

**LÚCIA DE FÁTIMA LACERDA DA COSTA PEREIRA**

**DETERMINAÇÃO DE CLORETOES EM CONCRETOS DE  
CIMENTOS PORTLAND: INFLUÊNCIA DO TIPO DE  
CIMENTO**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia

São Paulo  
2001



**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**LÚCIA DE FÁTIMA LACERDA DA COSTA PEREIRA**

**DETERMINAÇÃO DE CLORETOES EM CONCRETOS DE  
CIMENTOS PORTLAND: INFLUÊNCIA DO TIPO DE  
CIMENTO**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia

Área de concentração:  
Engenharia da Construção Civil e Urbana  
ORIENTADOR:  
Profa. Dra. Maria Alba Cincotto

São Paulo  
2001

Sysnu: 1189279  
20/08/01

Defesa: 29/05/2001  
69 p. + anexos

Pereira, Lúcia de Fátima Lacerda da Costa

Determinação de cloretos em concretos de  
cimentos Portland: Influência do tipo de cimento  
São Paulo, 2001.

Dissertação (mestrado)- Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo. Departamento de  
Engenharia de Construção Civil.

1.Cloretos 2. Métodos de determinação 3. Influência  
do tipo de cimento

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais, e irmãos pela compreensão, apoio e tranqüilidade, companhia indispensável em todos os momentos.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço àqueles que me ajudaram direta ou indiretamente na confecção deste trabalho, e também àqueles que me estimularam e criaram condições para tal.

À profa. Dra. Maria Alba Cincotto, graças à sua admirável capacidade de orientação, soube ser solidária e amiga nas horas difíceis e cobrar trabalho nos momentos decisivos. Por sua grande competência soube orientar sempre com grande dedicação.

À direção da Escola Politécnica de Pernambuco pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho nas instalações desta unidade e pelo apoio financeiro nos estágios desenvolvidos na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Aos professores do PCC da Poli/Civil pela contínua aprendizagem no desenvolvimento do meu programa de Mestrado, particularmente aos professores Dra. Silvia Selmo e Dr. Vahan Agopyan, membros da minha banca de qualificação, com quem tive a satisfação de aperfeiçoar o meu trabalho.

Aos professores, Enio Figueiredo e Paulo Helene, pelas primeiras idéias na confecção deste trabalho, com os quais tive a grande oportunidade de fazer cursos e assistir palestras e aulas.

Aos colegas do Laboratório do PCC, Dorval Aguiar, por sua extremada paciência, em todas as horas, ao Reginaldo, por sua dedicada colaboração em todas as horas das confecções de corpos-de-prova assim como à Renata e Mário, a todos por sua inestimável colaboração.

À Rose, bibliotecária da ABCP, por sua colaboração em todos os momentos da revisão bibliográfica, mesmo à grande distância. À Fátima, bibliotecária da EPUSP/CIVIL pela sua colaboração sempre que solicitada.

Ao meu estagiário, Rodrigo Malta por sua dedicação no auxílio nos trabalhos de laboratório. A Paulo Correa, meu colega da Escola Politécnica de Pernambuco, por sua ajuda na colaboração das minhas aulas durante meus ensaios de laboratório.

À Associação Brasileira de Cimentos Portland, pela grandiosa colaboração, na doação das amostras de cimentos, utilizadas neste trabalho e pelos ensaios realizados.

Ao químico Valdecir Quarcioni, pela sua dedicação e colaboração nos estágios de laboratório, pela oportunidade de conhecer e utilizar o laboratório de Química dos Materiais, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A .

Ao meu ex-aluno e grande amigo Marcelo Henrique Farias de Medeiros, pela grande dedicação nas correções do texto final desta dissertação.

## ERRATA

- Na página 5 no último parágrafo onde se lê NBR 12653, 1992 leia-se (ABNT, 1992).
- Na página 8 na tabela 4 onde se lê  $C_3S$  leia-se  $\alpha C_3S$  e onde se lê  $C_2S$  leia-se  $\beta C_2S$ .
- No final da página 9 acrescentar: o parágrafo: o cimento Portland apresenta valores reduzidos de cloreto, não mais do que 0,01%, em massa. Não há limite especificado na norma nacional. A norma BS 12 (BSI, 1991) limita o teor de cloretos a no máximo 0,1%.
- Na página 12 retirar o segundo parágrafo do item 2.1.4: a maior parte das adições ativas ..... da interface matriz / agregado.
- Na página 12 acrescentar antes do primeiro parágrafo do item 2.1.5: os aços carbono, têm em geral um teor igual ou inferior a 0,5% de carbono, e são os mais empregados nas estruturas de concreto armado.
- Na página 15 acrescentar as tabelas:  
  
A estrutura da pasta de cimento é de natureza capilar, formada por poros e produtos de hidratação sintetizados nas Tabelas 5 e 6, antes do parágrafo: A permeabilidade do concreto é determinada .....hidratação.

**Tabela 5 – Dimensão e distribuição dos vazios da pasta endurecida  
(MEHTA; MONTEIRO, 1994)**

Tipo de vazio	Faixa de variação
Espaçamento interlamelar do C-S-H	$(0,001 - 0,01) \mu\text{m}$
Vazios capilares	$(0,01 - 1) \mu\text{m}$
Ar incorporado	$100 \mu\text{m} - 1\text{mm}$
Ar aprisionado	$1 \text{mm} - 10 \text{mm}$

Tabela 6 – Resumo dos principais compostos hidratados do cimento Portland

Composto	Fórmula	Representação
Portlandita Hidróxido de cálcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	CH
Silicato de cálcio Gel hidratado	$\text{xCaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{yH}_2\text{O}$	C-S-H
Aluminato tricálcico hexahidratado	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$	$\text{C}_3\text{AH}_6$
Etringita Trissulfoaluminato de cálcio hidratado	$\text{Ca}_6\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ou $[\text{Ca}_6\text{(AlOH)}_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}] \cdot (\text{SO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_6\text{ASH}_{32}$ ou $\text{C}_6(\text{A},\text{F})\text{SH}_{32}$
Monossulfoaluminato de cálcio hidratado	$\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_4\text{ASH}_{12}$ ou $\text{C}_4(\text{A},\text{F})\text{SH}_{12}$

- Na página 16 onde se lê no segundo parágrafo a NBR 6118 (ABNT) leia-se a NBR 6118 (ABNT, 2000).
- Na página 20 acrescentar no item 2.4, como primeiro parágrafo: a maior parte das adições ativas melhoram a resistência do concreto à penetração de cloreto externos. Este fato pode ser explicado devido à melhor distribuição das dimensões dos poros e maior densificação da interface matriz agregado.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas.....	ii
Lista de Símbolos.....	iii
Lista de Abreviaturas.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Importância e justificativas do trabalho .....	1
1.2. Objetivos.....	3
2. A AÇÃO DO CLORETO NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	4
2.1. Materiais constituintes do concreto armado .....	4
2.1.1. Cimento.....	4
2.1.2. Agregados .....	10
2.1.3. Água de amassamento.....	11
2.1.4. Aditivos.....	11
2.1.5. Armaduras de aço carbono.....	12
2.2. O fenômeno da corrosão por cloretos .....	13
2.3. Fontes de cloreto nas estruturas de concreto .....	15
2.3.1. Cloretos intrínsecos.....	15
2.3.2. Cloretos do meio externo.....	17
2.4. Estrutura da pasta de cimento .....	20
2.4.1. Tipos de cloreto que podem estar presentes em pastas de cimentos.....	21
2.4.2. Influência do tipo de cimento na fixação do cloreto.....	23
2.5. Teor limite de cloreto total .....	24
3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE CLORETOS EM CONCRETOS.....	28
3.1. Classificação dos métodos.....	28
3.2 Cromatografia de íons .....	29
3.2.1. Ação das resinas de troca iônica.....	30
3.2.2. Premissas teóricas na quantificação do íon cloreto.....	30
3.3. Métodos gravimétricos .....	32
3.4. Titulometria .....	33
3.5 Titulação potenciométrica .....	35
3.6 Titulação potenciométrica com eletrodo íon seletivo .....	36
3.7. Métodos utilizados no Brasil .....	37
4. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	38
4.1 Materiais empregados.....	38
4.2. Produção dos concretos, moldagem e cura dos corpos-de-prova.....	39
4.3 Obtenção das amostras de análise .....	40
4.4 Método de análise de teor de cloreto adotado .....	41
4.4.1. Cloreto solúvel em água - Método ASTM C 1218 modificado (ASTM, 1992).....	42
4.4.2. Cloreto total solúvel em ácido - Norma ASTM- C114 (ASTM, 1994).....	42
5. RESULTADOS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	44
5.1 Apresentação dos resultados.....	44
5.2 Análise dos resultados.....	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
ANEXO A.....	53
ANEXO B.....	54
ANEXO C.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Relação entre a proporção de barras corroídas e o teor de cloreto total no concreto.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2 – Cortes do corpo-de-prova para ensaio.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 3 – Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPI.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 4 - Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPII.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 5 - Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIII.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 6 - Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIV.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 7 - Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPV.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 8 - Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPI.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 9 - Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPII.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 10 - Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIII.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 11 - Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIV.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 12 - Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPV.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Cimentos Portland nacionais, nomenclatura e siglas básicas.....	5
<b>Tabela 2-</b> Composição do cimento Portland –Exigências químicas.....	6
<b>Tabela 3-</b> Cimentos Portland nacionais – exigências físicas e mecânicas.....	7
<b>Tabela 4-</b> Composição típica dos compostos de vários tipos de cimento Portland disponíveis no Estados Unidos.....	8
<b>Tabela 5-</b> Limites de teor de cloretos em relação a massa de cimento.....	26
<b>Tabela 6-</b> Resultados da análise química dos cimentos fornecidos pela ABCP .....	38
<b>Tabela 7-</b> Características físicas dos cimentos fornecidos pela ABCP.....	39
<b>Tabela 8-</b> Dados sobre os concretos no estado fresco.....	40
<b>Tabela 9-</b> Comparação entre as médias finais de % de cloretos totais e solúveis nos dois laboratórios.....	51
<b>Tabela 10-</b> Exemplo de determinação do ponto de equivalência para a determinação de cloreto .....	61
<b>Tabela 11-</b> Tabela com as médias de percentuais de cloretos totais, determinados por 2 laboratórios, em 4 profundidades, em 5 tipos de cimentos.....	65
<b>Tabela 12-</b> Tabela com as médias de percentuais de cloretos solúveis em água, determinados por 2 laboratórios, em 4 profundidades, em 5 tipos de cimentos .....	66
<b>Tabela 13-</b> Resultados de cloreto solúvel determinados pela EPUSP .....	67
<b>Tabela 14-</b> Resultados de cloreto total determinados pela EPUSP .....	67
<b>Tabela 15-</b> Valores médios comparativos entre dois laboratórios, determinados em cada profundidade do corpo-de-prova, para cloreto total .....	68
<b>Tabela 16-</b> Valores médios comparativos entre dois laboratórios, determinados em cada profundidade do corpo-de-prova, para cloreto solúvel em água.....	69

