

# Relatório Final do Ensaio de Proficiência em Condutividade Eletrolítica 8ª Rodada



**PEP-Inmetro**

PROGRAMA DE ENSAIOS DE PROFICIÊNCIA DO INMETRO

Os resultados deste relatório referem-se somente aos itens ensaiados e aos respectivos participantes. Este relatório somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo Inmetro.



# ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM CONDUTIVIDADE ELETROLÍTICA

## 8ª RODADA

Período de realização: 16/04/2024 a 10/10/2024

### RELATÓRIO FINAL Nº 005/2024

#### ORGANIZAÇÃO E COORDENAÇÃO DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro  
Diretoria de Metrologia, Científica e Tecnologia - Dimci  
Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias  
RJ – Brasil – CEP: 25250-020  
E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

#### COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO E COORDENAÇÃO

Adelcio Rena Lemos (Inmetro/Dimci/Lapep)

Diego Soares Siqueira (Inmetro/Dimci/ Lapep)

Fabiano Barbieri Gonzaga (Inmetro/Dimci/Dquim/Label)

José Ricardo Bardellini da Silva (Inmetro/Dimci/Lapep) – Chefe do Lapep

Kleiton da Cruz Cunha (Inmetro/Dimci/Dquim/Label)

Leidiane Rangel da Silveira Kefler (Inmetro/Dimci/Lapep)

Lucas Dias Barros (Inmetro/Dimci/Lapep)

Rodrigo Caciano de Sena (Inmetro/Dimci/Lapep)

#### COMITÊ TÉCNICO

Fabiano Barbieri Gonzaga (Inmetro/Dimci/Dquim/Label)

Kleiton da Cruz Cunha (Inmetro/Dimci/Dquim/Label)

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	3
2. Materiais e Métodos .....	3
2.1. Preparação do Item de Ensaio .....	3
2.2. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio .....	4
2.3. Avaliação de Desempenho .....	4
2.3.1 Índice $z$ .....	5
2.3.2 Índice $z'$ .....	5
2.3.3 Índice $zeta$ .....	6
3. Resultados e Discussão .....	6
3.1. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio .....	6
3.2. Resultados dos Participantes .....	7
3.2.1 Índice $z$ .....	9
3.2.2 Índice $zeta$ .....	10
4. Confidencialidade .....	12
5. Conclusões .....	12
6. Participantes .....	13
7. Referências Bibliográficas .....	15

## **1. Introdução**

Embora seja um parâmetro não específico, a condutividade eletrolítica fornece uma estimativa da concentração total de espécies ionizadas em uma amostra líquida. Sob determinadas condições, a condutividade é uma medida útil e facilmente acessível de pureza de líquidos, como a água, substituindo análises químicas mais complexas e de custo mais elevado. Outras aplicações envolvem áreas importantes como farmácia, alimentos, saúde e ambiental [1]. O chamado método primário de medição de condutividade eletrolítica, estabelecido e aceito mundialmente, é baseado em medições de resistência, a diferentes frequências, utilizando uma célula eletroquímica cilíndrica contendo dois eletrodos de platina, cuja distância entre os eletrodos pode ser alterada de forma bem definida [2,3].

Para promover o aumento da confiabilidade e qualidade dos resultados das medições dos laboratórios, o Inmetro realiza Ensaios de Proficiência (EP). A participação em EP é uma das ferramentas necessárias aos laboratórios de ensaios e calibração para a manutenção da acreditação segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [4]. A obtenção de resultados satisfatórios em ensaios de proficiência é, para o laboratório, uma evidência de sua competência numa determinada medição.

Um EP, portanto, tem por finalidade analisar os resultados de medição de diferentes laboratórios, realizados sob condições similares, e, assim, obter uma avaliação do desempenho dos laboratórios, fornecendo-lhes um mecanismo adequado para avaliar e demonstrar a confiabilidade de suas medições [5]. Os laboratórios, por sua vez, têm a oportunidade de rever seus procedimentos de medição, bem como implantar melhorias nas diferentes atividades em que atuam, caso seja necessário.

