



## Implantação de uma Base de Classificação da Componente Angular de Estações Totais e Teodolitos em Laboratório com Uso de Colimadores

### *Implementation of a Classification Base for the Angular Component of Total Stations and Theodolites in the Laboratory Using Collimators*

Josevando de Sousa Silva <sup>1</sup>, Pedro Luis Faggion <sup>2</sup> e Alex Soria Medina <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática - Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, Brasil. E-mail: [josevando.sousa@gmail.com](mailto:josevando.sousa@gmail.com).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0531-7747>

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática - Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, Brasil. E-mail: [pedro.faggion@gmail.com](mailto:pedro.faggion@gmail.com).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4881-8720>

<sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática - Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, Brasil. E-mail: [asmedina80@gmail.com](mailto:asmedina80@gmail.com).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3174-4662>

Recebido: 06.2021 | Aceito: 09.2021

**Resumo:** É cada vez mais necessário que processos usados em instrumentação geodésica sejam automatizados, visando a eficiência e redução de tempo de execução. No Brasil e no mundo há diversas normativas que se atém a esta temática, estabelecendo os procedimentos em campo e laboratório para a classificação da componente angular de instrumentos geodésicos. É neste contexto que esta pesquisa projetou e implantou um sistema de classificação da componente angular horizontal de teodolitos e estações totais em laboratório, conjuntamente com a automação do processo de cálculo e emissão de certificado de classificação. Para viabilizar essa proposta, foi reproduzida a mesma condição estabelecida pela NBR 13133/1994 (atualizada em 2021), para uma base de classificação de campo, porém em laboratório, utilizando colimadores para a definição de pontos que serão ocupados pelos alvos (visados). Estes colimadores foram instalados em uma plataforma de concreto, todos no mesmo plano horizontal, de forma que o ângulo horizontal formado entre o primeiro colimador e o último, foi maior que noventa graus. Para garantia da manutenção do mesmo plano horizontal utilizou-se um nível geodésico N3 da Wild. Ao final do processo de coleta de dados (após leituras/medições), estes dados foram inseridos de forma manual pelo operador ou por meio de *upload* de arquivo com extensão *.txt*, realizando por meio do MATLAB® (MATrix LABoratory), os cálculos oriundos da Norma e que resultou na emissão automática de um certificado de classificação da componente angular horizontal do instrumento.

**Palavras-chave:** Instrumentação geodésica. Classificação da componente angular. Certificado de classificação. Teodolitos e estações totais. Colimadores.

**Abstract:** It is been increasingly needed that processes used in geodetic instrumentation get to be automated, aiming efficiency and reduction of execution time. In Brazil and in the world, there are several regulations that adhere to this thematic, establishing the field and laboratory procedures for the classification of the angular component of geodetic instruments. In that context, this research designed and implemented a classification system for the horizontal angular component of theodolites and total stations in the laboratory, alongside with the automation of the calculation process and the issuing of a classification certificate. To make the proposal possible, it was reproduced the same condition established by NBR 13133/1994 (updated 2021), for a field classification base, although in the laboratory, using collimators to define the points which will be occupied by the targets (aimed). These collimators were installed on a concrete platform, all in the same horizontal plane, so the horizontal angle which was formed between the first and the last collimator get to be bigger than ninety degrees. To guarantee the maintenance of the same horizontal plane, a N3 geodetic level fabricated by WILD was used. At the end of the data collection process (after readings/measurements), these data were manually inserted by the operator or by a file with a *.txt* extension upload, accomplishing by MATLAB® (MATrix LABoratory), the standard calculation that automatically issued a certificate classifying the instrument's horizontal angular component.

**Keywords:** Geodetic instrumentation. Angular component classification. Certificate of classification. Theodolites and total stations. Collimators.

# 1 INTRODUÇÃO

Na engenharia, os levantamentos topográficos e geodésicos são fundamentais na construção de pontes, viadutos, estradas, infraestrutura urbana, rural e demais obras onde o posicionamento seja requerido. Para isso é necessário a utilização de instrumentos que atendam às necessidades e precisões estabelecidas em projeto, visando a qualidade no produto gerado.

Desta forma, é necessário que sejam feitas periodicamente, verificações, retificações, calibrações e classificações dos instrumentos. No Brasil tem-se a Norma Técnica Brasileira (NBR) 13.133/1994, versão corrigida 1996. Vale ressaltar que no momento da elaboração deste artigo a Norma foi atualizada novamente, no dia 24 de agosto de 2021. Nesta norma é apresentada uma metodologia para a classificação de instrumentos topográficos segundo determinados padrões de precisão do instrumento, por meio do desvio padrão obtido na direção observada com pontaria completa da luneta do instrumento, isto é, em pontaria direta (PD) e pontaria inversa (PI) (ABNT, 1994).

A periodicidade, em relação à manutenção dos instrumentos, se dá pela frequência e cuidados na utilização dos mesmos, no transporte ou até mesmo em períodos que estes fiquem em desuso. Todas estas questões podem levar a problemas nas leituras efetuadas com os instrumentos, colocando em risco a qualidade do levantamento.

Segundo o INMETRO (1989), a verificação é compreendida como o conjunto de operações, exames, marcação e a emissão de um certificado que constate que o instrumento de medição ou a medida satisfaça exigências regulamentares. Caso no processo de verificação, seja constatado alguma discrepância no instrumento, o mesmo deve ser retificado, a fim de que estes erros não ocasionem problemas durante a utilização do mesmo. Retificação é o processo de alinhar, corrigir, tornar exato uma medição. Aferição denota comparar as medidas obtidas com padrões pré-estabelecidos, avaliar, conferir.

Calibração é o conjunto de operações que estabelece em determinadas condições a correspondência entre o estímulo e a resposta do instrumento, do sistema ou do mostrador de medição. Classificação consiste em distribuir os equipamentos em classes ou grupos baseando-se em um sistema precisão nominal. Vários países possuem entidades normalizadoras, mas a principal no que concerne à normalização é a *International Organization for Standardization* (ISO), que contém 163 organismos nacionais de normalização (LIMA; SILVA, 2017).

No Brasil, o órgão que especifica as normatizações acerca deste tema é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio das Normas Técnicas Brasileiras. No texto da NBR 13.133/1994 são apresentadas as exigências mínimas para a classificação de teodolitos de acordo com a precisão angular e das estações totais em função da precisão angular e linear, por meio de uma base de classificação multipilar, de concreto, estável, com centragem forçada e que apresente a emissão do certificado de classificação. Esta base tem que ter minimamente um ponto de pilar central, quatro pontos de alvos ou pontos visados dispostos num arco maior que 90° um do outro, alvos no mesmo plano horizontal, quatro séries completas em PD e PI e com distância mínima de 185m entre o teodolito e os alvos (ABNT, 1994).

