



## **Experimento 1 – Relatório**

versão 2s2018

### **INSTRUÇÕES**

---




Uma versão impressa deste relatório deve ser entregue ao seu professor na data programada. Não serão aceitos relatórios entregues com atraso.

Nas questões discursivas, a sua nota não será baseada em você ter fornecido a “resposta correta” às questões, mas sim no empenho em respondê-las adequadamente. Ou seja, se a sua resposta à questão é coerente e se você justificou adequadamente a sua resposta.

Explicite todas as contas referentes às questões numéricas no Anexo I.

Inclua todas as páginas deste roteiro no seu relatório, incluindo esta.

## Rubrica de Avaliação – Experimento 1

		Pontos
Empenho ao responder as questões discursivas.	Excelente 5,0      Razoável      Inadequada 0,0 	
Questões numéricas estão corretas (incluindo unidades)?	Sim 3,0      Alguns erros      Não 0,0 	
Resultados numéricos estão adequadamente desenvolvidos no anexo?	Sim 2,0      Mais ou menos      Não 0,0 	
<b>TOTAL</b>		

## Declaração de Honestidade Acadêmica

Os autores deste relatório declaram conhecer o regulamento da UNICAMP (definido no Regimento Geral da UNICAMP, Título X, artigo 227, parágrafo VII) e da disciplina no que tange o recurso a meios fraudulentos com o propósito de lograr aprovação na disciplina. Em F129, a desonestidade acadêmica é considerada fraude. A desonestidade acadêmica inclui, dentre outros, a cola em provas e exame final, o plágio em relatórios, a falsificação e a fabricação de dados experimentais.

*Obs.: Cada membro do grupo deve assinar os campos abaixo atestando ciência dos termos da declaração de honestidade acadêmica*

Nome: Pedro Henrique Rodrigues de Araújo RA: 223382

Nome: Pedro Sader Azevedo RA: 243245

Nome: Guilherme Tezoli Bakaukas RA: 217332

Nome: Leonardo Almeida Reis RA: 239104

*Pedro Araújo*

*Pedro S.A.*

*Guilherme Tezoli*

*Leonardo Reis*

## PARTE 1: ENTENDENDO A INCERTEZA DE LEITURA DE INSTRUMENTOS ANALÓGICOS E DIGITAIS

### Atividade 1-1: Fazendo medições com um instrumento analógico

**Questão 1-1:** Quais foram os valores encontrados? Após todos terem realizado a sua medição, anote os valores abaixo.

Aluno 1 – Comprimento da caneta: 16,8 cm

Aluno 2 – Comprimento da caneta: 16,8 cm

Aluno 3 – Comprimento da caneta: 16,7 cm

Aluno 4 – Comprimento da caneta: 16,6 cm

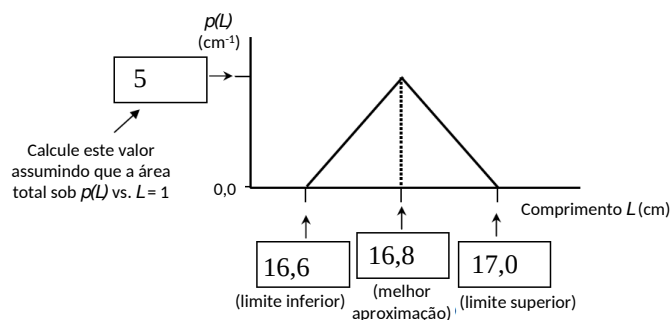
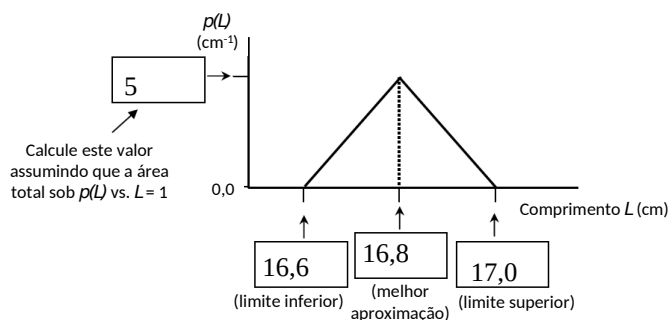
**Questão 1-2:** Todos os valores de comprimento obtidos acima são iguais? Se não são, qual você acha que é a principal razão para eles diferirem entre si?