Este EP teve como objetivo:

- Avaliar o desempenho de laboratórios para o ensaio proposto;
- Contribuir para o aumento da confiança nos resultados das medições dos laboratórios;
- Contribuir para a melhoria contínua das técnicas de medição de cada laboratório.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Preparação do Item de Ensaio**

O item de ensaio foi produzido por meio da dissolução de aproximadamente 9,6 g de cloreto de potássio em aproximadamente 13,5 kg de água desionizada (com condutividade eletrolítica inicial menor do que 0,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Em seguida foi realizado o borbulhamento de ar e agitação magnética por 48 horas e envase em quarenta frascos de vidro borossilicato com capacidade nominal de 250 mL.

## 2.2. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio

O item de ensaio foi analisado através do método primário de medição de condutividade eletrolítica, com a realização de medições antes do envio do material para os laboratórios participantes (referentes ao estudo de caracterização) e após o envio dos resultados pelos laboratórios (referentes à verificação da estabilidade durante o curso do EP). Todas as medições foram realizadas a 25 °C. Os estudos de homogeneidade e estabilidade de curta e longa duração não foram realizados devido à existência de histórico destes estudos para materiais similares, a partir dos quais foram obtidos os resultados de incerteza. Esta abordagem está de acordo com os requisitos das Normas ABNT ISO 17034 e ISO 13528 [6,7]

Mais informações sobre os estudos de caracterização, homogeneidade e estabilidade podem ser encontradas em relatórios de EP de condutividade eletrolítica realizados anteriormente pelo Inmetro [8].

## 2.3. Avaliação de Desempenho

A avaliação de desempenho foi realizada por meio do índice  $z$  ou  $z'$  para todos os participantes. O índice  $z'$  foi utilizado apenas quando a incerteza-padrão do valor designado não atendeu o critério definido na inequação 1.

$$u_x \leq 0,3 \sigma_{pt} \quad (1)$$

Onde,

$\sigma_{pt}$  é o desvio-padrão para avaliação de desempenho dos laboratórios, que neste EP foi definido como a precisão do método de medição de condutividade eletrolítica informada na Norma ASTM D1125-23 [9]. Neste caso o valor de  $\sigma_{pt}$  foi definido como 4,4% do valor designado.

**Nota 1** – No Protocolo deste EP foi previsto que seria utilizado o desvio-padrão calculado a partir dos resultados dos participantes de rodadas realizadas pelo Inmetro. No entanto, o comitê técnico julgou que seria mais adequado utilizar um desvio-padrão previsto em uma norma de referência ASTM D1125-23 [9].

**Nota 2** – O desvio-padrão dos participantes entre a 1ª e 7ª rodada para medição de condutividade eletrolítica variou de 2,2% a 8,2%, com desvio-padrão médio entre as rodadas de 4,4%.

Como uma forma de ajudar os laboratórios a avaliarem e melhorarem os seus procedimentos da estimativa de incerteza da medição, e em caráter apenas informativo, também será avaliado o índice

zeta ( $\zeta$ ) em conjunto com o índice  $z$  ou  $z'$  para os participantes que reportarem a incerteza de medição e o fator de abrangência (ver item 9.6.3, ISO 13528:2022 [7]).

### 2.3.1 Índice $z$

O índice ( $z$ ) representa uma medida da distância do resultado apresentado por um laboratório específico em relação ao valor designado do ensaio de proficiência  $e$ , portanto, serve para verificar se o resultado da medição de cada participante está em conformidade com o valor designado. O índice  $z$  será calculado conforme a Equação 1.

$$z_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad (1)$$

Onde:

- $x_i$  é o resultado médio das medições do  $i$ -ésimo participante;
- $x_{pt}$  é o valor designado deste EP, que será considerado o valor determinado pelo laboratório de referência (Inmetro/Dimci/Dquim/Label);
- $\sigma_{pt}$  o desvio-padrão para avaliação de desempenho dos laboratórios.

A interpretação do índice  $z$  é apresentada a seguir:

- $|z| \leq 2,0$  - indica desempenho “satisfatório” e não gera sinal;
- $2,0 < |z| < 3,0$  - indica desempenho “questionável” e gera um sinal de alerta;
- $|z| \geq 3,0$  - indica desempenho “insatisfatório” e gera um sinal de ação.

### 2.3.2 Índice $z'$

O índice  $z'$  será calculado conforme a Equação 2.

$$z'_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \quad (2)$$

Onde,

- $x_i$  é a média das medições do  $i$ -ésimo participante;
- $x_{pt}$  é o valor designado deste EP, que será considerado o valor determinado pelo laboratório de referência (Inmetro/Dimci/Dquim/Label);
- $\sigma_{pt}$  é o desvio-padrão para avaliação de desempenho dos laboratórios;
- $u(x_{pt})$  é a incerteza-padrão do valor designado.