Esta norma, no item 4.1.1.1, apresenta a metodologia para a classificação dos teodolitos e estações totais, bem como outros instrumentos topográficos e geodésicos, recomendando também que os procedimentos só sejam realizados por entidades oficiais e/ou Universidades, em bases apropriadas e é neste contexto que está inserido este artigo.

Segundo Paciléo Netto (1997), a EPUSP padronizou a construção de pilares para instrumentação geodésica, que compreende as seguintes características: diâmetro de 30 cm e altura aproximada de 1,10 m acima do solo, além dos blocos dos pilares terem que ser apoiados diretamente no solo, sobre uma estaca pré-moldada ou duas brocas moldadas "in loco". No ano de 1990 na USP, foi implantada uma base linear com aproximadamente 2 km e se estabeleceu a escala da mesma utilizando um distanciômetro eletrônico DI 2002 cuja precisão nominal é 1mm + 1ppm (PACILEO NETTO, 1990). A Pós Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal de São Paulo (USP) é uma das Universidades pioneiras nesta temática no Brasil, por meio da linha de pesquisa de Cartografia, Geodésia e Topografia e de importantes nomes como Felipe Augusto Aranha, Jorge Pimentel Cintra, Denizar Blitzkow e outros (VAZ, 2020).

Na Universidade Federal do Paraná (UFPR) existe uma base de classificação de teodolitos e estações

totais, seguindo a NBR 13.133/1994 (MEDINA, 1999). Porém, esta base foi inviabilizada, com a construção de dois prédios entre o pilar central e os pilares alvos. A proposta deste trabalho, foi implantar uma base de classificação em laboratório, utilizando colimadores como alvos, de forma a contemplar às recomendações da NBR 13.133/1994, para base de classificação de campo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão apresentados alguns conceitos essenciais na elaboração deste artigo, baseando-se no atual estado da arte na área da instrumentação geodésica. Teodolitos são goniômetros que medem ângulos de natureza vertical ou horizontal (FONTES, 2005). São constituídos por um sistema de eixos, os círculos graduados (limbos), luneta, níveis de bolha e parafusos calantes (RAMOS, 1973). Além dos parafusos de fixação e de movimentos finos (micrométricos), que servem para ajuste quando da medição dos ângulos.

Nos dias de hoje, todas as tarefas que eram realizadas por teodolitos, como medições de ângulos e cálculos de distâncias de forma indireta, podem ser realizadas por estações totais de forma mais eficiente, além de obter maior precisão nas informações coletadas (GHILANI; WOLF, 2013). Segundo Silva e Segantine (2015) elas podem ser de quatro tipos: estações totais para obras de construção civil, estações totais para levantamentos topográficos gerais, estações totais para levantamentos topográficos de precisão e estações totais robóticas. A Figura 1 ilustra os principais componentes de uma estação total.

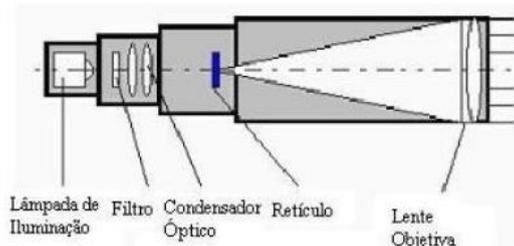
Figura 1 – Principais componentes de uma estação total.



Fonte: Adaptada de Sokol (2014).

Colimadores são instrumentos constituídos por uma lente objetiva com correção geométrica. O feixe de colimação emerge paralelamente de forma que a imagem do retículo é projetada para o infinito. O instrumento geralmente é montado com o ajuste infinito, assim, o plano focal da objetiva coincide com o retículo (SOUZA, 2010), Figura 2.

Figura 2 – Principais componentes de um colimador.



Fonte: Mildex (2006).

Existem outros equipamentos, que devido suas características, podem ser usados como colimadores, como por exemplo, teodolitos, telescópios ou níveis topográficos, desde que sejam feitas pequenas adaptações. Assim, caso não haja colimadores, podem ser utilizados como alvo, os equipamentos acima citados para a realização da pontaria. Silva (2008), utilizou lunetas de teodolitos DF Vasconcelos como colimadores (Figura 3), onde foi constatado que os mesmos “adaptaram-se perfeitamente como um sistema colimador, quando ilumina-se o retículo através da ocular.

Figura 3 – Teodolito DF Vasconcelos.



Fonte: Adaptada de Silva (2008).

Atualmente encontram-se plataformas com um colimador definindo o zênite, um conjunto na vertical e outro conjunto na horizontal, como ilustra a Figura 4. Esta plataforma pode ser utilizada para retificação e classificação das componentes horizontal e vertical de teodolitos e estações totais.

Figura 4 – Bancada com colimadores no zênite, na horizontal e vertical, modelo W550-10td da fabricante *Sanwei*.



Fonte: South Geosystems (2020).

Durante os processos de medição podem ocorrer três tipos de erros, sendo eles: o grosseiro, que está relacionado geralmente à desatenção do observador, como por exemplo, leitura ou anotações erradas. Em algumas situações, a detecção desse erro é facilmente perceptível. Em outros casos esses erros podem ser aleatórios e se transformam em um grande problema, devido a sua dificuldade de identificação (GEMAEL, 1994). Também há o erro sistemático, este acumulado no próprio processo de medição, por exemplo, a falta de calibração do instrumento. Estes podem ser evitados por meio de técnicas de observação ou até minimizados ou eliminados mediante a utilização de modelos matemáticos (GEMAEL, 1994).

Em determinados casos, a falta de cuidados pode transformar fatores que seriam erros sistemáticos em erros grosseiros. A falta de verticalidade da mira, que ocorre quando o nível esférico presente na parte posterior da mesma não permite a coincidência com a vertical. Outro exemplo comum é o erro de pontaria, que ocorre

devido a limitação da resolução óptica do instrumento, da limitação visual do observador ou por causa das variáveis de cunho atmosférico (SILVA et al., 2007).

Ainda, existem os erros acidentais ou aleatórios, que mesmo após os erros anteriores serem minimizados, permanecem. Estes não seguem uma lógica e ora ocorrem num sentido, ora noutro; com tendência a neutralizar à medida que o número de observações aumenta. Logo quanto maior o número da amostra, maior a distribuição de frequência, que se aproxima da distribuição normal (BORGES, 1994).

A repetição de observações numa mesma variável apresenta variações, que expõe um padrão nestas e são denominados erros randômicos. Os erros portanto podem ser tratados, minimizando sua influência ou aceitos e isto que o diferencia dos erros grosseiros e sistemáticos (MEDEIROS, 2020).

