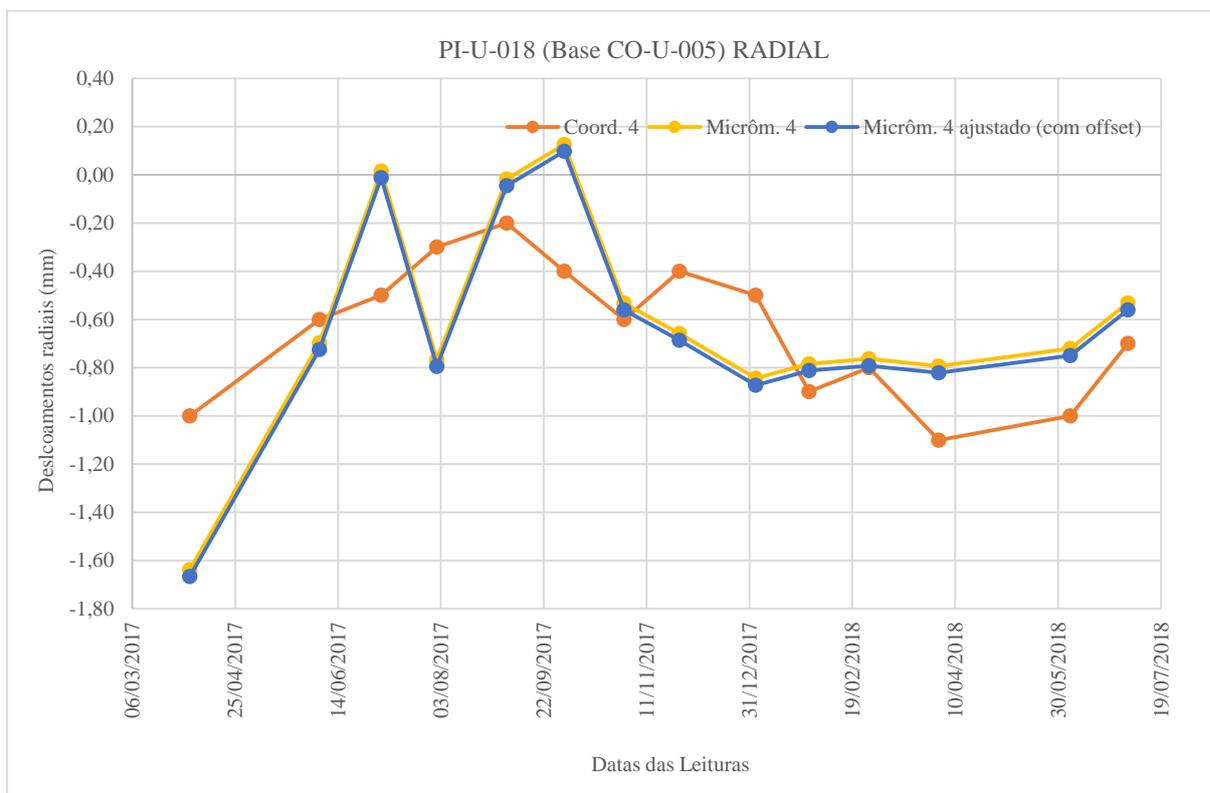
Figura 153 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-004, radial.

Fonte: O autor (2018)

Figura 154 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-I-004, tangencial.