## LISTA DE SÍMBOLOS

- AFm - monossulfoaluminato de cálcio  
C<sub>3</sub>A – aluminato tricálcico  
CaO - óxido de cálcio total  
CaCl<sub>2</sub> – cloreto de cálcio  
CaCO<sub>3</sub> - carbonato de cálcio  
3CaO<sub>3</sub>.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. CaCl<sub>2</sub>.10 H<sub>2</sub>O - cloroaluminato de cálcio  
C<sub>4</sub>AF- tetracálcio aluminoferrita  
C<sub>4</sub>ASH – monossulfoaluminato de cálcio hidratado  
CaSO<sub>4</sub> - sulfato de cálcio  
Cl - cloreto  
CO<sub>2</sub> – anidrido carbônico  
cp - corpo de prova  
CP - Cimento Portland  
CP I - Cimento Portland comum  
CP II- E - Cimento Portland, com adição de escória  
CP II- F - Cimento Portland composto, com adição de filer calcário  
CP III - Cimento Portland de alto forno  
 $\alpha$ C<sub>3</sub>S - alita  
 $\beta$ C<sub>2</sub>S - belita  
D<sub>efcl</sub> – coeficiente de difusão de cloretos  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - óxido férrico  
G – condutância  
HNO<sub>3</sub> – ácido nítrico concentrado  
K<sup>-</sup> - íon potássio  
KCl - cloreto de potássio  
M - molar  
MgO - óxido de magnésio  
Mg/L - miligrama por litro  
mM - milimolar  
mPa - mega Pascal  
NaCl - cloreto de sódio

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  - carbonato de sódio  
 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – sulfato de sódio  
ppm - parte por milhão  
pH – potencial Hidrogenionico  
R - resistência  
 $\text{R}_2\text{O}_3$  – sexquióxidos  
RI – resíduo insolúvel  
 $\text{S}^{2-}$  - sulfeto  
 $\text{SiO}^2$  – óxido de silício  
 $\text{SO}_4^{2-}$  - sulfato  
 $\rho$  - resistividade por volume cúbico  
 $\Lambda$  - condutância equivalente  
k- condutância específica  
 $\lambda$  - condutância iônica equivalente limite

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland  
ACI - American Concrete Institute  
ASTM – American Standard Testing of Materials  
BS - British Standard  
IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
NBR – Norma Brasileira

## Resumo

A pesquisa aborda os métodos ASTM C 1152 e ASTM C 114, para determinação de cloretos em concreto. Os ensaios foram realizados em dois laboratórios, o da Escola Politécnica da USP, em São Paulo e o da Universidade de Pernambuco, em Recife. Foram preparados concretos com 5 tipos de cimento Portland.

O estudo teve como objetivo fazer um levantamento de trabalhos publicados sobre métodos de determinação de cloretos total e solúvel, em concretos, especificamente, discutir a influência do tipo de cimento no teor de cloreto combinado e livre, em amostras de concreto. Foi também objetivo, determinar como se distribui o íon cloreto, solúvel e combinado ao longo da altura de corpos-de-prova de 10x20 cm de diâmetro e apresentar sugestões ao método proposto visando a sua normalização. Paralelamente foram realizados análises químicas e físicas dos cimentos, pela ABCP.

O método proposto apresentou boa reproduzibilidade entre os dois laboratórios, através dos cálculos estatísticos, confirmando sua atualidade e, adequação para outros laboratórios. É importante no entanto dizer que este método é demorado, exige dedicação, equipamentos sensíveis e a resposta é lenta. Os cálculos encontram-se informatizados através de planilha interativa de cálculos, facilitando a sua aplicação. A metodologia pareceu adequada para elaboração de norma técnica nacional.

## **Determination of chlorides in concrete of Portland cement: influence of cement composition**

The aim of this research was the application of ASTM method for determination of chlorides in concrete. The tests was made by two laboratories, the EPUSP in São Paulo and POLI in Recife, on concretes prepared with five types of Portland cement.

The purpose of this study was to make a survey of published works about the methods of determination of total and soluble chlorides in Portland cement concrete, to discuss the influence of each kind of cement on chlorides, combined and free, in samples of concrete. The purpose was too, to determine how the free and linked chlorides are distributed through the height of the specimens of 10x20 diameter and to present suggestions to the standardization of this method.

The method presented good results among the two laboratories, the statistical tests demonstrating the method's actuality and, adequate to another laboratories. It is important to say that this method is slow, needs dedication and specific facilities. The mix-proportion calculations from chemical analysis were made with a spreadsheet software. The methodology seemed to be adequated for the elaboration of a National Standard.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Importância e justificativas do trabalho

Sabe-se que nenhum material estrutural é eternamente durável devido à sua interação com o meio ambiente. No caso das estruturas de concreto armado, há uma preocupação constante com a sua deterioração e sua durabilidade. No Recife, o problema devido à corrosão por cloreto é grave e o mesmo se estende às demais cidades litorâneas. É importante ressaltar que o cloreto tem participação no processo de corrosão em obras marítimas e em concretos com materiais reciclados ou com aditivos que contêm cloreto. Podem também apresentar influência, os agregados e o tipo de cimento. Por conseguinte, é de interesse e oportuno o estudo de determinação de cloreto em concretos de cimentos Portland, bem como determinar a influência do tipo de cimento, com análise comparativa dos resultados.

É importante para o setor da construção civil, a contribuição dos resultados da análise química no estudo do desempenho dos materiais em geral e, em particular, na durabilidade do concreto, quanto à resistência à corrosão. Neste tema é de interesse o conhecimento detalhado dos métodos de determinação do teor de cloreto, aplicáveis aos materiais empregados na confecção do concreto e no estudo dos fenômenos patológicos associados à corrosão por este agente agressivo.

No caso das estruturas de concreto os fenômenos que dão origem ao processo de corrosão podem ter a contribuição da carbonatação e do ingresso de cloretos. É importante analisar a forma como estes últimos se concentram e se distribuem na massa do concreto, provenientes de exposição à atmosfera marítima, por adição de agentes aceleradores de pega, por incorporação à massa de cimento durante a mistura e por

agregado contaminado (BERMAN, 1972; CASCUDO, REPETTE, 1995).

Os cloreto podem ser encontrados nos concretos de duas formas: como cloreto livre, solúvel ou dissociável, na forma de íon na água dos poros, ou como cloreto combinado, formando parte das fases hidratadas do cimento. O primeiro trata-se do cloreto realmente agressivo à armadura e, o segundo, geralmente se encontra combinado na forma de cloroaluminato conhecido como sal de Friedel. A soma do cloreto livre e o combinado é denominado cloreto total. Embora o cloreto solúvel em água seja o que pode provocar a corrosão, é conveniente determinar os cloretos totais, pois parte dos combinados podem vir a ficar disponíveis para reações deletérias devido a fenômenos tais como carbonatação ou elevação de temperatura.

GRATH & HOOTON (1997) descrevem que o problema das estruturas de concreto armado alcançarem o fim de sua vida útil tem sido tratado com considerável importância no mundo todo. Segundo o CEB/FIP Model Code (1990), entende-se por vida útil de projeto, o período de tempo no qual a estrutura é capaz de desempenhar as funções para os quais foi projetada, sem que haja a necessidade de intervenções não previstas. Muitas estruturas construídas entre os anos de 1920 a 1950 alcançaram o fim de sua vida útil, necessitando atualmente de reconstrução. Contudo, estruturas de idades mais recentes, estão prematuramente destruídas, bastante atingidas, como por exemplo, as estruturas marinhas, rodovias e garagens, sendo o mecanismo de degradação a corrosão do aço pela penetração de cloreto através da camada de cobrimento do concreto.

Estudos realizados por especialistas estimam que o custo da corrosão, de modo geral, é da ordem de 1,25 a 3,5% do PNB – Produto Nacional Bruto, em países desenvolvidos ou em vias de desenvolvimento (1998). O mais conhecido destes

estudos, de HOAR (1991), estima que o setor da construção é responsável por cerca de 0,6% do PNB. No Brasil, a construção civil representa 14% do PNB. As cifras apresentadas poderiam ser consideradas conservadoras devido à desconsideração, na maioria dos estudos, dos custos indiretos, tais como as quebras, perdas de qualidade de produção e seguro social.