A interpretação do valor do  $z'$ -score é similar ao  $z$ -score e está descrita abaixo:

$|z'| \leq 2,0$  - indica desempenho “satisfatório”;

$2,0 < |z'| < 3,0$  - indica desempenho “questionável”;

$|z'| \geq 3,0$  - indica desempenho “insatisfatório”.

### 2.3.3 Índice zeta

O índice *zeta* pode ser útil quando um dos objetivos do EP é avaliar a habilidade do participante de produzir resultados próximos ao valor de referência considerando a incerteza declarada [3]. O índice *zeta* é calculado de acordo com a Equação 3:

$$\zeta_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{u^2(x_i) + u^2(x_{pt})}} \quad (3)$$

Onde,

$x_i$  é a média das medições do  $i$ -ésimo participante;

$x_{pt}$  é o valor designado deste EP;

$u_{x_i}$  é o valor da incerteza-padrão combinada de  $x_i$  obtida pelo  $i$ -ésimo participante.

$u(x_{pt})$  é a incerteza-padrão do valor designado.

A interpretação do valor do índice *zeta* ( $\zeta$ ) para avaliação do desempenho de cada participante é semelhante ao índice  $z$  tradicional e está descrita abaixo:

$|\zeta| \leq 2,0$  indica desempenho “satisfatório”;

$2 < |\zeta| \leq 3,0$  indica desempenho questionável e gera um sinal de alerta;

$|\zeta| > 3,0$  indica desempenho “insatisfatório”.

Os resultados do índice  $z$  ou  $z'$  e *zeta* foram arredondados com duas casas decimais, obedecendo aos critérios de arredondamento.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio

A Tabela 1 apresenta o resultado da caracterização e as incertezas resultantes da caracterização e dos estudos de homogeneidade e estabilidade do item de ensaio deste EP.

Tabela 1 - Resultados dos estudos de certificação para o item de ensaio (a 25 °C).

Estudo	Condutividade Eletrolítica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Incerteza-padrão ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
Caracterização	1352,4	1,1
Homogeneidade	-	0,66
Estabilidade de curta duração	-	0,71
Estabilidade de longa duração	-	0,0093

Fonte: Relatório Técnico RT-0926/2024

A Tabela 2 apresenta o valor designado para o item de ensaio para este EP, proveniente da caracterização, e sua incerteza, que constitui a incerteza-padrão combinada do item de ensaio, obtida por meio das incertezas provenientes da caracterização e dos estudos de homogeneidade e estabilidade [6,10].

Tabela 2 - Valor designado e incerteza para o item de ensaio (a 25 °C).

Condutividade Eletrolítica ( $x_{pt}$ ) ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Incerteza-padrão Combinada ( $u_x$ ) ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
1352,4	1,5

Fonte: Relatório Técnico RT-0926/2024

Como o desvio-padrão para avaliação de desempenho dos laboratórios ( $\sigma_{pt}$ ) foi de  $59,5 \mu\text{S cm}^{-1}$  (4,4% do valor designado), a incerteza-padrão do valor designado atendeu ao critério definido na inequação 1 e neste caso o índice  $z$  foi utilizado para avaliar o desempenho dos participantes do EP.

### 3.2. Resultados dos Participantes

O laboratório de código 086 não apresentou resultados das medições até a data limite estabelecida em protocolo e, portanto, não teve seu desempenho avaliado.

Os resultados médios das medições de condutividade eletrolítica reportados pelos laboratórios participantes desse EP são mostrados na Tabela 3 e são apresentados com o número de algarismos significativos reportados pelos participantes.

Na apresentação da Figura 1, o valor designado do EP é representado por uma linha contínua preta. As linhas azul e vermelha são, respectivamente, representações de  $x_{pt} \pm 2\sigma_{pt}$  e  $x_{pt} \pm 3\sigma_{pt}$ , onde “ $x_{pt}$ ” é o valor designado e “ $\sigma_{pt}$ ” é o desvio-padrão do EP. Para cada participante é apresentado o valor médio das medições e a barra de erro representa o desvio-padrão das medições.