Com relação aos erros identificados no processo de fabricação dos instrumentas, estes são determinados e minimizados. Entretanto essa condição pode variar dependendo de choques mecânicos, mudanças de temperatura, manuseio inadequado (LEICA, 2001). Desta forma, o instrumento deve ser verificado, retificado, calibrado e classificado periodicamente ou:

observando-se as seguintes condições:

- a) Antes do primeiro uso;
- b) Após grande mudança de temperatura;
- c) Após longo período de armazenamento;
- d) Após transporte (difícil ou longo);
- e) Periodicamente para trabalhos de alta precisão.

A norma brasileira NBR 13.133 de maio de 1994, atualizada com errata em dezembro de 1996, fixa normas para a execução de levantamentos topográficos e no item 1.1.1 especifica as condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico, que fundamenta-se em medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, selecionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação.

No item 4 da referida Norma: Aparelhagem, traz as recomendações sobre a classificação de instrumentos e indica que esta atividade deve ser feita por Instituições oficiais e/ou Universidades em bases apropriadas (NBR 13.133/1994). A classificação de teodolitos se dá segundo o desvio padrão de uma direção observada em duas posições da luneta, conforme a Tabela 1. Esta classificação geralmente é definida pelos fabricantes.

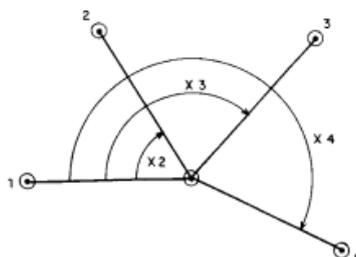
Tabela 1 – Classificação de teodolitos.

Classe de teodolitos	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	$\leq \pm 30''$
2 – precisão média	$\leq \pm 07''$
3 – precisão alta	$\leq \pm 02''$

Fonte: ABNT (1994).

No anexo C desta mesma norma, página 33, encontra-se a disposição da base recomendada para a classificação de teodolitos e estações totais. Esta é formada por um pilar central e 4 pilares onde serão instalados os alvos. Estes devem ser afastados do pilar central de 185 metros, em um mesmo plano horizontal e com um afastamento maior do que  $90^0$  entre o primeiro e o último alvo. A Figura 5 ilustra o esquema recomendado.

Figura 5 – Base para classificação de teodolitos e estações totais em campo.



Fonte: ABNT (1994).

As equações de observações oriundas da Figura 5 indicam que para cada observação realizada (1, 2, 3, 4) tem-se a Eq. (1):

$$v = x - z - l \quad (1)$$

Em que  $v$  é o resíduo aleatório,  $x$  a incógnita (ângulo ajustado),  $z$  a incógnita de orientação e  $l$  o ângulo observado. Após uma série de cálculos, chega-se a Eq. (2) que calcula os desvios padrões:

$$m = \pm \frac{\sqrt{[vv]}}{(n-1)(s-1)} \quad (2)$$

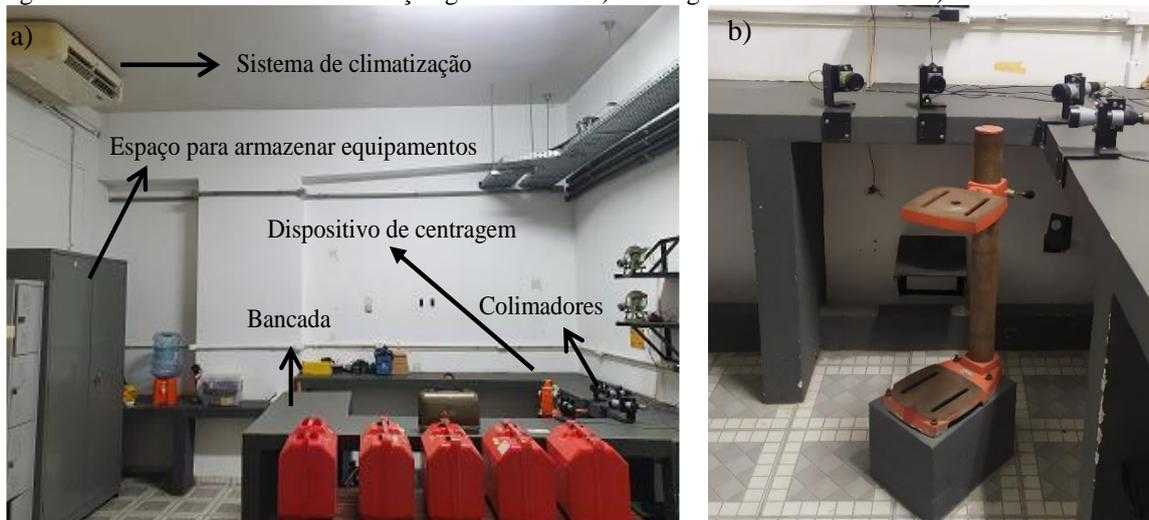
Em que  $m$  é o desvio padrão,  $n$  o número de séries de observações e  $s$  pontos visados. As formulações, expressões e sistemas matemáticos necessários para se classificar os instrumentos topográficos encontram-se na íntegra na NBR 13.133/1994.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Construção de base em laboratório

A base de classificação foi construída no Laboratório de Instrumentação Geodésica, sobre uma bancada de concreto. Além da bancada, o espaço do laboratório conta com sistema de climatização, armários para guarda dos equipamentos, um pilar central para a instalação dos equipamentos, a ser classificado e um conjunto de quatro colimadores, conforme ilustra a Figura 6.

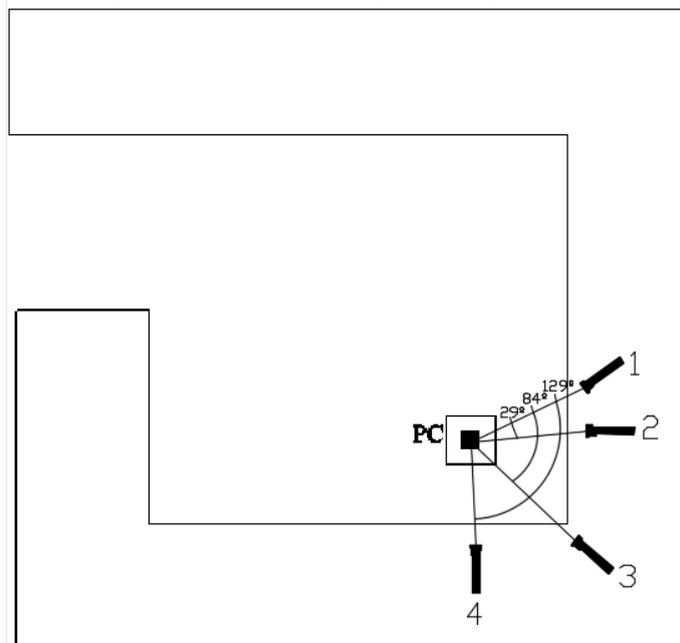
Figura 6 - Laboratório de instrumentação geodésica II: a) Visão geral do laboratório e b) Base e colimadores.