Sendo a presença de cloreto um dos responsáveis pela deterioração de estruturas de concreto de obras marítimas ou de obras nas quais se utilizou, por exemplo um aditivo contendo esse ion, é de interesse ter-se um método normalizado brasileiro, para o estudo de identificação das causas de fenômenos patológicos, com a finalidade de bem orientar o projeto de reparo da estrutura. Embora já exista um texto base de norma brasileira, este trabalho procura contribuir com resultados de aplicação desse método.

## **1.2. Objetivos**

O objetivo geral desta dissertação é fazer um levantamento de trabalhos publicados sobre métodos de determinação de cloretos total e solúvel, em concretos.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- discutir a influência do tipo de cimento no teor de cloreto combinado e livre, em amostras de concreto endurecido;
- determinar como se distribui o íon cloreto, solúvel e combinado, ao longo da altura de corpos-de-prova de 10x20 cm de concreto;
- apresentar sugestões ao procedimento proposto visando a sua futura normalização no Brasil.

## **2. A AÇÃO DO CLORETO NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Neste capítulo serão dadas algumas informações que dizem respeito à ação dos cloretos nas estruturas de concreto, sendo apresentados resumidamente os materiais constituintes do concreto armado: cimento, adições, aditivos, agregados e água de amassamento. Outras informações dizem respeito às fontes dos cloretos presentes no concreto, podendo ambos serem agressivos à armadura: o cloreto intrínseco ao concreto, isto é, proveniente dos materiais constituintes e o extrínseco, isto é, proveniente do meio externo. Serão ainda sintetizadas informações de interesse ao trabalho, sobre a estrutura da pasta de cimento, a forma como o cloreto pode estar presente na pasta de cimento e, finalmente, a influência do tipo de cimento e a discussão sobre teor limite de cloretos.

### **2.1. Materiais constituintes do concreto armado**

#### **2.1.1. Cimento**

Segundo a norma NBR 11172 (ABNT,1989) cimento é um “aglomerante hidráulico constituído em sua maior parte de silicatos e aluminatos”. O cimento Portland é definido como: “aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clínquer Portland, sendo geralmente feita a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio”.

Durante a moagem, são permitidas adições a esta mistura de materiais pozolânicos, escória granulada de alto forno e material carbonático. Em função dessas adições, os cimentos Portland são classificados como indicado na tabela 1: cimentos Portland comum: CPI sem adição e CPI-S com adição; Portland composto com escória CPII-E; Portland composto com pozolana, CPII-Z; Portland composto com filer CPII-F; Portland de alto forno CPIII; Portland Pozolânico CP IV, Portland de alta resistência inicial CPV-ARI, Portland resistente a Sulfatos CP- RS.

De acordo com a especificação da NBR – 5736, o cimento tipo CP III consiste de uma mistura homogênea de clínquer Portland e de escória de alto forno, entre 25% e 70% da massa de cimento. Escória granulada é o produto vítreo ou não cristalino formado quando a escória de alto forno fundida é rapidamente resfriada. O cimento tipo CP IV consiste de uma mistura íntima e homogênea do clínquer Portland e pozolana fina, no qual a quantidade de pozolana está entre 15 e 40%. Pozolana é um material silicoso ou silicoaluminoso que, por si só, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes (NBR 12653, 1992).

Tabela 1 - Cimentos Portland nacionais, nomenclatura e siglas básicas.

<b>DENOMINAÇÃO</b>	<b>SIGLA</b>	<b>NORMA</b>
Portland comum	CPI/CPI-S	NBR5732
Portland composto	CPII-Z/CPII-E/CPII-F	NBR1157
Portland de alto forno	CPIII	NBR5735
Portland Pozolânico	CPIV	NBR5736
Portland de alta Resistência Inicial	CPV-ARI	NBR5733
Portland Resistente a Sulfato	CP – RS	NBR5737

As Tabelas 2 e 3 apresentam as exigências químicas, e físicas e mecânicas desses cimentos.

Tabela 2 - Cimentos Portland nacionais – Exigências químicas.

Tipo de cimento Portland	Resíduo insolúvel (%)	Perda ao fogo (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	S (%)
CPI	≤ 1,0	≤ 2,0			≤ 1,0	-
CPI- S	≤ 5,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 3,0	-
CP II- E	≤ 2,5					-
CP II- Z	≤ 16,0	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 5,0	-
CPII F	≤ 2,5					-
CP III	≤ 1,5	≤ 4,5	-	≤ 4,0	≤ 3,	1,0 <sup>(1)</sup>
CPIV <sup>(2)(3)</sup>	<sup>(4)</sup>	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 3,0	-
CP V- ARI	≤ 1,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 3,5 ≤ 4,5 <sup>(5)</sup>	≤ 3,	-

(1) Ensaio facultativo

(2) A atividade pozolânica do cimento, determinada conforme a NBR 5753, deve ser positiva

(3) O teor de material pozolânico, determinada conforme a NBR 5752, deve estar entre 15% e 40%.

(4) O teor de material pozolânico deve ser determinado pelo ensaio de resíduo insolúvel (MB 511).

(5) O teor de SO<sub>3</sub> igual a 3,5% aplica-se quando C<sub>3</sub>A ≤ 8,0 e 4,5% quando C<sub>3</sub>A ≥ 8,0%

Tabela 3 – Cimentos Portland Nacionais – Exigências físicas e mecânicas

Tipo de Cimento Portland	Classe	Finura			Tempo de pegada	Expansibilidade	Resistência à compressão				
		Resíduo na peneira 75 µm (%)	Área Específica (m <sup>2</sup> /kg)	Indício (h)			A quente (mm)	Dias (MPa)	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)
CPI I	25	≤12,0	≥240	1 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>	5 <sup>(1)</sup>	≤5 <sup>(1)</sup>	≥8,0	≥15,0	≥25,0	
CP I-S	32	≤10,0	≥260					≥10,0	≥20,	≥32,0	
	40		≥280					≥15,0	≥25,0	≥40,0	
CPII-E	25	≤12,0	≥240	1 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>	5 <sup>(1)</sup>	≤5 <sup>(1)</sup>	≥8,0	≥15,	≥25,0	
CP II-Z	32	≤10,0	≥260					≥10,0	≥20,0	≥32,0	
CP II-F	40		≥280					≥15,0	≥25,0	≥40,0	
CP III <sup>(2)</sup>	25	≤8,0	-	1 <sup>(1)</sup>	12 <sup>(1)</sup>	5 <sup>(1)</sup>	≤5 <sup>(1)</sup>	≥8,0	≥15,	≥25,0	≥32,0 <sup>(1)</sup>
	32							≥10,0	≥20,	≥32,0	≥40,0 <sup>(1)</sup>
	40							≥12,0	≥23,0	≥40,0	≥48,0 <sup>(1)</sup>
CP IV <sup>(2)</sup>	25	≤8,0	-	1 <sup>(1)</sup>	12 <sup>(1)</sup>	5 <sup>(1)</sup>	≤5 <sup>(1)</sup>	≥8,0	≥15,0	≥25,0	≥32,0 <sup>(1)</sup>
	32							≥10,0	≥20,0	≥32,0	≥40,0 <sup>(1)</sup>
CP V ARI		≤8,0	-	1 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>	5 <sup>(1)</sup>	≤5 <sup>(1)</sup>	≥24,0	≥34,0	-	-

(1) Ensaio facultativo

(2) Outras características podem ser exigidas, como calor de hidratação, Inibição da expansão devida à relação ácido-agregado, resistência à molas agressivas, tempo máximo de início de pegada.

Costuma-se expressar os compostos individuais do clínquer Portland nos seus óxidos, usando-se as seguintes abreviações: CaO-C, SiO<sub>2</sub>-S, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-A, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-F, MgO-M; a composição percentual típica dessas espécies químicas podem variar, caracterizando diferentes tipos de cimento. Exemplificando apresentam-se na Tabela 4 os dados para cimentos americanos, citado em, MEHTA; MONTEIRO (1994).

TABELA 4 – Composição típica dos compostos de vários tipos de cimento Portland disponíveis nos Estados Unidos

Tipo da ASTM C150	Descrição geral	Variação da proporção dos componentes, %			
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
I	Emprego geral	45-55	20-30	8-12	6-10
II	Emprego geral com moderada resistência aos sulfatos e moderado calor de hidratação	40-50	25-35	5-7	6-10
III	Alta-resistência inicial	50-65	15-25	8-14	6-10
IV	Resistente a sulfato	40-50	25-35	0-4	10-20

É prática usual calcular o teor dos compostos do cimento Portland sem adições a partir dos resultados da análise química, expressos em óxidos, usando-se equações desenvolvidas por BOGUE, (MEHTA; MONTEIRO, 1994); as chamadas equações de Bogue estimam a composição potencial ou teórica porcentual dos compostos de cimento Portland, segundo os seus constituintes maiores:  $\alpha$ C<sub>3</sub>S - silicato tricálcico,  $\beta$ C<sub>2</sub>S – silicato dicálcico, C<sub>3</sub>A – aluminato tricálcico e C<sub>4</sub>AF- tetracálcio aluminoferrita. O  $\alpha$ -C<sub>3</sub>S e o  $\beta$ -C<sub>2</sub>S, denominados respectivamente, alita e belita, os dois silicatos hidráulicos encontrados

nos clíqueres de cimento Portland industriais não são compostos puros; contêm elementos substituintes, alumínio, magnésio e ferro.