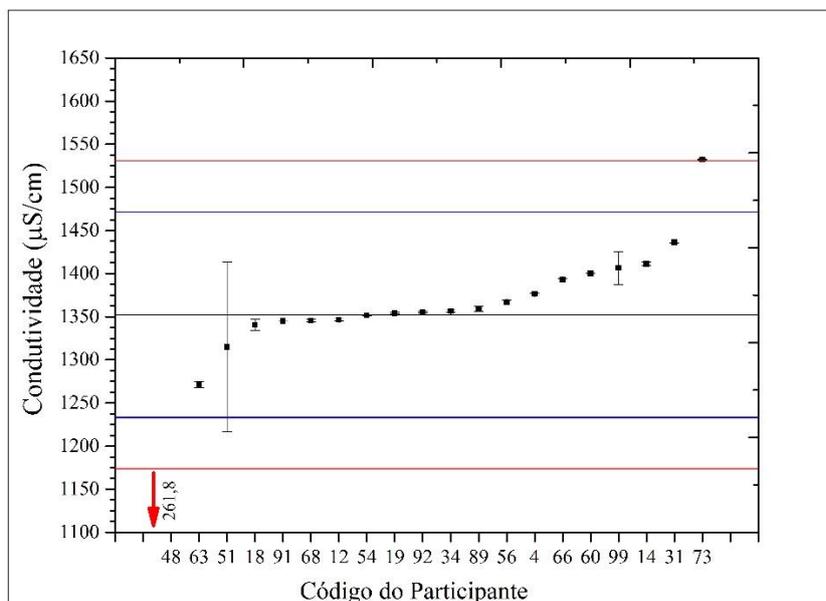
**Os participantes são identificados nas figuras, tabelas e textos deste relatório pelos três últimos caracteres do seu código de identificação.**

Tabela 3 - Resultados das medições de condutividade eletrolítica reportados pelos participantes (em  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ).

Código do Participante	Média	Desvio-padrão	Incerteza Exp. (U)	Fator de Abrangência (k)
004	1376,6	1	7,9	2
012	1346,6	1	8	2
014	1411,3	2	36,693	2
018	1340,8	7	8	2
019	1354,35	1	5,4	2
031	1436,333333	1	---	---
034	1356,666667	1	9	2
048	261,8	3	3	2,04
051	1315	98	160,0000	2,0
054	1351,82	0,3	11,6	2
056	1367	2	---	---
060	1400,366667	0,4	1,6	2
063	1271,4	4	---	---
066	1393	1	---	---
068	1345,666667	2	13	2
073	1532,4	1	18	2
089	1359,25	3	---	---
091	1345,2	0,4	20	2
092	1355,2	1	20	2
099	1407	19	---	---

Fonte: Dimci/Lapep

Figura 1 - Resultados finais das medições reportadas pelos participantes.



Fonte: Dimci/Lapep

### 3.2.1 Índice z

A Tabela 4 e a Figura 2 apresentam os resultados da avaliação dos participantes através do índice z.

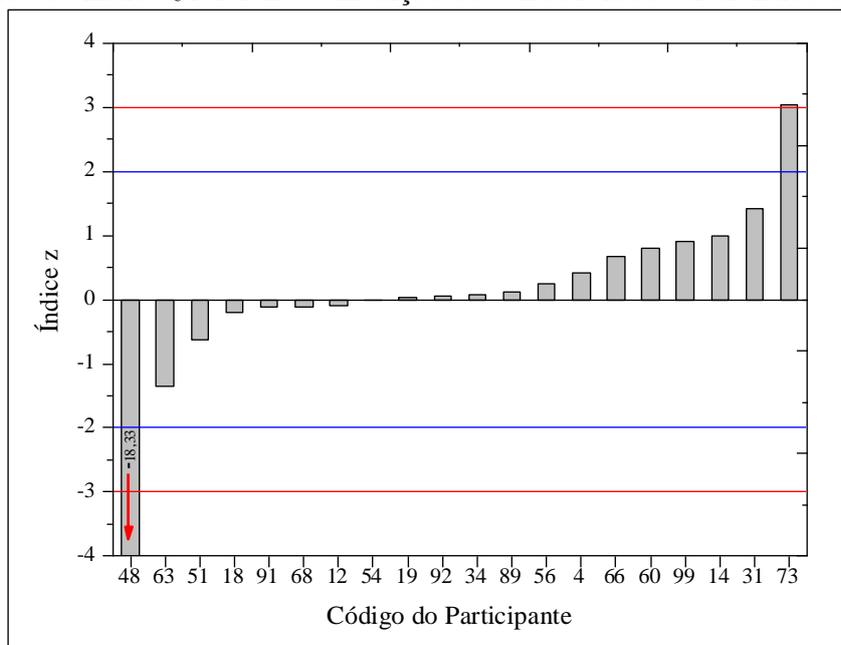
Tabela 4 - Resultados do índice z referente à medição de condutividade eletrolítica do item de ensaio.