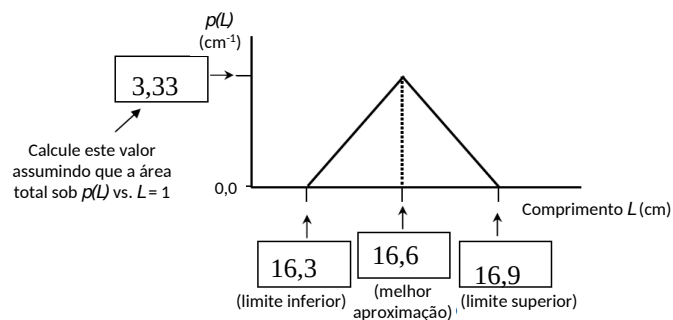
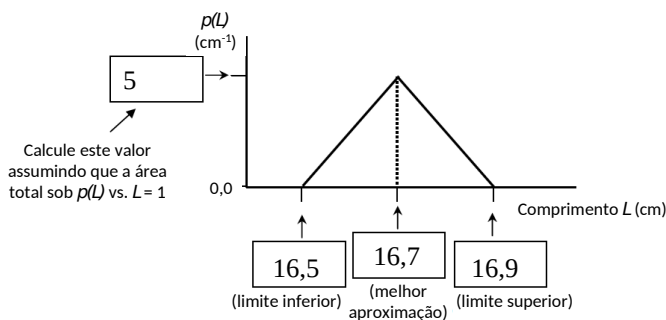
Resposta: Não. Cada aluno fez o próprio julgamento da medida devido à imprecisão do instrumento. Ou seja, como a régua não é milimetrada, tivemos que escolher o valor mais próximo possível da nossa estimativa da medida real.

**Questão 1-3:** Quais são os valores mais próximos da melhor aproximação que definitivamente não são possíveis como resultado da medição? Responda abaixo para os quatros casos anteriores:

Aluno 1	Valor mais baixo: 16,6 cm	Valor mais alto: 17,0 cm
Aluno 2	Valor mais baixo: 16,6 cm	Valor mais alto: 17,0 cm
Aluno 3	Valor mais baixo: 16,5 cm	Valor mais alto: 16,9 cm
Aluno 4	Valor mais baixo: 16,3 cm	Valor mais alto: 16,9 cm