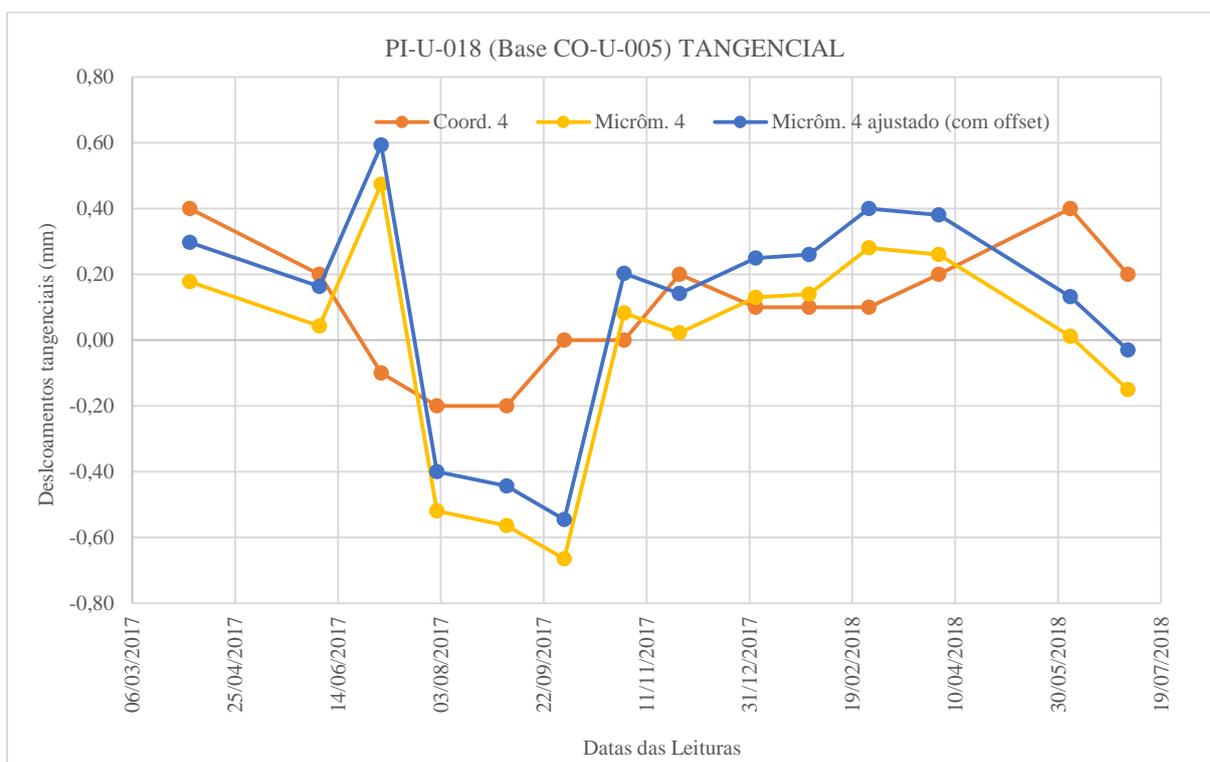
Fonte: O autor (2018)

Figura 155 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-005, radial.



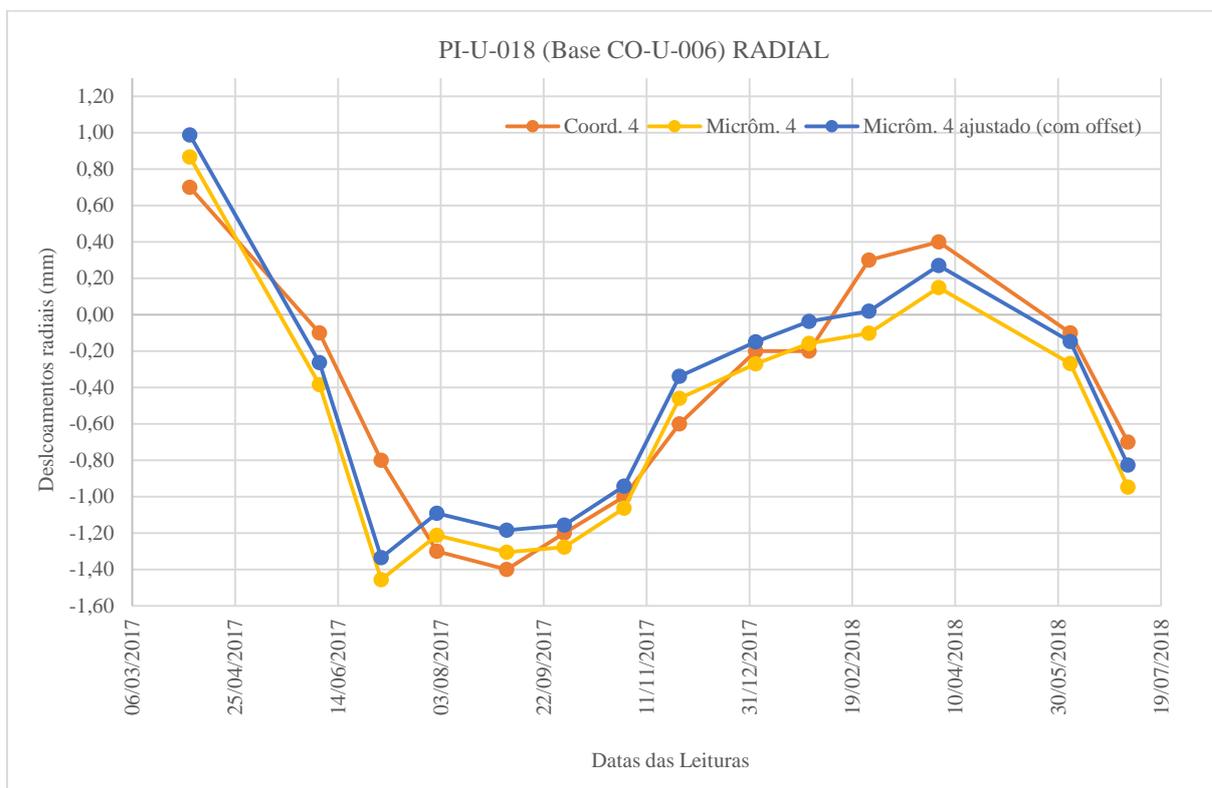
Fonte: O autor (2018)