Fonte: Os autores (2022).

Na Figura 7 é possível visualizar a configuração da base de classificação em laboratório, com seus quatro colimadores e o pilar central, de centragem forçada e que portanto, não pode ser movido. Na Figura abaixo é possível ser visto os ângulos do primeiro pro quarto, terceiro e segundo colimador, respectivamente de 129°, 84° e 29°.

Figura 7 – Bancada e base para os experimentos.



Fonte: Os autores (2022).

Se compararmos esta configuração, que necessita de aproximadamente 2 metros quadrados, com a configuração da base de campo em que os pilares têm que estar a 185 metros da base e um ângulo maior do que  $90^{\circ}$  entre o primeiro e último alvo, no campo seria necessária uma área de aproximadamente 20.000 metros quadrados, assim compreende-se o ganho que esta nova proposta traz.

### 3.2 Alocação dos colimadores

Os mesmos foram dispostos formando um ângulo maior que  $90^{\circ}$ , do primeiro colimador para o último formando um ângulo de  $129^{\circ}$ , conforme indicado pela norma NBR 13.133/1994. Na Figura 8 apresenta-se o colimador da fabricante *Leica* que foi usado na pesquisa, tal equipamento foi concebido para essa finalidade. Para este caso em específico, o colimador foi utilizado como alvo para as pontarias feitas pelo instrumento. Caso não houvesse a possibilidade de utilizar-se um colimador, devido a onerosidade em relação a sua aquisição, o mesmo poderia ser substituído por um instrumento com um sistema ocular, como níveis, telescópios e outros, sem perda na qualidade na observação.

Figura 8 – Colimador.

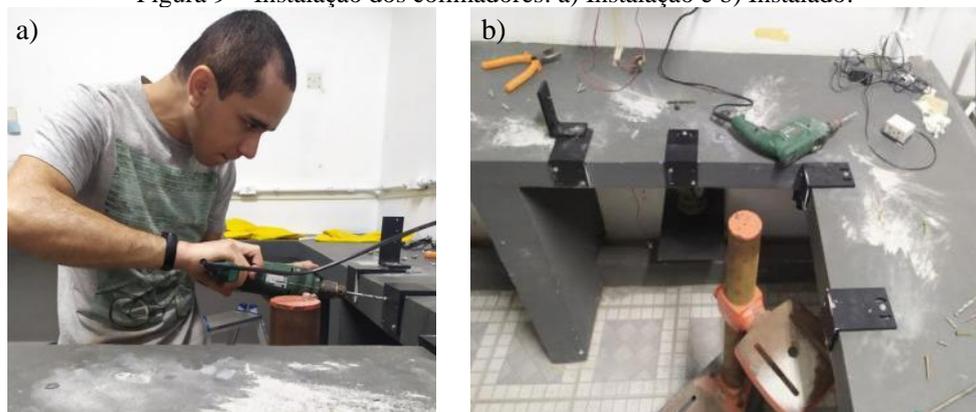


Fonte: Os autores (2022).

Com a definição do local e a posição que os colimadores iriam ocupar, iniciou-se o processo de instalação dos mesmos. A Figura 9 mostra, as etapas de instalação dos quatro suportes sobre a bancada que abrigaram os colimadores da base de classificação no laboratório. Vale mencionar que a distância do centro da base até os colimadores foi de aproximadamente 40cm para todos os quatro alvos, conforme sugere a DIN 18723, quando especifica que a distância entre os alvos e o equipamento deve ter 185m. A DIN também

específica que a distância da base para todos os alvos deve ter medida igual, uma vez que distâncias diferentes podem influenciar em erros nas medições, por exemplo, quando o operador precisa mudar o foco do instrumento, induzindo assim em passíveis erros nas leituras angulares e lineares.

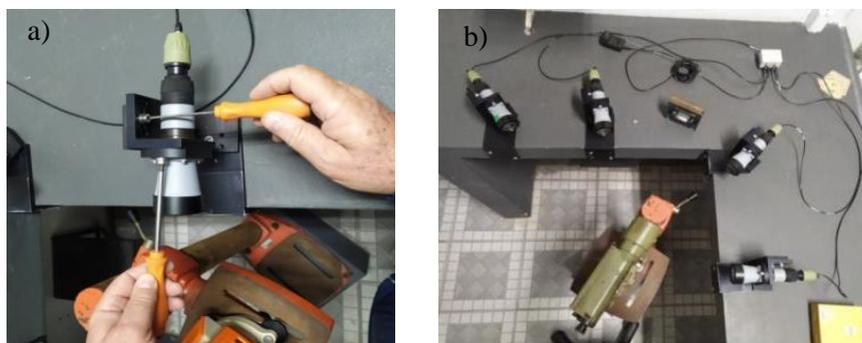
Figura 9 – Instalação dos colimadores: a) Instalação e b) Instalado.



Fonte: Os autores (2022).

Após a instalação dos colimadores, utilizou-se um nível geodésico N3 da fabricante *Wild* (a precisão do instrumento é melhor do que 0,25 milímetros por quilômetro), sobre o pilar central, o qual foi utilizado para verificar que os quatro colimadores estivessem num mesmo plano horizontal, plano este que coincide com o fio horizontal do retículo dos colimadores. Como os colimadores não possuem parafusos micrométricos, para ajuste fino, utilizou-se os parafusos de fixação dos suportes para este fim, figura 10a ilustra este procedimento. Na figura 10b, apresenta-se a configuração final dos quatro colimadores instalados sobre a bancada e o pilar central.

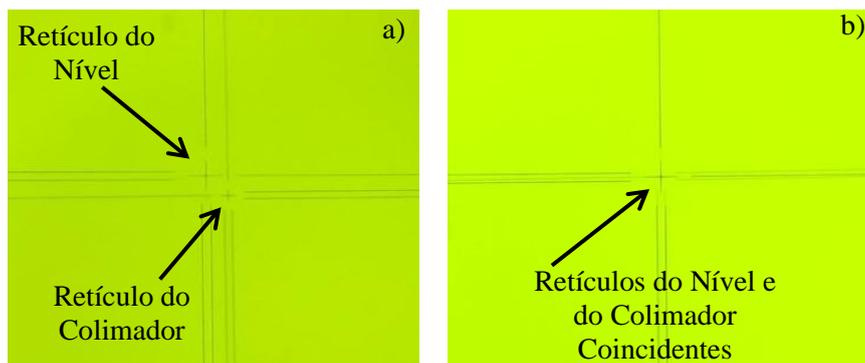
Figura 10 – Nível geodésico e colimadores: a) Alinhamento dos colimadores e b) Colimadores Alinhados.



Fonte: Os autores (2022).