Código de identificação	Índice z
004	0,41
012	-0,10
014	0,99
018	-0,19
019	0,03
031	1,41
034	0,07
048	-18,33
051	-0,63
054	-0,010
056	0,25
060	0,81
063	-1,36
066	0,68
068	-0,11
073	3,03
089	0,12
091	-0,12
092	0,05
099	0,92

Fonte: Dimci/Lapep

- \* Resultado satisfatório
- \* Resultado questionável
- \* Resultado insatisfatório

Figura 2 - Gráfico do índice z referente à medição de condutividade eletrolítica do item de ensaio.



Fonte: Dimci/Lapep

Através da análise dos resultados do índice z, pode-se observar que:

- 18 participantes (90 %) apresentaram resultado satisfatório, ou seja,  $|z| \leq 2,0$ ;
- 2 participantes (10 %) apresentaram resultado insatisfatório, ou seja,  $|z| \geq 3$ .

### 3.2.2 Índice zeta

A Tabela 5 e a Figura 3 apresentam os resultados da avaliação dos participantes através do índice zeta. Nelas figuram apenas os códigos dos participantes que reportaram suas respectivas incertezas.

Tabela 5 - Resultados do índice zeta referente à medição de condutividade eletrolítica do item de ensaio.

Código de identificação	Índice zeta
004	5,73
012	-1,36
014	3,20
018	-2,72
019	0,63
034	0,90
048	-519,18
051	-0,47
054	-0,10
060	28,22
063	---
068	-1,01

Código de identificação	Índice zeta
073	19,73
091	-0,71
092	0,28

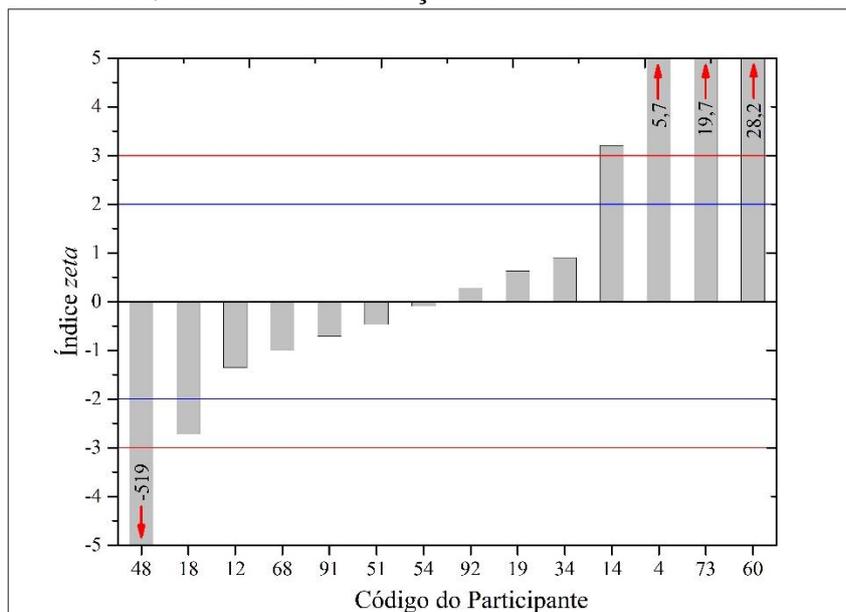
Fonte: Dimci/Lapep

\* Resultado satisfatório

\* Resultado questionável

\* Resultado insatisfatório

Figura 3 - Gráfico do índice zeta referente à medição de condutividade eletrolítica do item de ensaio.



Fonte: Dimci/Lapep

A análise dos resultados do índice zeta, indica que:

- 8 participantes (40 %) apresentaram resultado satisfatório, ou seja,  $|\zeta| \leq 2,0$ ;
- 1 participante (5 %) apresentou resultado questionável, ou seja,  $2,0 < |\zeta| < 3,0$ ;
- 5 participantes (25 %) apresentaram resultado insatisfatório, ou seja,  $|\zeta| \geq 3$ ; e
- 6 participantes (30 %) não declararam incerteza de medição para os resultados enviados.