Figura 156 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-005, tangencial.



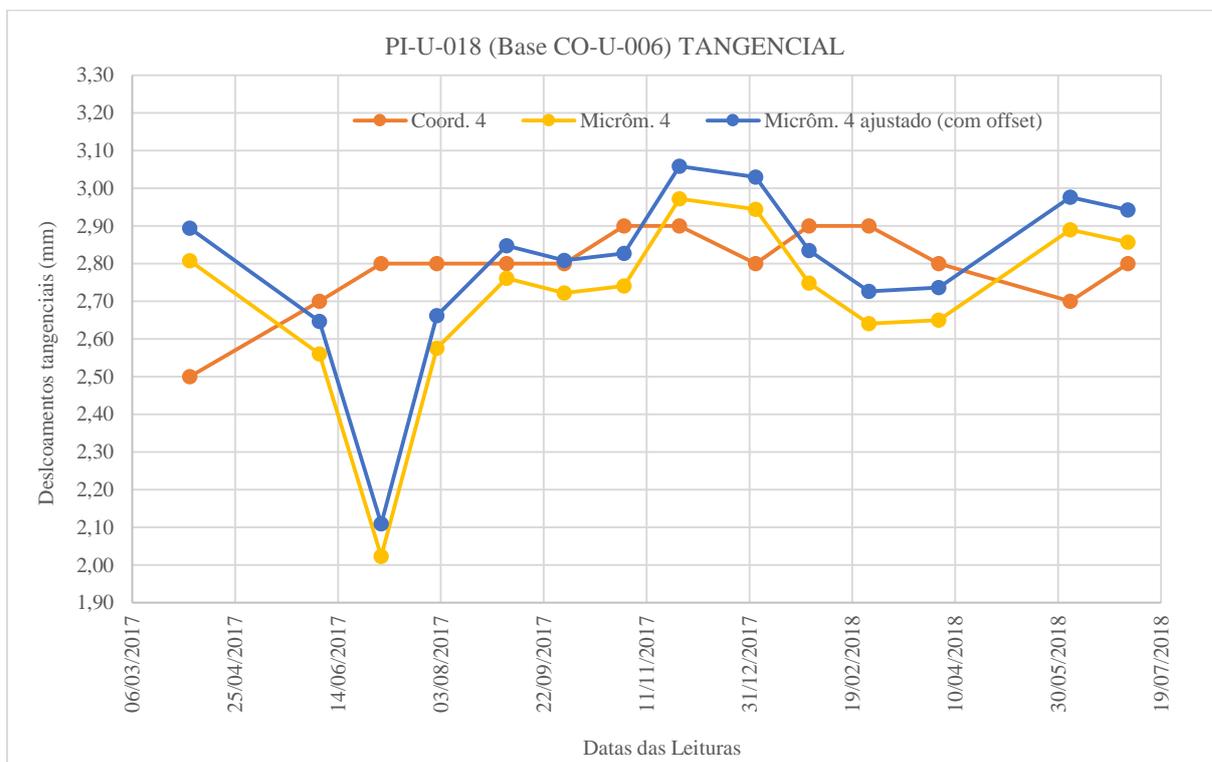
Fonte: O autor (2018)