A Figura 11a apresenta os fios do retículo do colimador não coincidente com o plano definido pelo Nível e a Figura 11b os fios de retículo coincidentes. Esta coincidência foi possível através de pequenos movimentos dos parafusos que fixam os colimadores.

Figura 11 – Nível geodésico e colimadores: a) Retículos não coincidentes e b) Retículos coincidentes.



Fonte: Os autores (2022).

Após constatado a coincidência dos fios dos retículos tanto do instrumento quanto do colimador, iniciou-se a etapa de pré coleta dos dados, onde nas dependências do Laboratório de Instrumentação Geodésica foram analisados todos os instrumentos que foram classificados nesta pesquisa.

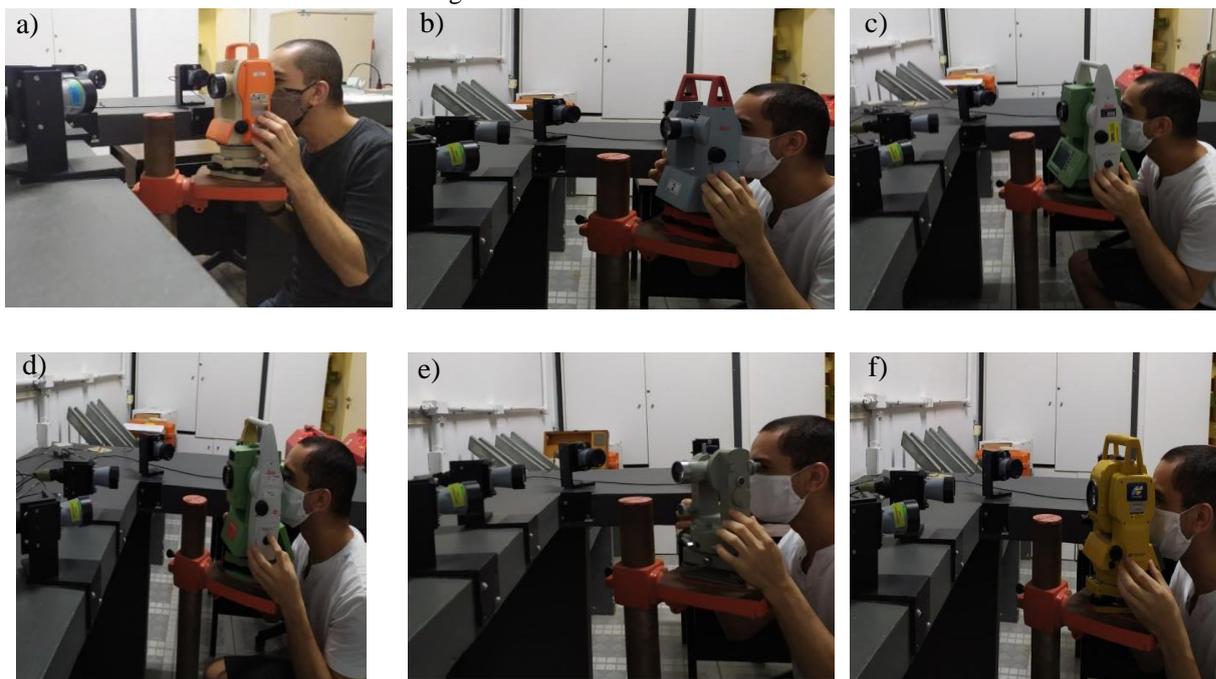
### 3.3 Procedimentos pré-coleta e coleta de dados com os equipamentos

Cabe salientar que todos os instrumentos antes de serem classificados, passaram por um processo de verificação e quando necessário, foram retificados, observando-se as seguintes condições:

- a) Verticalidade do Eixo Principal;
- b) Erro de Índice Vertical ou Erro de Zênite;
- c) Erro de Índice Horizontal ou Erro de Colimação.

Para a coleta de dados, foram observados os ângulos nas posições direta e inversa da luneta (PD e PI), utilizando diferentes equipamentos (teodolitos e estações totais), que se têm disponível no conjunto de instrumentação do Laboratório de Geodésia Aplicada a Engenharia, Laboratório de Instrumentação Geodésica e no Laboratório de Topografia do Departamento de Geomática da UFPR. Dentre estes equipamentos estão, conforme representados na Figura 12, respectivamente: teodolito *Leica T100* (a), teodolito *Leica T105* (b), estação total *Leica TCR 1205* (c), estação total *Leica TS15* (d), teodolito *Zeiss THEO 020* (e), estação total *TOPCON GPT-3007W* (f).

Figura 12 – Coleta de dados.



Fonte: Os autores (2022).

Durante a coleta dos dados, os valores dos ângulos foram anotados em caderneta de campo, onde foram inseridas informações sobre o instrumento, horários de coleta, operador responsável, número de séries e pontarias, os graus, minutos e segundos mostrados na tela do medidor, bem como a temperatura ambiente do laboratório. Na Figura 13 tem-se um exemplo desta caderneta com os dados das quatro séries coletados do teodolito *Leica T100* para sua respectiva classificação de acordo com a Tabela 1 apresentada anteriormente.

Figura 13 – Anotações de dados coletados com o teodolito T100.

CLASSIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS SEGUNDO A NBR 13.133/1994								
Instrumento: <i>TEODOLITO LEICA T100</i>						Data: <i>08/12/20</i>		
Número de série: <i>72635</i>						Temperatura: <i>18°C</i>		
Observador da série (1): <i>Josevando</i>				Hora de início: <i>09:20</i>		Hora de fim: <i>09:32</i>		
Observador da série (2): <i>Josevando</i>				Hora de início: <i>09:34</i>		Hora de fim: <i>09:38</i>		
Observador da série (3): <i>Josevando</i>				Hora de início: <i>09:39</i>		Hora de fim: <i>09:45</i>		
Observador da série (4): <i>Josevando</i>				Hora de início: <i>09:47</i>		Hora de fim: <i>09:52</i>		
Série	Alvo	PD			PI			Observações
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	
1	1	<i>08</i>	<i>57</i>	<i>30</i>	<i>188</i>	<i>57</i>	<i>40</i>	
	2	<i>37</i>	<i>54</i>	<i>30</i>	<i>217</i>	<i>54</i>	<i>30</i>	
	3	<i>93</i>	<i>13</i>	<i>00</i>	<i>273</i>	<i>13</i>	<i>10</i>	
	4	<i>137</i>	<i>53</i>	<i>20</i>	<i>317</i>	<i>53</i>	<i>30</i>	
Série	Alvo	PD			PI			Observações
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	
2	1	<i>08</i>	<i>49</i>	<i>30</i>	<i>188</i>	<i>49</i>	<i>40</i>	
	2	<i>37</i>	<i>46</i>	<i>20</i>	<i>217</i>	<i>46</i>	<i>30</i>	
	3	<i>93</i>	<i>05</i>	<i>00</i>	<i>273</i>	<i>05</i>	<i>00</i>	
	4	<i>137</i>	<i>45</i>	<i>10</i>	<i>317</i>	<i>45</i>	<i>20</i>	
Série	Alvo	PD			PI			Observações
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	
3	1	<i>10</i>	<i>09</i>	<i>10</i>	<i>190</i>	<i>09</i>	<i>20</i>	
	2	<i>39</i>	<i>06</i>	<i>20</i>	<i>219</i>	<i>06</i>	<i>20</i>	
	3	<i>94</i>	<i>24</i>	<i>50</i>	<i>274</i>	<i>24</i>	<i>20</i>	
	4	<i>139</i>	<i>05</i>	<i>00</i>	<i>319</i>	<i>05</i>	<i>10</i>	
Série	Alvo	PD			PI			Observações
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	
4	1	<i>08</i>	<i>45</i>	<i>50</i>	<i>188</i>	<i>46</i>	<i>00</i>	
	2	<i>37</i>	<i>42</i>	<i>40</i>	<i>217</i>	<i>43</i>	<i>00</i>	
	3	<i>93</i>	<i>01</i>	<i>20</i>	<i>273</i>	<i>01</i>	<i>20</i>	
	4	<i>137</i>	<i>41</i>	<i>40</i>	<i>317</i>	<i>41</i>	<i>50</i>	