3. Preencha os campos nas figuras abaixo para um dos casos acima.

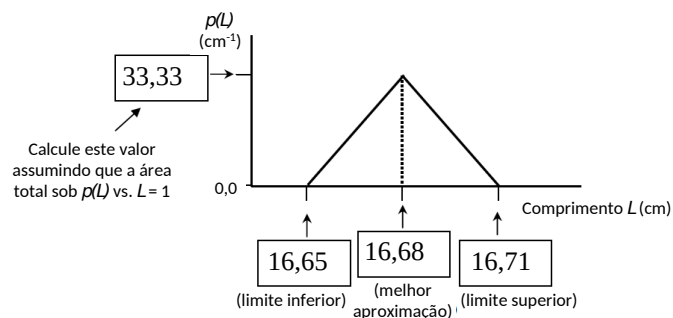
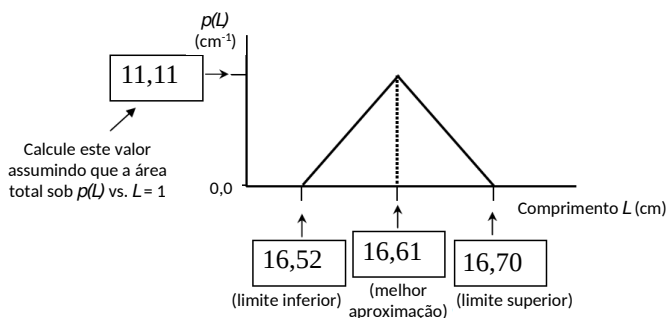
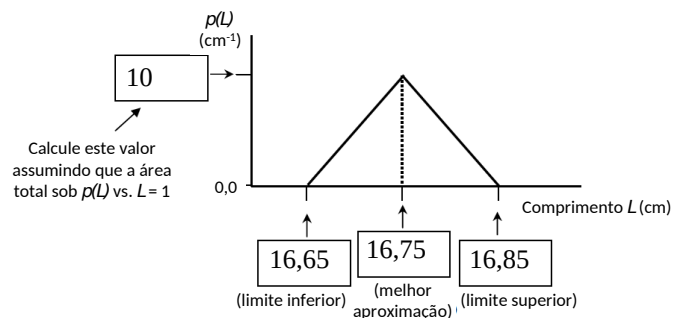
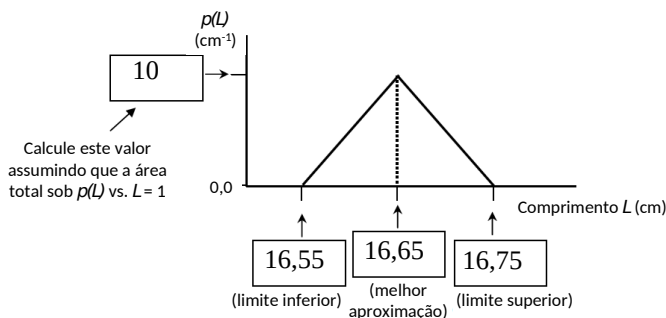




**Questão 1-4:** Quais foram os valores encontrados? Após todos terem realizado a sua medição, anotem os valores abaixo.

Aluno	Comprimento da caneta (cm)	Valor impossível mais baixo (cm)	Valor impossível mais alto (cm)
1	16,65	16,55	16,75
2	16,75	16,65	16,85
3	16,61	16,52	16,70
4	16,68	16,65	16,71

**5.** Preencha os quatro campos na figura abaixo para um dos casos acima.



**Questão 1-5:** Todos os valores de comprimento são iguais?

Resposta: Não.

**Questão 1-6:** Se os valores são diferentes, você acha que ajudaria dividir a escala em outras 10 partes (escala de centenas de microns)? Se os valores são os

mesmos, o que você acha que aconteceria se usássemos uma régua com escala de centenas de microns?

Resposta: O olho humano não conseguiria captar a divisão em microns, o que dificultaria a medição. Evidência disso é que nossos resultados apresentaram divergência na casa dos milímetros, mesmo quando realizamos medidas com a régua milimetrada. Isso indica que o limite de precisão do olho humano é provavelmente da ordem de grandeza dos milímetros.

**Questão 1-7:** Quantas destas subdivisões adicionais (em relação à régua milimetrada) você acha que são possíveis na prática? Justifique a sua resposta.

Resposta: Na prática, mais nenhuma divisão em relação à régua milimetrada seria possível. Primeiramente, pois fazer dez marcações em apenas um milímetro seria dificultado pela própria espessura das marcações. Além disso, o olho humano seria incapaz de perceber nitidamente as marcações adicionais, tornando-as inúteis para o aumento de precisão do instrumento.

**Questão 1-8:** Você acha que conseguiria eventualmente medir o comprimento “verdadeiro” da caneta desta maneira (aumentando cada vez mais o número de subdivisões)? Justifique a sua resposta.

Resposta: Não. Mesmo que fosse possível criar sucessivas subdivisões no aparelho de medição, sempre haveria dúvida em relação à próxima casa decimal. Além disso, a limitação de precisão do olho humano pôde ser empiricamente averiguada como da ordem dos milímetros.

**Questão 1-9:** Como que os intervalos de valores das figuras nos itens (3) e (5) se comparam? Qual dos dois casos fornece um melhor conhecimento a respeito do valor do mensurando e por que?

Resposta: Os intervalos de valores nas figuras do item (3), em média 0,45,cm foram maiores do que os intervalos de valores no item (5), em média 0,16cm. Por isso, é possível inferir que o instrumento utilizado no item (5) tem maior precisão de medição que o instrumento utilizado no item (3).