As seguintes espécies químicas são denominadas constituintes menores dos cimentos Portland: óxido de magnésio (periclásio - MgO), óxido de cálcio livre ou não combinado (CaO), sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), e o sulfato de cálcio adicionado para controlar a pega, na forma anidra (anidrita,  $\text{CaSO}_4$ ) ou dihidratada (gipsita,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ). O magnésio pode estar presente como substituinte do cálcio na estrutura cristalina da calcita no calcário, ou provir da dolomita presente no calcário, como mineral acessório. Cerca de até 2% de uma parte do óxido de magnésio total no clíquer do cimento Portland pode entrar em solução sólida, com os vários compostos descritos anteriormente.

Os ácalis, o sódio e o potássio, são provenientes dos compostos argilosos presentes na mistura de matérias primas ou do carvão; quando não há uma quantidade suficiente de sulfato no sistema, os ácalis são consumidos pelo  $\alpha\text{C}_3\text{A}$  e  $\beta\text{C}_2\text{S}$ , que podem então modificar-se em compostos tipo  $\text{NC}_8\text{A}$  e  $\text{KC}_{23}\text{S}_{12}$ , respectivamente. (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

As adições minerais, cinza volante e outros materiais pozolânicos, escória de alto forno e filer calcário, geralmente participam da composição do cimento quando da sua produção. Não contribuem via de regra, para o teor de cloreto no cimento e, consequentemente, para o teor total no concreto. Mas a escória de alto forno pode ter um valor significativo de cloretos se o seu processamento envolver resfriamento por água do mar.

### 2.1.2. Agregados

As características dos agregados importantes para a tecnologia do concreto incluem, forma e textura superficial das partículas, resistência à compressão, módulo de elasticidade, porosidade e absorção de água, e ausência de minerais deletérios e de matéria orgânica (MEHTA; MONTEIRO, 1994). As características do agregado relacionadas com a porosidade são: a massa específica, absorção de água, resistência, dureza e módulo de elasticidade.

O conhecimento de características dos agregados como composição granulométrica e teor de umidade é uma exigência para a dosagem dos concretos. A porosidade ou a massa específica, a massa unitária, a composição granulométrica, a forma e textura superficial dos agregados determinam as propriedades dos concretos no estado fresco, sendo a porosidade a característica que pode apresentar grande influência sobre a penetração de íons agressivos, porque implica na adsorção de cloreto.

As areias extraídas de praias ou dragadas do mar ou de estuários de rios, bem como as de desertos, contêm sais e devem ser lavadas e beneficiadas. Os minerais deletérios como a mica, pirita, ou outros em estado de alteração, não devem estar presentes, e a matéria orgânica pode estar presente até o limite de 300 ppm.

No que diz respeito ao agregado a norma BS 812, (BSI, 1992) contém diretrizes para o teor máximo aceitável de íon cloreto no agregado, embora se deva considerar a sua contribuição para o teor total no concreto, em função da sua dosagem. São os seguintes os limites de BS 812 (BSI, 1992) de íons cloreto em relação à massa total do agregado: para concreto pretendido: 0,01%; concreto armado com cimento resistente a sulfatos: 0,03%; outros concretos armados: 0,05%.

Com relação à influência do agregado leve, MAAGE, M et al. (2000) tiveram como objetivo estudar um programa de dados para serem aplicados a um modelo de estimativa do período de iniciação da corrosão da armadura, em concretos preparados com três tipos de agregado leve à base de sílica, com massa unitária de 700, 800 e 900 kg/m<sup>3</sup>. Não foi observada influência dos agregados na difusão de cloretos do meio ambiente. Lamentavelmente o autor não apresentou uma comparação com agregados comuns.

#### 2.1.3. Água de amassamento

A água de amassamento não deve conter matéria orgânica indesejável em teores excessivos. Em algumas regiões áridas, ou próximas do mar, a água pode ser salobra, o que indica um alto teor de cloreto, sendo considerada satisfatória se atender à exigência do apêndice da BS 3148 (BSI, 1980), que recomenda os limites de 500 ppm para cloreto e 1000 ppm para sulfato (apud NEVILLE, 1997).

A água potável, por imposição de saúde pública, contém um teor muito baixo de cloro (< 1,4 ppm), que não afeta o concreto.

#### 2.1.4. Aditivos

Aditivos capazes de acelerar ou retardar a hidratação do cimento terão grande influência sobre a velocidade de desenvolvimento de resistência, sendo as resistências iniciais e finais da pasta afetadas.

Os aditivos aceleradores são úteis para modificar as propriedades do concreto de cimento Portland, de forma a: acelerar o início de operações de acabamento, reduzir o tempo requerido para cura e proteção adequadas, acelerar a velocidade de desenvolvimento da resistência inicial de modo a permitir desforma mais rápida e liberar mais cedo a construção para serviços e permitir uma vedação mais eficiente.

O mais conhecido e amplamente empregado acelerador de pega é o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Os seus efeitos em concentrações de 0,5 a 2,0% de cimento, em massa, sobre os tempos de pega e resistência mecânica de concreto são resumidamente (MEHTA; MONTEIRO, 1994):

- reduz o tempo de pega final e inicial,
- diminui a exsudação,
- aumenta significativamente a resistência à compressão nos primeiros 3 dias,
- aumenta o módulo de elasticidade nas primeiras idades,
- causa pequena diminuição da resistência à tração aos 7 dias, de cerca de 10%.
- aumenta o calor de hidratação de quase 30%, em 24 h,
- diminui a resistência ao ataque por sulfato,
- intensifica a reação álcali agregado, e
- aumenta a retração por fluência.

A maior parte das adições ativas melhoram a resistência do concreto à penetração de cloretos externos. Este fato pode ser explicado devido à melhor distribuição das dimensões dos poros e maior densificação da interface matriz/agregado.

#### 2.1.5. Armaduras de aço carbono

A proteção do aço contra a corrosão é garantida pela elevada alcalinidade da camada de cobrimento de concreto, com pH acima de 12,0, dizendo-se que promove uma película de passivação do aço e impede a sua corrosão, mas tal película é rompida em presença do íon cloreto, independente do valor do potencial hidrogenionico do concreto.

O problema do ataque por cloreto às armaduras de aço carbono surge quando o íon cloreto livre no concreto atinge o teor que propicia o início do processo de corrosão

eletroquímica, já amplamente discutido por autores nacionais, a partir de HELENE (1986) e sintetizado no item 2.2. No caso específico das regiões de clima tropical como o Brasil, onde não há a utilização de sais de degelo, a fonte de cloreto particularmente se resume à penetração desse agente por difusão da água do mar em contato com o concreto, ou por impureza dos seus materiais constituintes, nas formas explicadas nos itens 2.1.2 a 2.1.4.

São duas as consequências de corrosão do aço. Em primeiro lugar, os produtos da corrosão ocupam um volume muito maior do que o do aço original, de forma que resulta a fissuração, characteristicamente paralelas às barras das armaduras, com o lascamento ou delaminação do concreto, o que facilitará o ingresso de agentes agressivos em direção ao aço, com um aumento posterior da velocidade de corrosão. Em segundo lugar, o avanço da corrosão no anodo reduz a área da seção transversal do aço, reduzindo, assim, a sua capacidade de suporte de solicitações. Neste caso, a corrosão por cloreto é muito localizada, NEVILLE (1997). Para aços inoxidáveis, ocorre basicamente em pontos bem específicos, das barras sendo chamada, corrosão por pites.

## 2.2. O fenômeno da corrosão por cloretos

Define-se corrosão como a deterioração de um material, seja por ação química ou eletroquímica.

A oxidação é o ataque provocado por uma reação do oxigênio com o metal, formando uma película de óxido. Esse fenômeno ocorre principalmente durante a fabricação de fios e barras de aço, quando o aço sofre uma reação de oxidação com o ar ambiente.

A corrosão por ação eletroquímica ocorre quando é formada uma película de eletrólito sobre a superfície dos fios ou barras de aço. No concreto esta película é causada

pela presença de umidade. Concorre também para a corrosão, além do eletrólito, uma diferença de potencial, oxigênio e agentes agressivos, HELENE (1986).

No caso de existir uma diferença de potencial, quando o aço está em uma solução, parte dos átomos de ferro tende a passar à mesma, transformando-se em cátions ferro, deixando a armadura carregada negativamente, o que pode formar uma pilha ou célula de corrosão eletroquímica.

A corrosão pode ser acelerada também por agentes agressivos contidos na água do poro, como por exemplo os íons sulfeto, cloreto, o dióxido de carbono, nitrito, amônio, etc.

Como já salientado no item 2.1.5, uma das grandes vantagens do concreto armado é que a pasta de cimento Portland ou o concreto se constituem numa proteção à armadura. Essa proteção baseia-se no impedimento da formação de células eletroquímicas através de proteção física e proteção química. No caso da proteção química, quando o ambiente é fortemente alcalino, é formada uma capa ou película protetora de caráter passivo. O hidróxido de cálcio e os álcalis dissolvem-se na água dos poros e capilares do concreto, conferindo-lhe um caráter alcalino. Pelo diagrama de Pourbaix verifica-se a passivação do aço em um pH da ordem de 12,6. Conclui-se que o papel do cobrimento do concreto é proteger a película protetora da armadura contra a penetração de agentes que favorecem a despassivação como o oxigênio, o anidrido carbônico, por exemplo e manter também a sua estabilidade química, HELENE (1986).

A carbonatação de pastas de cimento endurecida, nas quais se encontram íons cloreto fixados, tem também um efeito de liberação desses cloretos, de modo análogo à ação do sulfato, aumentando assim o risco de corrosão. A esse efeito prejudicial de carbonatação se sobrepõe a redução do pH da água dos poros, de modo que pode ocorrer

uma corrosão muito severa. Foi encontrado, em ensaios de laboratório que, mesmo em presença de pequenas quantidades de cloreto, a carbonatação intensifica a velocidade da corrosão induzida pela baixa alcalinidade, NEVILLE (1997).