Fonte: Os autores (2022).

As leituras foram realizadas na seguinte ordem: PD no colimador denominado como um, depois PD no colimador dois, PD no colimador três e PD no colimador quatro. Após, tombou-se a luneta 180° e observou-se PI no colimador quatro, três, dois e um, respectivamente, fechando assim a primeira série. Posteriormente, repetiu-se o mesmo procedimento para as demais séries, até completar quatro séries.

### 3.4 Geração do certificado de classificação

O modelo matemático para classificação dos equipamentos advém da NBR 13133/1994 e todos os cálculos necessários para este processo estão contidos no anexo C da norma. Desta forma, foi desenvolvido um código de programação em linguagem MATLAB® (MATrix LABoratory), versão 2017b, conforme representado na Figura 14.

Figura 14 – Cabeçalho do software em linguagem MATLAB®.

```

1 - clc
2 - clear
3 - %%
4 - %Variáveis de entrada
5 - %numero de observações ???
6 - no=4;
7 - nl=4;
8 - %PD
9 - %serie 1
10 - %Grau %Minuto %Segundo
11 - % gPD(1,1)=0; mPD(1,1)=0; sPD(1,1)=0;
12 - % gPD(1,2)=12; mPD(1,2)=28;sPD(1,2)=14;
13 - % gPD(1,3)=44; mPD(1,3)=48;sPD(1,3)=24;
14 - % gPD(1,4)=96; mPD(1,4)=52;sPD(1,4)=34;
15 - %PI
16 - %serie 1
17 - %Grau %Minuto %Segundo
18 - % gPI(1,1)=179; mPI(1,1)=58;sPI(1,1)=25;
19 - % gPI(1,2)=192; mPI(1,2)=28;sPI(1,2)=36;
20 - % gPI(1,3)=224; mPI(1,3)=48;sPI(1,3)=54;
21 - % gPI(1,4)=276; mPI(1,4)=53;sPI(1,4)=41;
22 -
23 - %serie 2
24 - %Grau %Minuto %Segundo
    
```

Fonte: Os autores (2022).

O software foi desenvolvido para que o operador insira os valores das observações de PD e PI, para cada série, na tela do computador, conforme exemplificado entre as linhas 11 a 21 da Figura 14 destacado nos retângulos em vermelho. Os valores são inseridos em graus, minutos e segundos da primeira série em posição direta. Repete-se este processo para a quantidade de séries que foi observada e depois para os dados em posição inversa da luneta.

A segunda forma, é por meio de um arquivo com extensão .txt, conforme visto na Figura 15, onde são inseridos os valores dos graus, minutos e segundos em posição direta e inversa, simultaneamente, e estes dados são “reconhecidos” pelo software, resultando na emissão do certificado.

Figura 15 - Arquivo .txt com dados de PD e PI.

angulost100lab.txt - Bloco de Notas					
Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda	
8	57	30	188	57	40
37	54	30	217	54	30
93	13	0	273	13	10
137	53	20	317	53	30
8	49	30	188	49	40
37	46	20	217	46	30
93	5	0	273	5	0
137	45	10	317	45	20
10	9	10	190	9	20
39	6	20	219	6	20
94	24	50	274	24	20
139	5	0	319	5	10
8	45	50	188	46	0
37	42	40	217	43	0
93	1	20	273	01	20
137	41	40	317	41	50

Fonte: Os autores (2022).

Na sequência são realizados os cálculos empregando-se o modelo matemático, como ângulos entre os alvos, médias, valores de resíduos, desvio padrão para cada série e desvio padrão final. Com as informações, gera-se o certificado de classificação do instrumento em extensão .doc no Word informando se o equipamento é de alta, média ou baixa precisão conforme Tabela 1 classificação de teodolitos da NBR13.133/1994.

#### 4 RESULTADOS

No Quadro 1 são apresentados os resultados obtidos do desvio padrão alcançado para o teodolito T100 em função dos dados coletados na base de classificação em laboratório. Esta sequência foi adotada para os demais equipamentos testados.

Quadro 1 – Resultado da classificação do teodolito T100 em laboratório.

<b>Resultado da classificação do teodolito T100 em laboratório</b>	
Data	08/12/2020
Hora de início	09h 20min
Hora do fim	09h 52min
Temperatura	18° C
Nome do operador	Josevando de Sousa
Desvio padrão (fabricante)	10"
Desvio padrão	4,42"
Classificação segundo a NBR 13.133/1994	Média precisão

Fonte: Os autores (2022).

Os resultados para os demais equipamentos foram os seguintes: teodolito T105, desvio padrão de 2,95"; estação total TCRA 1205, desvio padrão de 1,68"; teodolito Theo 20, desvio padrão de 0,2'; estação total *Topcon*, desvio padrão 6,25"; estação total TS15, desvio padrão de 1,16". Assim, com estes resultados, os instrumentos se encaixam nas categorias de média, alta, baixa, média e alta precisão, respectivamente. O Quadro 2 ilustra um resumo das observações de todos os instrumentos que foram classificados, bem como o desvio padrão obtido para cada um deles.

Quadro 2 – Resumo das observações e desvio padrão obtido.