## **Atividade 1-2: Fazendo medições com um instrumento digital**

**Questão 1-10:** Se o valor verdadeiro da massa do objeto fosse o indicado na coluna à esquerda da tabela abaixo, o que a balança indicaria? Note que a balança terá que fazer um arredondamento, pois pode mostrar apenas uma casa decimal. Preencha a tabela abaixo para os vários casos.

Massa verdadeira do objeto (g)	Leitura da balança (g)
83,36	83,4
83,34	83,3
83,44	83,4
83,46	83,5

**Questão 1-11:** Qual o valor que você registraria como sendo a leitura da balança? Você precisou fazer algum julgamento (“chute”) para chegar a este valor, tal como no caso da régua da atividade anterior?

Resposta: 83,4. Não houve chute, pois o instrumento digital mostra na tela a sua leitura. Mesmo assim, o resultado exibido não é infinitamente preciso, pois tem um arredondamento padronizado das casas decimais que não são mostradas.

**Questão 1-12:** Baseado apenas na leitura da balança digital do item (1), qual seria o menor dos seguintes intervalos dentro do qual é mais provável que a massa do objeto se encontre: 83,395 g – 83,404 g; 83,35 g – 83,44 g; 83,3 g – 83,5; 83 g – 84 g? *Dica: Reveja a sua resposta à Questão 1-10 acima.*

Resposta: 83,35 g-83,44 g

**Questão 1-13:** Você consegue prever com certeza qual será o último dígito mostrado no painel da balança?

Resposta: Não.

**Questão 1-14:** Você consegue dizer qual é a probabilidade do último dígito ser um 6, por exemplo? Esta probabilidade é igual ou diferente para qualquer outro valor para o último dígito?

Resposta: 10%. A probabilidade é a mesma para qualquer outro dígito.

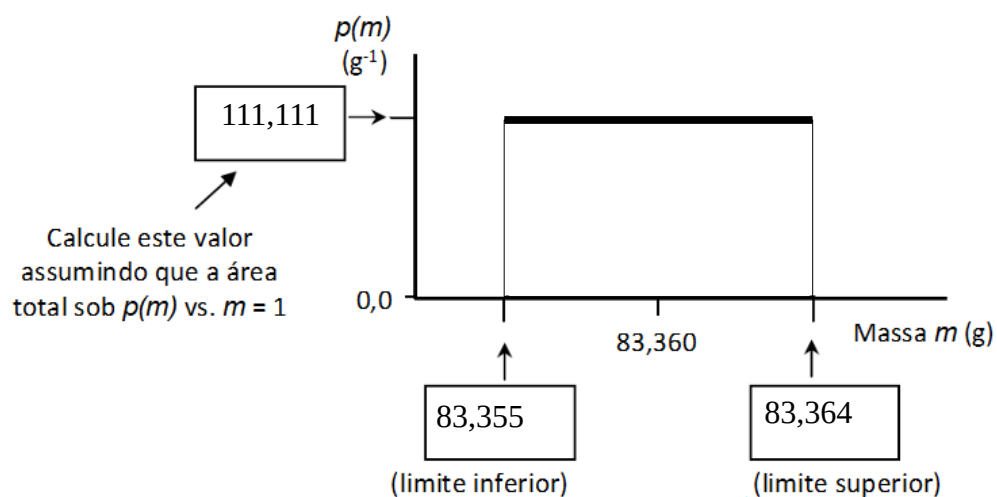
**Questão 1-15:** Qual o valor que você registraria como sendo a leitura da balança? Você precisou fazer algum julgamento (“chute”) para chegar a este valor?

Resposta: 83,36. Novamente não houve chute, pois a balança é digital.

**Questão 1-16:** Baseado apenas na leitura da balança digital, qual seria o menor dos seguintes intervalos dentro do qual é mais provável que a massa do objeto se encontre: 83,3595 g – 83,3604 g; 83,355 g – 83,364 g; 83,35 g – 83,37; 83,3 g – 83,4 g?