Figura 157 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-006, radial.

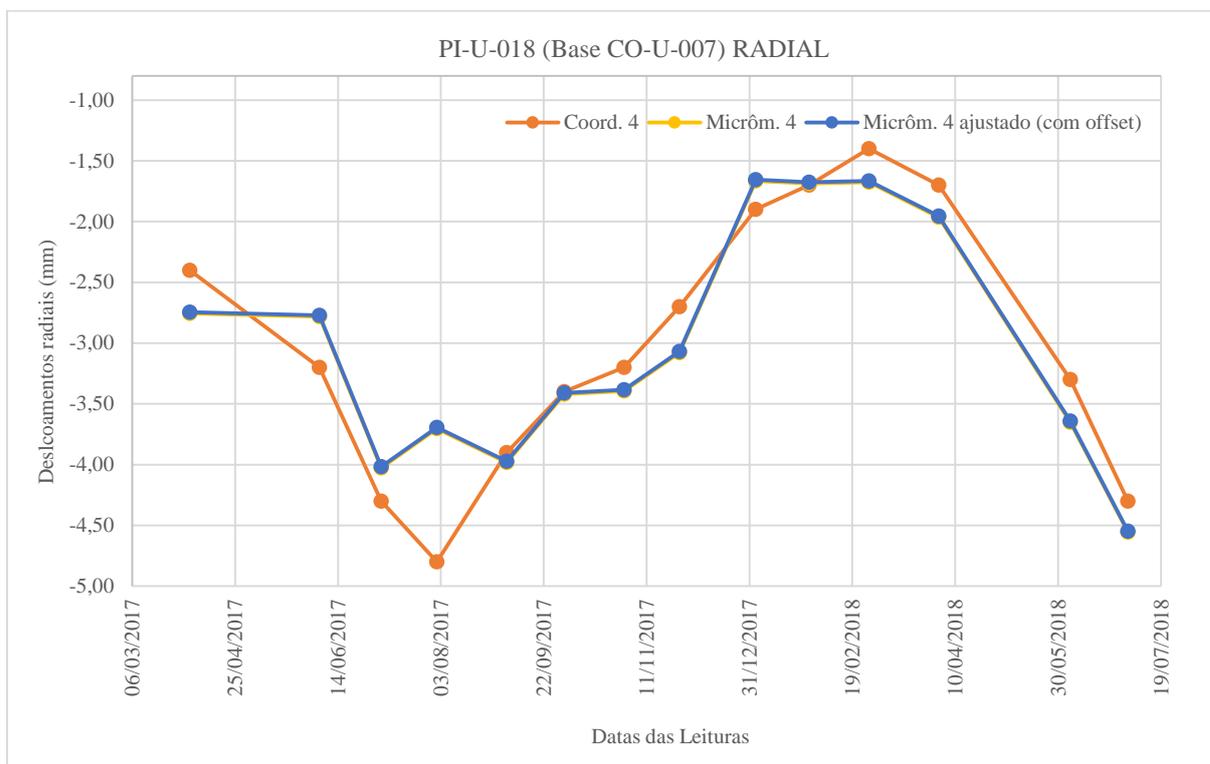


Fonte: O autor (2018)