### **2.3. Fontes de cloreto nas estruturas de concreto**

#### **2.3.1. Cloretos intrínsecos ao concreto**

A permeabilidade do concreto é determinada pela permeabilidade da pasta de cimento, sendo dependente principalmente da natureza, distribuição e quantidade total de poros da pasta. A permeabilidade da pasta de cimento depende da composição do cimento, da relação água/cimento e do seu grau de hidratação.

MANGAT; MOLLOY (1992, apud HELENE 1993), concluíram que a relação água/cimento é o fator determinante e valores de  $a/c \leq 0,45$  são suficientes para proteger a armadura, enquanto o consumo de cimento por  $m^3$ , variando de 330 a 530  $kg/m^3$ , mostrou uma influência insignificante na proteção contra a corrosão. HELENE (1993) cita ainda que a melhor correlação entre o coeficiente de difusão e a relação  $a/c$  parece ser exponencial, ou seja, de mesma natureza clássica encontrada por Duff Abrams, para a resistência à compressão dos concretos usuais.

Resumindo o que foi citado no item 2.1, cada constituinte pode contribuir com um dado teor de cloreto, e então o teor global depende da dosagem do concreto, isto é, volume de agregado, consumo de cimento por  $m^3$  de concreto e porcentagem de aditivo acelerador em relação à massa de cimento.

Existem normas ou recomendações de alguns países sobre valores orientativos quanto à concentração limite, acima da qual o cloreto passa a originar a corrosão.

O BRE (1982) considera um baixo risco de corrosão quando associado a um valor limite de cloreto total por massa de cimento igual a 0,4 %, um risco intermediário entre 0,4 % e 1,0 % e um alto risco quando o limite supera 1 %. O ACI-COMMITTEE 222 (1985) apud FIGUEIREDO (1994) permite uma concentração máxima de cloreto total em relação à massa de cimento, de 0,15 %, e a BS 8110: Part 1, (BSI,1985) estabelece 0,4 % para limite máximo para estruturas de concreto armado e 0,1% para concreto protendido.

A NBR 6118 (ABNT) em projeto de revisão de janeiro de 2000, não fixa limite, citando apenas no capítulo 9.3.2 – “Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura”, no item b: “despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto), ou seja, por penetração do cloreto através de processos de difusão, de impregnação ou de absorção capilar de águas contendo teores de cloreto, que ao superarem, na solução dos poros do concreto, um certo limite em relação à concentração de hidroxilas despassivam a superfície do aço e instalaram a corrosão”.

Além do teor de cloreto é importante a relação  $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$ . Esta relação influencia a corrosão porque, quanto maior a concentração de hidroxila ( $\text{OH}^-$ ), mais íon cloreto livre estará presente. DIAMOND (1986, apud KAYYALI; HAQUE 1988) ressaltam a importância da relação  $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$  como um dado indicativo da despassivação do aço.

HAUSMANN (1990, apud TRITTHART 1990) indica que o valor crítico para a relação  $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$  é 0,6. No entanto, TRITTHART (1990) só observou que esse valor é excedido apenas para concretos com relação a/c acima de 0,6 e com teor de cloreto total entre 1,0% e 1,5%, em relação à massa de cimento. Do seu estudo concluiu que o teor de cloreto total é ainda o parâmetro mais importante.

Essa relação pode ser maior para concretos com pozolanas, uma vez que a cal é consumida ao longo do tempo, por reação pozolânica, com possibilidade de diminuir a alcalinidade. No entanto, ISAIA (1995), estudando concretos com adição de até 50% de pozolanas observou que o pH da água do poro manteve-se entre 11,9 e 12,3, e para o concreto de referência, de cimento Portland CP V ARI, entre 12,0 e 12,3.

### 2.3.2. Cloretos do meio externo.

Os cloretos externos ao concreto se originam dos sais de degelo, problema que afeta obras de arte de países de inverno rigoroso, de atmosfera marinha, da lavagem de fachadas e pisos com ácido muriático, de atmosferas industriais, de produtos armazenados em tanques industriais e, ocasionalmente, de gases provenientes de incêndios de brinquedos e outros produtos plásticos de base PVC, cloreto de polivinila, (HELENE, 1993).

Os cloretos do ambiente podem penetrar no concreto através dos mecanismos clássicos de penetração de água e transporte de íons. Os cloretos com maior potencial de agressão estão na forma dissolvida em água. Como sólido, na forma de cristal, não é potencialmente agressivo porque não difunde para o interior do concreto, a menos que, por ser higroscópico, absorva umidade ambiente e, em solução, possa difundir para o interior do concreto. Quando depositado na superfície do concreto, pela chuva ou por absorção capilar, difusão, permeabilidade ou migração de íons, por ação de um campo elétrico, penetra no concreto criando a chamada "frente de cloreto" em analogia à "frente de carbonatação", cuja concentração varia da superfície para o interior.

A ação química da água do mar sobre o concreto é proveniente do fato que ela contém vários sais em solução. A salinidade total é cerca de 3,5 % (sendo que, dos sais dissolvidos, o cloreto de sódio contribui com 78% e o cloreto de magnésio e sulfato de

magnésio com 15 %). Os valores para os diversos sais nos diferentes oceanos é praticamente constante; no Oceano Atlântico por exemplo, a concentração de íons, em percentagem é: cloretos: 2,00, sulfatos: 0,28, sódio: 1,11, magnésio: 0,14, cálcio: 0,05 e potássio: 0,04 , NEVILLE (1997).

Vários fenômenos podem ocorrer em decorrência da difusão de íons para o interior do concreto. A difusão de íons é mais reduzida quando os concretos estão permanentemente imersos em água, o que representa condição protegida, enquanto os ciclos de umedecimento e secagem alternados representam uma condição muito mais severa porque pode ocorrer uma elevação de concentração de sais no interior do concreto. Os cloretos podem também vir a ser depositados sobre a superfície do concreto na forma de gotículas de água do mar logo acima da superfície da água do mar, a região de respingo, ou por névoa salina, nas regiões próximas à costas litorâneas.

Em climas quentes de regiões litorâneas, como é o caso de Recife, entre outras diversas capitais da costa brasileira, o ingresso do cloreto é progressivo em concretos ora exposto à névoa ou água do mar, ora seco. O concreto seco vai sendo embebido por água do mar ou água de chuva salinizada, por absorção, podendo culminar na sua saturação. Quando as condições externas são mais secas, o movimento da água inverte-se e a umidade evapora pelos poros capilares superficiais do concreto. No entanto, é a água pura que evapora, permanecendo os sais cristalizados nos poros do concreto. Desse modo, a concentração salina aumenta nas proximidades da superfície do concreto. O gradiente de concentração que se origina, promove um deslocamento do sal para as partes de menor concentração, isto é o interior; a umidade relativa do ambiente e a duração do período de secagem, possibilitará uma maior evaporação na região mais externa, de tal forma que a

região mais interna se torna mais saturada, precipitando o excesso na forma de cristais. É um ciclo onde a água se desloca para o exterior e o sal para o interior, sendo que o gradiente de concentração (teor de cloretos) diminui com a distância da superfície. Se o período de molhamento é curto e a secagem for rápida, o ingresso de água salina transportará os sais para o interior do concreto, e uma secagem posterior promoverá a retirada da água deixando os sais. Como em geral o molhamento é mais rápido e a secagem é mais lenta; o interior do concreto nunca seca totalmente, NEVILLE (1997).

Portanto, é importante frisar que o ingresso progressivo de sais em direção à armadura com ciclos de umedecimento e secagem estabelece um perfil de concentração, onde o teor de cloretos diminui com a distância à superfície. Experimentalmente, essas concentrações são determinadas por análise química de amostras de pó retiradas com profundidades crescentes a partir da superfície do concreto.

Diversas partes de uma estrutura podem sofrer ciclos diferentes de umedecimento e secagem; isto porque a duração desses ciclos pode variar de um local para outro, dependendo do movimento do mar e do vento, da exposição ao sol e do uso da estrutura.

Os concretos na região de respingos, onde o molhamento pode ocorrer apenas com a maré alta ou com o vento forte é mais vulnerável à corrosão.

A absorção capilar depende do diâmetro dos capilares do concreto que, por sua vez, são variáveis no tempo, em função do grau de hidratação do cimento, da composição química desse cimento, de eventuais adições e da relação água/cimento.

A penetração de cloreto por difusão expressa pelo coeficiente de difusão depende da dimensão e da distribuição dos poros, e da capacidade de retenção do cloreto que está relacionada diretamente com a composição e adições do cimento; por exemplo, adições de

sílica ativa podem reduzir a difusividade dos íons cloreto nos poros do concreto. A temperatura também tem um papel crucial no processo de penetração de cloretos. Um aumento de 15°C para 30°C praticamente duplica o coeficiente de difusão de cloretos HELENE (1993).

A difusão do cloreto também depende do cátion ao qual o cloreto está combinado; o teor de cloreto necessário à despassivação do aço, é maior no caso dos cloretos provenientes do sal  $\text{CaCl}_2$  do que proveniente de  $\text{NaCl}$  ou  $\text{KCl}$ , HELENE (1993).

Quando o cloreto penetra no concreto forma-se uma pequena quantidade de cloroaluminato e, em determinadas situações pode dissociar-se, liberando o íon cloreto, que aumenta a concentração na água do poro, migrando para a superfície do aço.

No caso de concretos carbonatados, por exemplo mesmo em presença de pequenas quantidades de cloreto há uma intensificação da velocidade de corrosão induzida pela baixa alcalinidade.

Além de todos os parâmetros relativos às características do concreto, importantes para prevenir a corrosão, pelo ingresso de cloretos, este também deve ser controlado através de uma espessura adequada do cobrimento da armadura, NEVILLE (1997).