Resposta: 83,355 g-83,364 g

**4.** Considerando as suas respostas às questões anteriores (Questões 1-14 e 1-16), esboce na figura abaixo a curva de probabilidade que melhor representa, na sua opinião, a distribuição dos valores de massa do objeto. Preencha os três campos na figura.



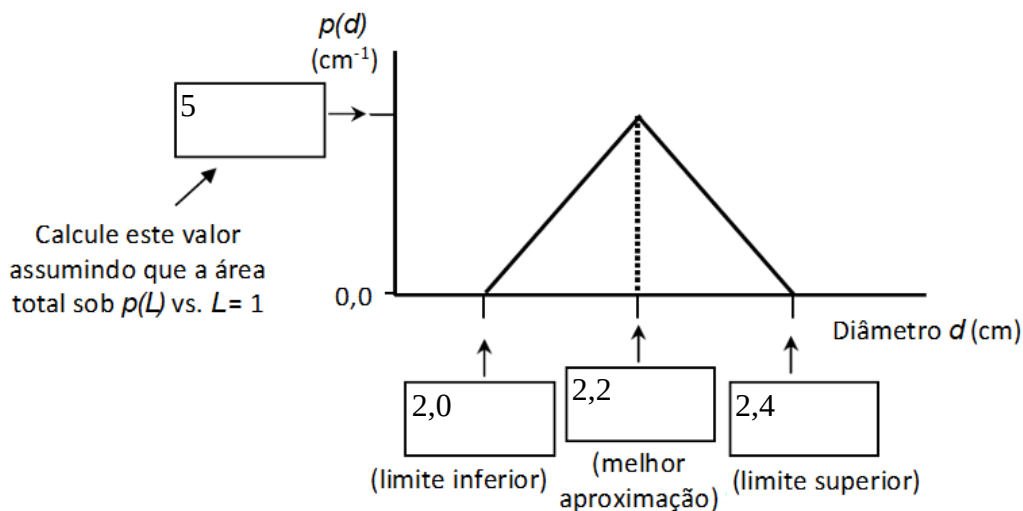
**Questão 1-17:** Seria possível projetar e construir uma balança digital que poderia mostrar uma leitura com um número infinito de casas decimais? Explique a sua resposta.

Resposta: Não seria possível projetar uma balança infinitamente precisa. Como anteriormente discutido na questão 1-8, o aumento da resolução do instrumento de medida implica a diminuição da sua imprecisão, mas nunca a anulação da mesma.