<b>Instrumento</b>	<b>Data da coleta</b>	<b>Hora de início e fim da coleta</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Operador</b>	<b>Desvio padrão (fabricante)</b>	<b>Desvio padrão obtido</b>
Estação total TOPCON 3007 W	09/12/2020	10h 26min / 11h 30min	18° C	Josevando de Sousa	7"	6,25"
Teodolito THEO 20	08/12/2020	10h 45min / 11h 16min	18° C	Pedro Faggion	1'	0,2'
Estação total TS15 I	08/12/2020	13h 30min / 14h 04min	18° C	Pedro Faggion	1"	1,16"
Estação total TCRA 1205	17/12/2020	15h 22min / 16h 02min	18° C	Josevando de Sousa	5"	1,68"
Teodolito T105	08/12/2020	10h 21min / 10h 44min	18° C	Alex Medina	5"	2,95"

Fonte: Os autores (2022).

Para corroborar os resultados obtidos com a base implementada em laboratório, o teodolito *Leica* T100 também foi classificado em campo, como preconiza a NBR 13133/1994, para fins de comparação. O teste em campo foi realizado nas dependências da Instituição, em campo aberto, com a utilização do teodolito *Leica* T100 e prismas. Vale ressaltar que, como mencionado anteriormente, a base desenvolvida por MEDINA (1999) foi inutilizada e portanto, não foi utilizada. Os resultados alcançados no campo são equivalentes aos dados de laboratório, o Quadro 3 a seguir, apresenta os resultados desta classificação.

Quadro 3 – Resultado da classificação do teodolito T100 em campo.

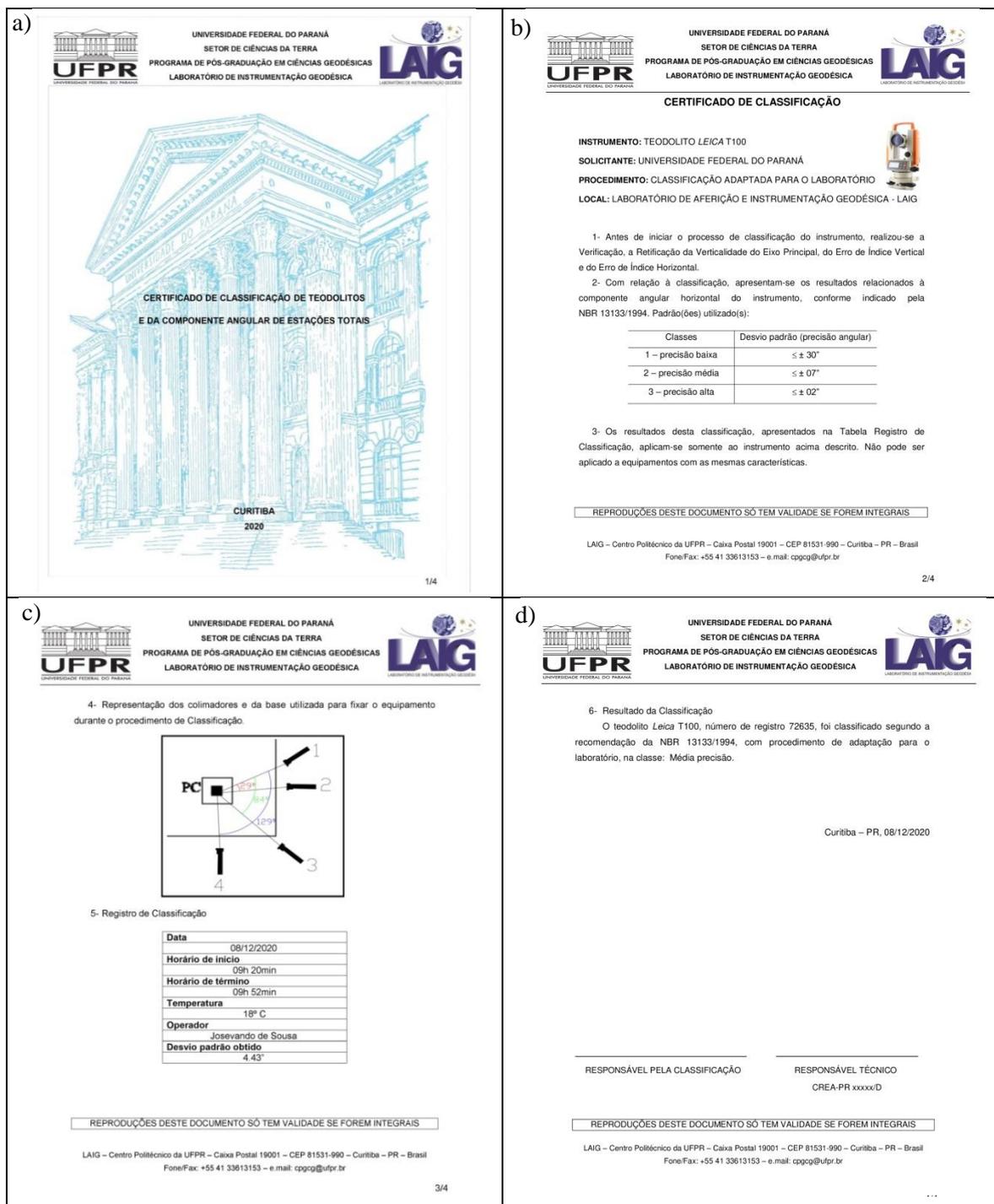
<b>Resultado da classificação do teodolito T100 em campo</b>	
Data	08/12/2020
Hora de início	14h 20min
Hora do fim	14h 56min
Temperatura	27° C
Nome do operador	Alex Medina
Desvio padrão fabricante	10"
Desvio padrão	3,15"
Classificação segundo a NBR 13133	Média precisão

Fonte: Os autores (2022).

Após o processamento dos dados, foi gerado um certificado de classificação da componente angular horizontal, automaticamente através de programação MATLAB®, a Figura 16 apresenta este certificado. As

informações iniciais e foto do instrumento, bem como cabeçalho, são inseridas no momento da execução do código MATLAB® e o certificado de classificação no Word gerado por esta programação, é preenchido automaticamente com estes dados de entrada.

Figura 16 – Certificado de classificação dos equipamentos: a) Capa b) Segunda folha c) Terceira folha e d) Quarta folha.



Fonte: Os autores (2022).

O certificado gerado no Word, conforme ilustra a Figura 16, contém quatro páginas. A primeira, é um cabeçalho e capa padrão do modelo. A segunda consiste em informações sobre qual o modelo e marca do instrumento utilizado, bem como o procedimento utilizado, o local e o solicitante do serviço, além dos padrões aos quais os instrumentos topográficos estão vinculados pelas Normas brasileiras. Na terceira página consta a planta do experimento, bem como os resultados da classificação, como data, horário, temperatura, operador e desvio padrão obtido com o instrumento. Na última página é possível visualizar o resultado final da classificação, além de espaços para os responsáveis técnicos e pela classificação assinarem constatando o

procedimento.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando os resultados obtidos com a metodologia proposta pela NBR 13133/1994 para a classificação em campo adaptada para o laboratório, pode-se afirmar que foi objetivo atingido com êxito, como visto nos testes realizados com vários instrumentos em ambiente laboratorial e a comparação do resultado em campo com o teodolito T100. Vale salientar que, como o instrumento fica um menor tempo exposto as variações das condições ambientais, as chances de erros influenciarem a classificação, também diminuem.