## **2.4.Estrutura da pasta de cimento**

No estudo da influência dos cimentos sobre a corrosão por cloreto é fundamental a análise da estrutura de poros da pasta de cimento e a sua influência na penetração desse íon. Deve ser salientado que as propriedades da pasta de cimento que influenciam o transporte de cloreto também influenciam o suprimento de oxigênio e a disponibilidade de umidade, todos essenciais para a ocorrência da corrosão.

#### 2.4.1. Tipos de cloreto que podem estar presentes em pastas de cimentos.

O íon cloreto total medido por análise química em um dado concreto pode estar em uma ou mais das seguintes formas:

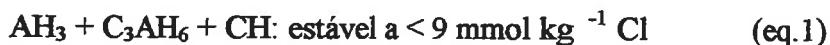
- quimicamente combinado como cloroaluminatos;
- fisicamente adsorvido na superfície dos produtos de hidratação;
- livre na solução dos poros do concreto.

A principal forma de fixação de cloretos é pela reação com o C<sub>3</sub>A formando o cloroaluminato de cálcio, denominado sal de Friedel (3CaO<sub>3</sub>.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.CaCl<sub>2</sub>.10 H<sub>2</sub>O). Um composto análogo resulta da reação com o C<sub>4</sub>AF, formando a cloroferrita de cálcio (3CaO<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.CaCl<sub>2</sub>.10 H<sub>2</sub>O). Conseqüentemente, pode-se concluir que maior teor de cloreto fica combinado na pasta quanto mais alto o teor de C<sub>3</sub>A do cimento, pois a quantidade de C<sub>3</sub>A do cimento determina a capacidade de retenção do cloreto na forma combinada, BAKKER (1988) apud FIGUEIREDO (1994).

BIRNING-YAURI; GLASSER (1998) ao estudarem o sal de Friedel, sua solução sólida e sua função na ligação do cloreto, verificaram que a fase AFm (monossulfoaluminato de cálcio) de cimento Portland tem uma química complexa. A fórmula geral da fase aluminato é [Ca<sub>2</sub>(Al,Fe)(OH)<sub>6</sub>]<sup>+</sup> X<sup>-</sup> · mH<sub>2</sub>O, onde o excesso de cargas positivas é balanceado por ânions, X<sup>-</sup>, nos espaços interlamelares, por exemplo, OH<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. A fase AFm troca ânions com o meio ambiente, então, quando o cloreto difunde no concreto, o perfil de difusão pode ser afetado pela troca de íon e ligação na fase AFm, que serve como um captor para o íon cloreto, e diminuindo desta forma a sua difusão, até o ponto em que ele se torna saturado. O cloreto remanescente permanece então livre em solução. A reação com o aluminato inicia-se quando a concentração [Cl<sup>-</sup>] é de

aproximadamente 2mM. A fase AFm então muda de composição em resposta ao aumento da concentração de cloreto.

A fase pura de sal de Friedel, parece ser estável a 20 °C além de uma extensa faixa de concentração de cloreto maior do que aproximadamente 14,5 mM e se estende a cerca de 8 M. Dados de DAMIDOT; GLASSER (1997) apud BIRNIN-YAURI; GLASSER (1998) provêm os seguintes conjuntos de equilíbrio (FS= sal de Friedel):



A fixação de cloreto por adsorção na superfície dos produtos hidratados da pasta pode ocorrer tanto pela sua introdução na mistura, por um dos constituintes do concreto, ou por penetração de cloretos do ambiente.

Os íons cloreto podem ainda estar livres na solução dos poros do concreto. HANSSON et al. (1985) verificaram que há uma certa tolerância para um dado teor de cloreto total, porque uma fração desse após reagir com os aluminatos, provenientes da hidratação do cimento, não estará livre para atacar o filme passivante.

É difícil estabelecer um limite de concentração do íon cloreto, abaixo do qual não haja um processo corrosivo. Esse limite depende de muitos fatores, muitos dos quais ainda não são bem conhecidos e esse limite não está associado a um valor fixo. Além disso, não é uniforme a distribuição de cloretos no interior da pasta de cimento endurecida, pois existe uma situação de equilíbrio tal que sempre alguns íons cloreto livres estão presentes na água dos poros. Portanto, somente podem ficar vinculados os cloretos que excedem à quantidade para esse equilíbrio.

#### 2.4.2. Influência do tipo de cimento na fixação do cloreto

O cimento Portland comum - tipo I é adequado quando do uso em construções de concreto em geral, não exposta a ambientes agressivos.

BAKKER (1988) apud NEVILLE (1997) indica que no caso de cimentos com escória granulada de alto forno o teor de alumínio é mais elevado contribuindo para maior fixação do cloreto. Os efeitos benéficos da escória de alto forno são devidos à microestrutura mais densa da pasta de cimento hidratada, sendo que mais espaços dos poros são preenchidos com C-S-H do que quando se usa o cimento Portland sem adições.

No caso de cimentos resistentes a sulfatos (tipo IV) foi provado que não é correto limitar o teor de cloreto, porque nesse tipo de cimento o que ocorre é que o ataque por sulfatos, resulta numa decomposição do cloroaluminato pela formação do sulfoaluminato de cálcio, tornando o íon cloreto liberado nessa reação disponível para a corrosão NEVILLE (1997).

Os cimentos compostos também influenciam a estrutura de poros da pasta hidratada e, consequentemente, a penetração do íon cloreto. A escória granulada de alto forno, a cinza volante e a sílica ativa, quando devidamente proporcionados na mistura reduzem significativamente a penetrabilidade e aumentam a resistividade do concreto, reduzindo a velocidade de corrosão. A sílica ativa, por exemplo, melhora a estrutura dos poros da pasta de cimento endurecida, pois aumenta a resistividade mesmo reduzindo um pouco o pH da água dos poros devido à reação com o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NEVILLE (1997).

O mais alto coeficiente de difusão de cloretos ( $\text{DefCl}$ ) foi encontrado nos cimentos Portland resistentes a sulfatos, de baixo teor de  $\text{C}_3\text{A}$ , na faixa de 60 a  $115 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$  para a relação a/c de 0,5; a seguir aparecem os cimentos Portland comum e os cimentos com

adições de materiais pozolânicos. Foram encontrados os menores coeficientes de difusão, (maior resistência à penetração de cloretos) para os cimentos com sílica ativa e, principalmente, os cimentos com mais de 65% de escória de alto forno, nos quais  $D_{efCl}$  variou de  $0,3 \text{ a } 2.10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ .

GRATH e HOOTTON (1997) estudando a influência da composição do aglomerante, na resistência à penetração do cloreto no concreto, analisaram diferentes misturas com sílica ativa, escória de alto forno e cinza volante. O coeficiente de difusão D foi determinado pela migração de cloretos usando um gradiente de potencial e pelo perfil de cloreto. A relação entre essas adições é a seguinte:

$$D_{cimento\ portland} > D_{escória} \approx D_{cinza\ volante} > D_{sílica\ ativa} > D_{esc + sil\ at} \approx D_{cin\ vol + sil\ at}$$

Sobre o fenômeno da difusão estudado para diferentes materiais pozolânicos, o estudo de ISAIA (1995) indicou que a penetração de cloretos caiu quando aumentou a idade e o teor de pozolana (sílica ativa, cinza volante e cinza de casca de arroz, em misturas binárias e ternárias, num teor até 50%).

## **2.5. Teor limite de cloreto total**

A literatura de níveis limiares de cloretos para iniciação da corrosão de armadura em concreto é muito conflitante, apresentando-se em seguida diferentes valores ou faixa de valores resultantes de diferentes estudos, tanto de laboratório quanto de obras apresentando corrosão da armadura. Em consequência, há muitos debates com relação ao teor crítico de cloreto capaz de despassivar o aço embebido no concreto, ressaltando HELENE (1993) que os estudos de laboratório são efetuados em corpos-de-prova com armaduras, imersos em solução de hidróxido de cálcio, o que não tem as mesmas implicações para o sistema aço/concreto em serviço.

Num levantamento de dados da literatura, BAMFORTH (1996), apresenta dados interessantes, dos quais ressaltam-se:

- Glass et al. sugeriram que o teor de cloreto total fixado com base no consumo de cimento é um bom indicativo para definir limites máximos de cloreto, parâmetro o mais citado na literatura;
- todas as especificações apresentam um limite que varia entre 0,2% e 1%;
- os dados mais abrangentes são de um estudo de ponte do Reino Unido; Vassie apresenta 450 resultados, a partir dos quais conclui que abaixo de 0,2% não existe risco de corrosão, mas aumenta em 20% acima desse valor; a Figura 1 ilustra o aumento da porcentagem de barras corroídas com o aumento do teor de cloreto;

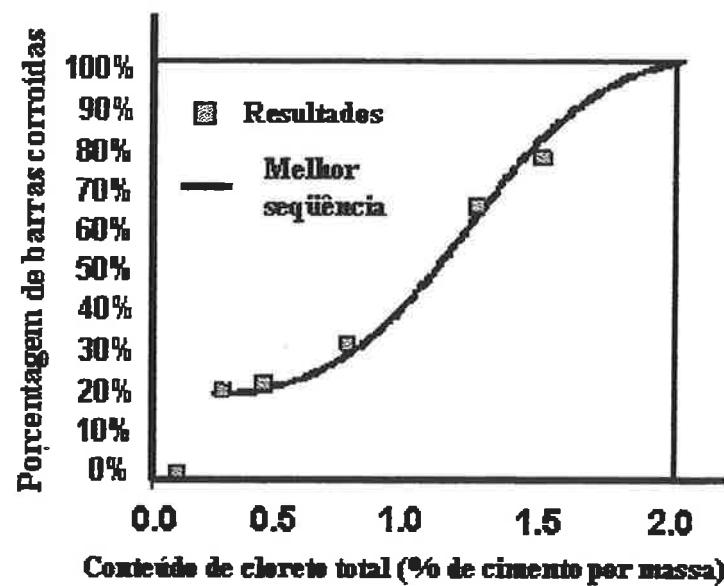


Fig. 1 – Relação entre a proporção de barras corroídas e o teor de cloreto total no concreto, BAMFORTH (1996).