O laboratório de código 91 reportou incerteza expandida que corresponde a 12% do valor médio da condutividade eletrolítica medida. Esse valor equivale a aproximadamente 2,7 o valor de  $\sigma_{pt}$ . A incerteza expandida reportada pelo participante possivelmente está superestimada devido à repetibilidade intralaboratorial elevada (7,5%), quando comparada com o valor dos demais participantes (0,03% a 1,34%)

O laboratório de código 60 reportou incerteza-padrão inferior ao valor à incerteza-padrão do valor designado, que foi estimada a partir das medições empregando um método primário de medição. Tal fato, possivelmente teve reflexo no cálculo do índice *zeta* deste participante ( $zeta = 28,22$ ).

#### 4. Confidencialidade

Cada participante foi identificado por código individual que é conhecido somente pelo próprio participante e pelos Comitês do Inmetro. O participante recebeu, via e-mail, o seu código de identificação correspondente à sua participação no EP. Este código foi utilizado como identificação do participante no preenchimento do formulário de registro de resultados. Os resultados poderão ser utilizados em trabalhos e publicações pelo Inmetro respeitando-se a confidencialidade de cada participante.

Conforme estabelecido no item 4.10.4 da ABNT ISO/IEC 17043 [10], em circunstâncias excepcionais, uma autoridade reguladora pode requerer os resultados do EP ao provedor.

#### 5. Conclusões

Ao longo dos últimos anos, o Inmetro vem organizando Ensaio de Proficiência para a medição de condutividade eletrolítica. O valor de designado nesta rodada foi estabelecido por meio de um método primário de medição e deste modo, os participantes tiveram a oportunidade de comparar os seus métodos de medição com um método de elevada precisão e exatidão.

O valor designado nesta rodada foi de  $1352,4 \mu\text{S cm}^{-1}$  com desvio-padrão para avaliação de desempenho dos participantes de  $59,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ . A média e o desvio-padrão calculados por meio do Algoritmo A foram de  $1364 \mu\text{S cm}^{-1}$  e  $35 \mu\text{S cm}^{-1}$ , indicando a concordância entre os valores. Além disso, nota-se que o desvio-padrão utilizado para avaliação de desempenho, definido com base na ASTM D1125-23 [9] está próximo ao desvio-padrão calculado a partir dos resultados dos participantes.

Os laboratórios participantes deste EP cujos resultados foram considerados para sua avaliação de desempenho, foram avaliados por meio dos testes estatísticos índice *z* e *zeta*. Para a avaliação por meio do índice *z*, 90 % apresentaram desempenho satisfatório e 10 % apresentaram desempenho insatisfatório. Para a avaliação por meio do índice *zeta*, 40 % apresentaram resultado satisfatório, 5 % apresentaram resultado questionável, 25 % apresentaram resultado insatisfatório e 30 % não declararam incerteza de medição para os resultados enviados.

O Comitê Organizador reforça a importância do relato das incertezas de medição como forma de reduzir os riscos na avaliação da conformidade de um resultado de medição. Além disso, a incerteza de medição pode ser utilizada de forma auxiliar para demonstrar a consistência entre os resultados dos participantes.

Recomenda-se que os participantes que não apresentaram desempenho satisfatório analisem criticamente sua metodologia de medição e/ou revejam o seu cálculo para a estimativa da incerteza de medição. Os principais problemas analíticos comumente observados na medição de condutividade eletrolítica são:

- Falta de uso de banho termostático para o controle e estabilização da temperatura de medição em 25 °C, uma vez que a condutividade eletrolítica é dependente da temperatura;
- Falta de uso de Material de Referência Certificado (MRC) na calibração do sistema de medição, fornecido por um fabricante acreditado para a produção de MRC;
- Utilização de uma célula de medição com constante não adequada para a faixa de condutividade do item de ensaio, bem como utilização de MRC com valor de condutividade eletrolítica muito diferente do valor de condutividade do item de ensaio (ver orientações na norma ASTM D1125-23). É importante observar esse item para que a célula de medição apresente uma resistência elétrica moderada, com resistências, indutâncias e capacitâncias parasíticas que não afetem de forma excessiva as medições, minimizando erros no resultado da medição;
- Cálculo incorreto da estimativa de incerteza de medição, levando a valores de incerteza de medição superestimados (risco de falsa avaliação satisfatória de desempenho pelo índice *zeta*) ou subestimados (risco de falsa avaliação insatisfatória de desempenho pelo índice *zeta*).