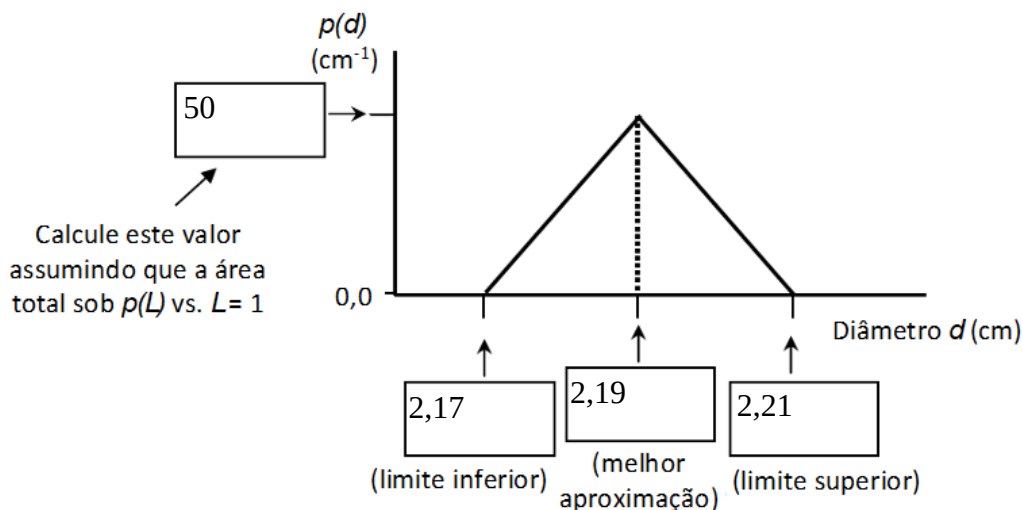
## PARTE 2: PRATICANDO MEDIÇÕES COM UMA ESFERA DE AÇO

### Atividade 2-1: Medindo o diâmetro e a massa da esfera

1. Primeiro, meça o diâmetro da esfera com uma régua. Preencha a figura abaixo.



2. Agora meça o diâmetro da mesma esfera com o paquímetro que lhe foi disponibilizado. Preencha a figura abaixo.

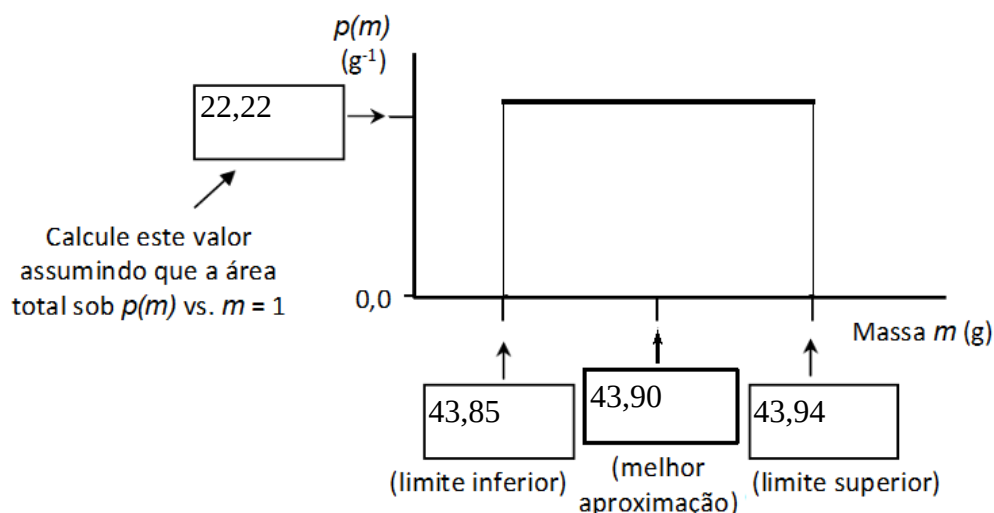


**Questão 2-1:** Como que os intervalos de valores possíveis das figuras nos itens (1) e (2) se comparam? Qual dos dois instrumentos de medição fornece um melhor conhecimento a respeito do valor do mensurando e por que?



Resposta: O intervalo de medições possíveis no item (2), em que utilizamos régua, foi dez vezes maior que o intervalo de medidas possíveis no item (3), em que utilizamos paquímetro. Assim, podemos inferir que o paquímetro é um instrumento de medida muito mais preciso que a régua, quando medindo objetos esféricos. Um dos motivos possíveis é a diminuição da imprecisão por paralaxe, que é afeta à régua mais do que ao paquímetro.

**3.** Meça a massa da esfera com a balança digital disponibilizada e preencha a figura abaixo.



**Questão 2-2:** Qual é a incerteza-padrão associada à leitura da régua em (1)?  $u_{régua} = 0,2/\sqrt{6}$ .

**Questão 2-3:** Qual é a incerteza-padrão associada à leitura do paquímetro em (2)?  $u_{paquímetro} = 0,02/\sqrt{6}$ .

**Questão 2-4:** Qual é a incerteza-padrão associada à leitura da balança digital do item (3)?  $u_{balança} = 0,045/\sqrt{3}$ .

## Atividade 2-2: Medindo a altura da esfera em uma rampa

**Questão 2-5:** Qual é a altura do centro da esfera? Anote o valor abaixo.

Altura do centro da esfera:  $h = 19,7$  cm.

**Questão 2-6:** Qual é a incerteza-padrão associada à leitura da régua?

$u_{régua} = 0,2/\sqrt{6}$ .

**Questão 2-7:** O quanto (em mm) você está (in)certo em relação a localização do centro da esfera?

Resposta: 0,6 mm

**Questão 2-8:** Qual é a incerteza-padrão associada à localização do centro da esfera?  $u_{centro} = 0,3\sqrt{3}$ .

**Questão 2-9:** Qual é a leitura que você faz agora da altura do centro da esfera observada a partir desta nova posição? Anote o valor abaixo.