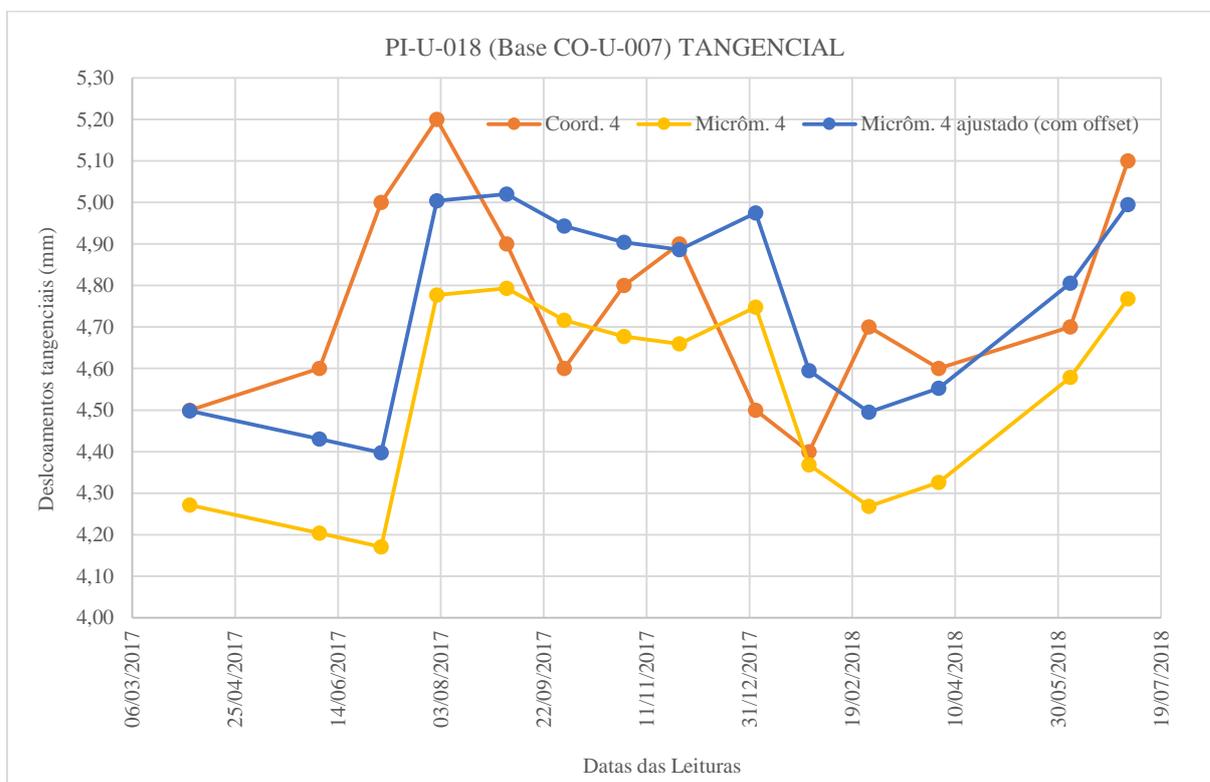
Figura 158 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-006, tangencial.



Fonte: O autor (2018)

Figura 159 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-007, radial.