- com base nos resultados do Programa do Reino Unido “Concrete-in-the Ocean” Programme, Browne propôs os seguintes limites probabilísticos, conforme a Tabela 5:

Tabela 5 – Limites de teor de cloreto em relação a massa de cimento.

<b>Teor de cloreto total em massa do cimento</b>	<b>Risco de corrosão</b>
< 0,4%	negligenciável
0,4-1%	possível
1,0-2,0%	provável
>2%	significante

Na avaliação de construções antigas, a concentração crítica de cloreto encontrada foi de 0,05-0,1% de cloreto, em massa, do concreto, correspondendo a aproximadamente 0,4-0,8% de cloreto, em massa do cimento, (SORENSEN, et al, 1990).

THOMAS, et al. (1990), estudaram a difusão de cloreto em concretos contendo cinza volante, todos com a mesma resistência à compressão aos 28 dias, e observaram que a corrosão ocorreu quando o teor de cloreto total excedeu 0,5%, em relação à massa de cimento, muito próximo do valor de 0,4%, especificado pela norma BS 8110 (BSI, 1985), originado do trabalho de EVERETT e TREADWAY (1980).

OSBORNE (1996), analisou amostras em pó para cloreto e óxido de cálcio de acordo com a BS 1881: Part 124 (1988) e de acordo com os códigos práticos do Reino Unido, recomendou um teor máximo de conteúdo de cloreto total de 0,4% (em massa de cimento) para constituintes de concreto armado com cimento Portland comum.

STOLTZNER et al. (2000), estudaram durante 9 anos duas pontes de ligação das ilhas Zealand e Falster, na Dinamarca, cujo camada de cobrimento tinha a espessura de

50mm, com o objetivo de identificar o período de iniciação da corrosão, através da determinação da penetração de cloretos. Os cálculos probabilísticos indicaram que a corrosão teria início após 15 a 40 anos na zona de maré (0,5 m acima da água) e após 25 a 40 anos na zona de respingo, para um teor crítico de cloreto de 0,05 a 0,10% , em massa de concreto<sup>1</sup>. Estes dados permitiram instalar uma proteção catódica piloto em um pilar.

---

<sup>1</sup> No Brasil, com base em estudos de estruturas com corrosão de armadura permitiram identificar o teor de 0,3 % de cloreto em relação à massa de cimento como um valor crítico HELENE (1993).

### **3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE CLORETO EM CONCRETOS**

#### **3.1. Classificação dos métodos**

Os métodos que estão sendo abordados neste trabalho, envolvem basicamente técnicas analíticas clássicas, por via úmida, como a gravimetria e a titulometria, e microanalíticos como a cromatografia de íons, cujas linhas gerais e alguns pontos conceituais, estão apresentados a seguir.

A química analítica clássica tem como base as leis ponderais das combinações químicas e a teoria atômica de Dalton; além disso, a Química está fundamentada no conhecimento das características específicas das espécies químicas, definindo-se assim os vários métodos analíticos, qualitativos e quantitativos, que são seqüências de métodos laboratoriais com a finalidade de identificar e qualificar os compostos químicos analisados. Ao analisar uma amostra desconhecida o químico é levado a identificar a natureza dos seus constituintes lançando mão de testes qualitativos.

Um dos exemplos comumente citados na análise de íon cloreto é verificar a presença deste numa argamassa solubilizada com ácido nítrico, que pode ser comprovada qualitativamente pela adição de nitrato de prata. A formação de turbidez esbranquiçada à solução de ensaio permite confirmar a presença de cloreto, na forma de cloreto de prata, AgCl, em teores mais baixos. Em maior teor dará origem a um precipitado branco de cloreto de prata, que escurece quando exposto à luz.

Após identificação da natureza dos constituintes de uma amostra, o analista procede à quantificação de todas, ou de determinadas espécies químicas, cátions e ânions. Estas determinações pertencem à análise quantitativa. Para obtenção desses dados quantitativos existe uma variedade de técnicas analíticas, descritas a seguir, relativas ao íon cloreto.

O método gravimétrico aplicado ao cloreto consiste em pesar a quantidade de cloreto de prata precipitado da solução de cloreto. Esse método não é adequado para baixos teores de cloreto como ocorre no concreto.

A titulometria, antigamente conhecida como análise volumétrica, aplica-se à análise quantitativa através da determinação do volume de uma solução, cuja concentração é exatamente conhecida, requerido para reagir quantitativamente com a solução da substância a ser determinada, em presença de um indicador que permite detectar o final da reação envolvida. A denominação titulometria designa melhor o processo da titulação, enquanto a denominação volumetria confunde-se com medidas de volume, de gases por exemplo. Na titulometria, o ponto de equivalência pode ser também determinado potenciométricamente sendo a técnica então denominada potenciometria, embora seja também uma medida de volume.

Uma vez que a espécie química está em solução, a sua determinação pode ser também feita por cromatografia de íons, sendo o cloreto separado das demais espécies químicas contidas na solução em análise, por uma resina de troca iônica e determinação posterior por condutividade.

### **3.2 Cromatografia de íons**

A cromatografia pode ser conceituada como um método fisico-químico de separação, no qual os constituintes da amostra a serem separados são particionados entre duas fases, uma estacionária, geralmente de grande área, e a outra um fluido insolúvel na fase estacionária, que percola através da primeira". Essa técnica aplica-se à determinação de espécies químicas polares e não polares, e a eletrólitos, isto é soluções iônicas, em concentrações muito baixas, da ordem de ppm ou ppb (CIOLA, 1998).

No caso de eletrólitos, a solução a ser analisada interage com a resina (fase estacionária), a qual retém os íons deixando passar o solvente (fase móvel); em seguida é passado um eluente que percola pela coluna, liberando os ânions ou cátions anteriormente retidos e a concentração da espécie química liberada é determinada nessa solução por métodos clássicos, por exemplo, medida de condutância. Para cada espécie química existe um valor de pH especificado.

### 3.2.1. Ação das resinas de troca iônica

As resinas de troca catiônica contêm cátions livres que podem ser permutados por cátions da solução. O trocador poderá exibir diferentes afinidades por eles, tornando as separações possíveis. Um exemplo característico é o deslocamento de um sal neutro através da forma hidrogênionica de uma resina sulfônica, sendo produzida uma quantidade equivalente do ácido correspondente, reação representada pela seguinte equação:



A solução contendo o cloreto é bastante concentrada, contendo todos os produtos de hidratação do cimento solubilizados e que devem necessitar de estudo específico para aplicação no estudo do concreto.

### 3.2.2 Premissas teóricas na quantificação do íon cloreto

As soluções iônicas conduzem corrente elétrica, sendo comparáveis a um condutor, e que obedece à lei de Ohm: a corrente I que flui, medida em ampère, é diretamente proporcional à força eletromotriz aplicada E, medida em volts, e inversamente proporcional à resistência R, medida em ohms, representada pela equação:

$$I = E/R \quad \text{eq. 4}$$

A resistência do condutor, sendo um material homogêneo, de comprimento  $l$ , e seção  $a$ , é dada pela equação:

$$R = \rho \cdot l / a \quad \text{eq. 5}$$

Onde  $\rho$  é uma propriedade característica do material, chamada resistividade. Como  $l$  e  $a$  são medidos em metros,  $\rho$  refere-se a um metro cúbico de material e  $\rho$  é expresso em ohm.m. No caso de um eletrólito, refere-se ao volume de solução. Assim:

$$\rho = R \cdot a / l \quad \text{eq. 6}$$

A recíproca da resistência é a condutância  $G$ , medida em ohm-1, ou também denominada siemens S. A recíproca da resistividade é a condutividade  $\kappa$ , anteriormente denominada condutância específica, medida em ohm-1.m-1 ou S.m-1, este último mais comum.

A condutividade de um eletrólito, a uma dada temperatura, depende somente dos íons presentes e da sua concentração. No caso de eletrólitos fortemente dissociados a condutividade molar aumenta com a diluição, até um valor limite denominado condutividade molar à diluição infinita  $\Lambda_\infty$ , substituída por  $\Lambda_0$  quando se considera concentração em vez de diluição. À diluição infinita, os íons são independentes uns dos outros e a condutividade total da solução é dada por:

$$\Lambda_0 = \Lambda_{\text{cation}} + \Lambda_{\text{anion}} \quad \text{eq. 7}$$

onde  $\Lambda_{\text{cation}}$  e  $\Lambda_{\text{anion}}$  são as condutividades iônicas molares à diluição infinita do cátion e do ânion, valores já catalogados.