Altura do centro da esfera:  $h = 20,8$  cm.

**Questão 2-10:** Há alguma diferença entre os dois valores? Comente.

Resposta: Sim. Os valores são muito discrepantes devido à imprecisão introduzida pelo efeito de paralaxe.

**Questão 2-11:** Qual seria uma estimativa mais razoável para a incerteza introduzida por paralaxe na sua medição na situação em que procura-se minimizar o ângulo de observação?

Resposta: 0,8cm

**Questão 2-12:** Qual é a incerteza-padrão associada ao efeito de paralaxe?

$$u_{paralaxe} = 0,4/\sqrt{3}$$

**Questão 2-13:** Qual é o valor da incerteza-padrão combinada da sua medição?

$$U_c = 0,3$$

**8.** Preencha a tabela abaixo, chamada de *planilha de incertezas*, resumindo as três principais componentes de incerteza da sua medição.

Componente de incerteza	Incerteza-padrão (mm)	Função de densidade de probabilidade
Leitura da régua	$0,2/\sqrt{6}$	Triangular
Centro da esfera	$0,3/\sqrt{3}$	Retangular
Efeito de paralaxe	$0,4/\sqrt{3}$	Retangular
Incerteza-padrão combinada: $u_c = 0,3$		

## ANEXO I: Desenvolvimento das contas

---

Explicita aqui todas as contas referentes às questões numéricas. Pode ser preenchido à mão.

Questão 1-3) Área = base x altura / 2 = 1 ➡ altura = 2/base

Gráfico 1

$$\text{altura} = 2/(17,0-16,6) = 5$$

Gráfico 2

$$\text{altura} = 2/(17,0-16,6) = 5$$

Gráfico 3

$$\text{altura} = 2/(16,9-16,5) = 5$$

Gráfico 4

$$\text{altura} = 2/(16,9-16,3) = 3,33$$

Questão 1-4) Área = base x altura / 2 = 1 ➡ altura = 2/base

Gráfico 1

$$\text{altura} = 2/(16,75-16,55) = 10$$

Gráfico 2

$$\text{altura} = 2/(16,85-16,65) = 10$$

Gráfico 3

$$\text{altura} = 2/(16,70-16,52) = 11,11$$

Gráfico 4

$$\text{altura} = 2/(16,71-16,65) = 33,33$$

Questão 1-14)

$$\text{Probabilidade} = \text{casos favoráveis/espaco amostral} = 1/10 = 10/100 = 10\%$$

Questão 1-16) Área= base x altura = 1 ➡ altura = 1/base

$$\text{altura} = 1/(83,364-83,355) = 111,111$$

Questão 2-1) Área = base x altura = 1 ➡ altura=1/base

Gráfico 1

$$\text{altura} = 1/(2,4-2,0) = 5$$

Gráfico 2

$$\text{altura} = 1/(2,21-2,17) = 50$$

Gráfico 3

$$\text{altura} = 1/(43,94-43,85) = 22,22$$

$$\text{Questão 2-2) } u = 0,4 / 2 \sqrt{6} = 0,2 / \sqrt{6}$$

$$\text{Questão 2-3) } u = 0,04 / 2 \sqrt{6} = 0,02 / \sqrt{6}$$

$$\text{Questão 2-4) } u = 0,09 / 2 \sqrt{3} = 0,045 / \sqrt{3}$$

Questão 2-6) idem à questão 2-2

$$\text{Questão 2-8) } 0,6 / 2 \sqrt{3} = 0,3 / \sqrt{3}$$

$$\text{Questão 2-12) } 0,8 / 2 \sqrt{3} = 0,4 / \sqrt{3}$$

Questão 2-13)

$$((0,2 / \sqrt{6})^2 + (0,3 / \sqrt{3})^2 + (0,4 / \sqrt{3})^2)^{(1/2)} = (0,27/3)^{(1/2)} = (0,09)^{(1/2)} = 0,3$$