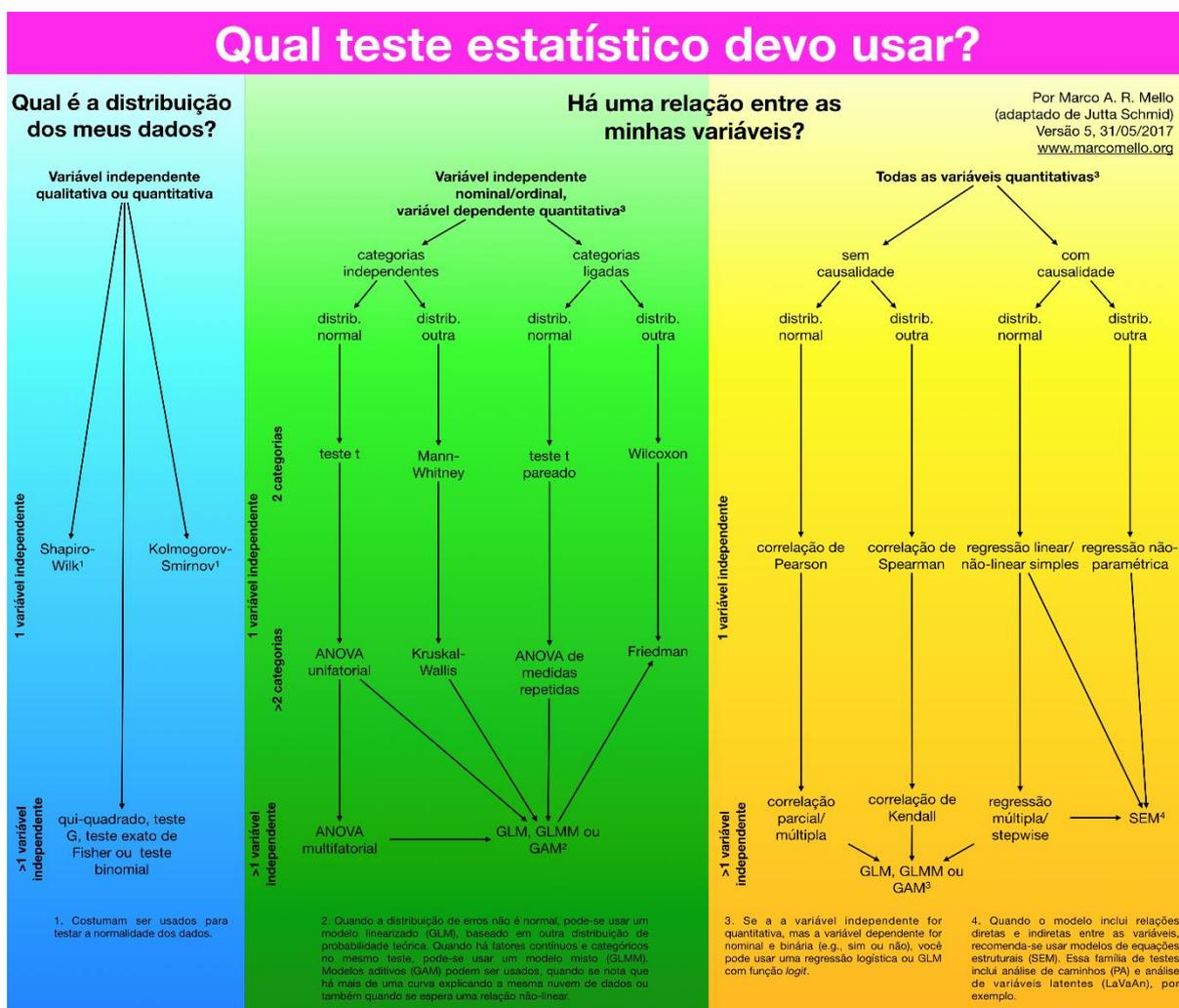
Fonte: O autor (2018)

Figura 160 – Gráfico dos deslocamentos medidos CO-U-007, tangencial.

Fonte: O autor (2018)

ANEXOS

Figura 161 – Diagrama para a escolha do teste estatístico.



Fonte: Mello (2012)

Tabela 19 – Valores críticos para distribuição t de Student.

Nível de Confiança	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Unilateral, α	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
Bilateral, α	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
g.l.					
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250

Nível de Confiança	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Unilateral, α	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
Bilateral, α	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
g.l.					
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
31	1,309	1,696	2,040	2,453	2,744
32	1,309	1,694	2,037	2,449	2,738
33	1,308	1,692	2,035	2,445	2,733
34	1,307	1,691	2,032	2,441	2,728
35	1,306	1,690	2,030	2,438	2,724
36	1,306	1,688	2,028	2,434	2,719
37	1,305	1,687	2,026	2,431	2,715
38	1,304	1,686	2,024	2,429	2,712
39	1,304	1,685	2,023	2,426	2,708
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
45	1,301	1,679	2,014	2,412	2,690
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
70	1,294	1,667	1,994	2,381	2,648
80	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639
90	1,291	1,662	1,987	2,368	2,632
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
500	1,283	1,648	1,965	2,334	2,586
1.000	1,282	1,646	1,962	2,330	2,581
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Fonte: Larson e Farber (2015, p. 556).