Observações adicionais sobre problemas de medição e de registro de informações (formulário de registro de resultados) podem ser encontradas nos relatórios de EP de condutividade eletrolítica realizados anteriormente pelo Inmetro [8].

## **6. Participantes**

Vinte e um laboratórios tiveram sua inscrição confirmada na 8ª Rodada do Ensaio de Proficiência em Condutividade Eletrolítica. Porém, como um laboratório não enviou resultados na data limite prevista, foi excluído deste EP, conforme relatado na seção 3.2, vinte laboratórios tiveram seu desempenho avaliado.

A lista dos laboratórios que tiveram resultados válidos neste EP é apresentada na Tabela 6. É importante ressaltar que a numeração da Tabela é apenas indicativa do número de laboratórios participantes no EP,

não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos laboratórios na apresentação dos resultados.

Tabela 6 - Participantes.

<b>Instituição</b>	
1.	Al Sukkar Biotecnologia Industrial LTDA
2.	Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa – Laboratório Arrudas
3.	COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS - COPASA MG – Laboratório Central
4.	Controllab - Controle de Qualidade para Laboratórios Ltda. - Laboratorio de Calibração
5.	CTM - CENTRO TECNOLÓGICO DE METROLOGIA, COMERCIO DE INSTRUMENTOS E SERVICOS
6.	Elus Serviços de Instrumentação Ltda.
7.	Geo Ambiente Geologia Ambiental e Poços Eireli
8.	INDÚSTRIA E COMERCIO ELETRO ELETRONICA GEHAKA LTDA
9.	Inquima Ltda.
10.	Instituto Estadual do Ambiente – INEA - GERLAB
11.	ITAAL INSTITUTO TÉCNICO DE ANÁLISES DE ALIMENTOS LTDA
12.	ITAIPU – Laboratório de Tecnología do Concreto da ITAIPU
13.	JOSÉ GUILHERME SCHLAPAK – ME – JGS QUALIDADE E METROLOGIA
14.	MEC-Q COMÉRCIO E SERVIÇOS DE METROLOGIA
15.	NOVUS PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA
16.	NSF Brasil - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda.
17.	RSL CIENTIFICA COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS LTDA
18.	SJS SERVIÇOS LTDA

Instituição	
19.	TUV SUD SFDK Laboratório de Análise de Produtos Ltda
20.	VISOMES COMERCIAL METROLÓGICA LTDA EPP

Fonte: Dimci/Lapep

Total de participantes: 20.

## 7. Referências Bibliográficas

- [1] M. Máriássy, K.W. Pratt, P. Spitzer, Major applications of electrochemical techniques at national metrology institutes, *Metrologia* 46 (2009) 199-213.
- [2] S. Seitz, A. Manzin, H.D. Jensen, P.T. Jakobsen, P. Spitzer, Traceability of electrolytic conductivity measurements to the International System of Units in the sub  $\text{mS m}^{-1}$  region and review of models of electrolytic conductivity cells, *Electrochim. Acta* 55 (2010) 6323-6331.
- [3] K.C. Cunha, L.S. Pardellas, F.B. Gonzaga, Stability monitoring of electrolytic conductivity reference materials under repeated use conditions by the primary measurement method, *J. Solution Chem.* 49 (2020) 306-315.
- [4] ABNT NBR ISO/IEC 17025, Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração, ABNT, Rio de Janeiro, 2017.
- [5] M. Thompson, S.L. Ellison, R. Wood, The International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories, *Pure Appl. Chem.* 78 (2006) 145-196.
- [6] ABNT NBR ISO 17034, Requisitos gerais para a competência de produtores de material de referência, 2017.
- [7] ISO 13528, Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison, ISO, Geneva, 2015.
- [8] <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-cientifica/servicos/ensaios-de-proficiencia/condutividade-eletrolitica>
- [9] ASTM D1125-23, Standard test methods for electrical conductivity and resistivity of water, 2023.
- [10] ABNT NBR ISO/IEC 17043, Avaliação de conformidade — Requisitos gerais para ensaios de proficiência, ABNT, Rio de Janeiro, 2011.