Considerando o desenvolvimento do código em linguagem MATLAB<sup>®</sup>, utilizado para automação dos cálculos e elaboração de um certificado de classificação angular do instrumento, o propósito teve êxito, uma vez que a rotina de programação possibilita isto. O código, permite que qualquer usuário, com os dados coletados dos instrumentos, conforme recomenda a NBR 13133/1994 e usando a rotina desenvolvida, obtenha um certificado classificando o instrumento. O link para *download* do código está disponível em: SILVA (2022).

E por fim, este trabalho demonstra que é possível ampliar a infraestrutura dos laboratórios, em nosso País, para a classificação de instrumentos, restabelecendo a especificação da precisão nominal de teodolitos e da componente angular de estações totais, utilizando a NBR 13133/1994, adaptada para laboratório.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas pela viabilidade de realizar esta pesquisa e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fomento recebido através do processo N° 88882.382276/2019-01.

### Contribuição dos Autores

O autor Josevando de Sousa Silva delinear o estudo, incluindo a conceptualização, investigação, metodologia, a análise dos dados e a redação. O autor Pedro Luis Faggion contribuiu na supervisão do estudo, análise formal e redação. O autor Alex Soria Medina contribuiu na supervisão do estudo, curadoria dos dados e redação.

### Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13133: **Execução de levantamento Topográfico: procedimentos**. Rio de Janeiro, 1994.
- BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. Editora Edgar Blucher Ltda., São Paulo, 1994, 232 p.
- FAGGION, P. L. **Obtenção dos elementos de calibração e certificação de medidores eletrônicos de distância em campo e laboratório**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra. Curitiba, 2001.
- FONTES, L. C. A. de A. **A Evolução Histórica e Tecnológica do Instrumental Topográfico**. 2005. Topografia UFBA. Disponível em: <<http://www.topografia.ufba.br/evolucao%20tecnologiatop.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2020.
- GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da

UFPR, 1994. 319p.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Elementary Surveying**, Nova Jersey: Prentice Hall, 2014.

INMETRO. Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012. 94 p. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf)>. Acesso em 10 ago. 2020.

LEICA TCRA 1205. **Manual do Usuário**. Heerbrunn, Suíça, 2004.

LIMA, A.P.B; SILVA, L.R. **Calibração de estações totais a luz das normas nacionais e internacionais**. In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva. 2017. Disponível em: [http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/2/fullpaper/CT02-26\\_1506725582.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/2/fullpaper/CT02-26_1506725582.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2020.

MEDEIROS, L. I. B. et al. **Classificação da componente angular de estações totais utilizando teodolito como colimador**. In: 14º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA E AGRIMENSURA (CONEA 2020) - Online, 2020. Disponível em: <<https://www.doity.com.br/anais/14-conea/trabalho/172608>>. Acesso em: 07 ago. 2021.

MEDINA, A. S. Classificação de teodolitos e estações totais na UFPR. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 78, jun. 1999. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/bcg/article/view/1514>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

MILDEX. **Collimators**. 2006. Disponível em: <<http://www.mildex.com/index.html>>. Acesso em 13 dez. 2020.

NETTO, N. P.; BLITZKOW, D.; NERO, M. A.; FONSECA, E. S.; CINTRA, J. P.; ARAUJO, S. C. Methodology for different geodetic network integration for cartographic update: Case study in electrical energy company. **Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)**. v. 1. p. 48 - 56. 2003. DOI.: 10.1109/TLA.2003.1468619.

PACILÉO NETTO, N. **Calibração de medidores eletrônicos de distância, construção de uma base multipilar na USP e metodologia de aferição**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica de São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

PACILÉO NETTO, N. ERWES, H. MOREIRA, D. **Verificação, classificação/testes e calibração de instrumentos geodésicos e topográficos**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP/Departamento de Transportes, BT/PTR/16 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP, 2001.

PACILÉO NETTO, N. **Campo de provas para instrumentos de medição e posicionamento**. 1997. Tese (Livre Docência) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RAMOS, O. **Manual de Topografia Básica**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1973.

SOKOL, Š; BAJTALA, M; JEŽKO, J. Verification of Selected Precision Parameters of the Trimble S8 DR Plus Robotic Total Station. In: INGENEO 2014 – 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING SURVEYING, Prague, Czech republic, April 3-4, 2014.

SOUTH GEOSYSTEMS. **Collimators**. 2020. Disponível em: <[https://www.southgeosystems.com/contents/en-us/d14\\_Optical\\_Collimator.html](https://www.southgeosystems.com/contents/en-us/d14_Optical_Collimator.html)>. Acesso em: 30 dez. 2020.

SOUZA, I. A. M. **A calibração de instrumentos de medições topográficas e geodésicas: a busca pela acreditação laboratorial**. 2010. Dissertação (Mestrado em Infra-Estrutura de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. DOI:10.11606/D.18.2010.tde-14102010-161333. Acesso em: 01 jun. 2020.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia – Teoria e prática de Geomática**. 2015. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2015. 408p.

SILVA, M. M. S. **Metodologia para a criação de um laboratório para a classificação das componentes angulares horizontal e vertical, de teodolitos e estações totais**. 139 f. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curitiba –PR., 2008.

- SILVA, J. S. **Script para classificação de instrumentos topográficos**, 2022. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1EoTGQCL1T0j8fSgqeci3BgSSZETuerG-/edit?usp=sharing&oid=108880557399288468331&rtpof=true&sd=true>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- VAZ, J. A.; CINTRA, J. P.; ALMEIDA FILHO, F. G. V. DE. A Evolução do Ensino de Topografia e Áreas Afins na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, p. 1051-1068. DOI: 10.14393/rbcv72nespecial50anos-56477

### Biografia do autor principal



Josevando de Sousa Silva, natural de Coroatá – MA, nascido no ano de 1993. Engenheiro cartógrafo e agrimensor formado pela Universidade Federal Rural da Amazônia em Belém - PA e mestre em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná em Curitiba – PR. Foi bolsista de geoprocessamento no NAEA (UFPA), monitor de sensoriamento remoto e SIG (UFRA), cientista pesquisador na área de topografia e geodésia (CAPES), residente técnico no IAT Paraná e atualmente atua na área de geomática/geoprocessamento no setor privado em Curitiba – PR e também como professor conteudista/particular no grupo PROMINAS/DOT e professor convidado/voluntário da Universidade Federal Rural da Amazônia.



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.