A fim de se relacionar a condutância da solução com a concentração, introduziu-se o conceito de condutância equivalente,  $\Lambda$ , a qual está associada a um Faraday de carga e é

definida como a condutância de uma solução contendo um equivalente grama de um eletrólito colocado entre dois planos distantes entre si de 1 cm e com área suficiente para todo o volume de solução; está relacionada à condutividade  $\kappa$  de cada espécie química pela equação:

$$\Lambda = 1000 \kappa / C \quad \text{eq. 8}$$

onde  $C$  é a concentração em equivalentes grama do eletrólito por 1000cm<sup>3</sup>, e é expressa em S.cm<sup>2</sup>.eq.-1.  $\Lambda$  é determinada à diluição infinita  $\Lambda_0$ , a qual é a soma das condutâncias equivalentes limites, dos cátions ( $\lambda^+$ ) e dos ânions ( $\lambda^-$ ):

$$G = (\lambda^+ + \lambda^-) . C / 10^{-3} \cdot \kappa \quad \text{eq. 9}$$

Para o íon cloreto, por exemplo, a condutância equivalente limite  $\lambda^-$ , em solução aquosa a 25°C, é de 76 S.cm<sup>2</sup> / eq.. O cátion associado vai depender do eletrólito. Este método depende de equipamento específico, pouco comum em laboratórios de análise em geral.

### 3.3 Métodos gravimétricos

Os métodos de precipitação são provavelmente os mais importantes na análise gravimétrica. Os constituintes a serem analisados são precipitados de uma solução, sob uma forma pouco solúvel, para que não ocorra uma perda apreciável durante a sua filtração, e pesagem. Por exemplo, na determinação do cloreto, trata-se uma solução contendo esta espécie química da substância com um excesso de uma solução de nitrato de prata, filtra-se o precipitado, lava-se bem, e seca-se a 130-150 °C e pesa-se o cloreto de prata. Para se ter sucesso em uma análise desse tipo os fatores predominantes são:

- o precipitado deve ser tão insolúvel que não ocorra perda apreciável na filtração. A solubilidade do cloreto de prata, por exemplo, é de  $1,4 \text{ mg/dm}^3$  a  $20^\circ\text{C}$ ;
- a natureza física do precipitado deve ser tal que ele seja separado da solução por filtração e possa ser lavado até ficar livre de impurezas solúveis, as quais advêm da solução em que a espécie química está sendo determinada;
- o precipitado deve ser conversível em uma substância pura de composição química definida, após calcinação ou secagem. Para o cloreto o precipitado formado é o cloreto de prata,  $\text{AgCl}$ , representado pela equação:



Na determinação de cloreto, sob a forma de cloreto de prata, a solução aquosa do cloreto é acidificada com ácido nítrico diluído, a fim de impedir a precipitação de outros sais de prata, como o fosfato e o carbonato possíveis de serem formados em soluções neutras.

Este método não é aplicável para baixas concentrações como é o caso do cloreto em concreto, e também por estar presente em uma solução concentrada em relação a outros íons que impurificariam o precipitado.

### **3.4. Titulometria**

Este termo refere-se à análise quantitativa executada através da determinação do volume de uma solução, cuja concentração é conhecida, requerida para reagir quantitativamente com a solução da substância a ser determinada. Denomina-se solução padrão, à solução cuja concentração é conhecida com exatidão. Esta solução é geralmente adicionada com uma bureta graduada e o ponto onde precisamente ocorre a terminação da titulação chama-se ponto de equivalência ou ponto final teórico. A conclusão da titulação é

visualizada com a utilização de uma outra substância conhecida como indicador. O ponto final da titulação é aquele no qual o indicador produz uma mudança visual na solução que está sendo titulada.

As reações empregadas na análise titulométrica recaem em quatro classes principais:

- reações de neutralização,
- reações de formação de complexos,
- reações de precipitação,
- reações de oxidação - redução.

As reações de precipitação dependem da combinação de íons para formar um precipitado, como na titulação do íon cloreto com uma solução de prata.

Nas determinações de pontos finais em reações de precipitação, a determinação do ponto final é efetuada de forma mais nítida através da formação de um precipitado colorido. Um exemplo, deste é o processo são os métodos de Mohr e de Volhard que diferem quanto ao indicador empregado (BASSETT et al., 1981).

No método de Mohr, a titulação de uma solução neutra, do cloreto com uma solução de nitrato de prata, adiciona-se pequena quantidade de solução de cromato de potássio para servir como indicador. No ponto final, os íons cromato combinam-se com os íons prata formando o cromato de prata vermelho, pouco solúvel. Este método não é aplicável à determinação do cloreto total, porque a extração é feita em meio ácido, e o cloreto solúvel em água tem adquirido pH alcalino, em virtude da dissolução dos compostos alcalinos do cimento hidratado.

O método de Volhard consiste na precipitação do cloreto pela adição de nitrato de prata e posterior titulação do excesso deste reagente com tiocianato de amônio, utilizando sulfato férrego amoniacial como indicador. PAPADAKIS (2000), aplicou este método na determinação do teor total de cloreto que difundiu para o interior do concreto, de amostras em pó retiradas a diferentes profundidades, após um período de imersão.

### **3.5 Titulação potenciométrica**

A potenciometria consiste em medir a diferença de potencial entre dois eletrodos, um eletrodo de referência, de potencial conhecido, e um eletrodo indicador cujo potencial depende da concentração de uma espécie iônica em solução. Essa prática é denominada potenciometria direta, sujeita a incertezas. Na titulação potenciométrica não são necessários valores absolutos de potenciais mas os valores dos potenciais em função da variação de uma espécie química em solução, sendo as medidas feitas ao mesmo tempo que transcorre a titulação. No ponto de equivalência, o titulado foi totalmente consumido e a diferença de potencial medido a partir desse ponto corresponderá à do acúmulo do titulante na solução. Há uma súbita mudança do potencial indicando o término da reação.

Dos métodos citados, normalmente empregados para a determinação de cloreto, tem-se que no método de Volhard a desvantagem é a falta de nitidez observada, na mudança de coloração do indicador no ponto de equivalência da titulação, embora possa ser aplicado para baixos teores de cloreto. Do mesmo modo, o método de Mohr também apresenta dificuldade para visualizar com nitidez a mudança de coloração no indicador no ponto de equivalência da titulação, embora como método titulométrico seja de alta precisão (uma parte em 1000). A titulação potenciométrica tem a vantagem de ser adequada para

baixos teores de cloreto e de não depender da acuidade visual do operador para determinar-se o ponto de equivalência.

A titulação potenciométrica é o método adotado pela ASTM para a determinação de cloreto total em concreto na norma ASTM C 1152 (ASTM, 1999) e do cloreto solúvel em água, para cimento, mas também aplicável para concreto na norma ASTM C 114 (ASTM, 1999). Cita-se a publicação recente de KAYALI; ZHU (2000), de aplicação desses métodos em trabalho sobre medidas de corrosão em 3 tipos de concreto armado expostos a solução de cloretos, cuja confiabilidade foi confirmada por ensaios de referência com amostras de concreto preparados com teor conhecido de cloreto.

Dispondo-se de um potenciômetro, a determinação é feita com um único eletrodo, indicador, o qual depende do tipo de reação envolvida. Para a determinação do cloreto o eletrodo empregado é o de prata-cloreto de prata, utilizado no trabalho experimental do capítulo 4. Constitui-se em um fio de prata, ou de platina prateado por depósito eletrolítico, recoberto com uma fina película de cloreto de prata, imerso em uma solução de cloreto de potássio de concentração bem conhecida, cujo potencial lido depende da concentração de cloreto da solução, permitindo o seu acompanhamento ao longo da titulação (BASSETT et al., 1981).

### **3.6 Titulação potenciométrica com eletrodo íon seletivo**

Foram também desenvolvidos eletrodos indicadores cuja membrana de vidro que o envolve está baseada num material de troca iônica, constituindo uma série de eletrodos denominados íon seletivo. A sua sensibilidade é elevada sendo o limite inferior de identificação do cloreto, por exemplo, de  $5 \cdot 10^{-5}$  mol.dm<sup>-3</sup>. A variação da concentração de cloreto é também lida potenciométricamente durante a titulação (BASSETT et al., 1981).

### 3.7. Métodos utilizados no Brasil

A ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland e o IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo adotam os métodos ASTM de potenciometria direta com utilização de eletrodo indicador de íon seletivo para cloreto.

A dificuldade maior está na coleta e preparo da amostra, existindo prática padronizada. A distribuição do cimento no concreto é heterogênea e, consequentemente, o teor de cloreto expresso em massa de concreto é bastante disperso para diferentes amostras, mesmo de pontos próximos de uma estrutura. A prática adotada é expressar-se o teor de cloreto em relação ao cimento. Para isso, essa determinação é complementada pela determinação do teor de cimento, expresso pelo teor de resíduo insolúvel. Conhecendo-se o consumo de cimento do concreto é possível expressar esse resultado em massa ou em volume de concreto.

Essa determinação tem sido largamente aplicada no estudo de causas de corrosão da armadura do concreto, quando se pressupõe que houve difusão do cloreto através da camada de cobrimento. O que se espera desse método é uma orientação para serviços de reparo das estruturas, quando se objetiva determinar até que profundidade se deu a penetração do cloreto. Neste caso, as amostras são retiradas em diferentes profundidades de modo a se avaliar o perfil de concentração do cloreto presente.

#### 4. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este capítulo constitui o programa experimental, onde serão descritos os materiais empregados, dados sobre os concretos preparados, a moldagem e cura dos corpos-de-prova, e obtenção das amostras de análise. Serão também apresentados resumidamente, os métodos de análise de cloreto solúvel em água e de cloreto total, descritos detalhadamente no Anexo B.

##### **4.1 Materiais empregados**

Foram empregados cinco tipos de cimento Portland com a particularidade de serem os cimentos CP II F, CP III e CP V ARI, e os CP IV e o CP I-S produzidos com o mesmo clínquer. Os resultados da caracterização estão indicados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Resultados da análise química dos cimentos fornecidos pela ABCP.

CONSTITUINTES	CP II-F	CP III	CP V ARI	CP I-S	CP IV
Perda ao fogo – PF	8,74	1,00	2,91	3,03	2,21
Dióxido de silício total – SiO <sub>2</sub>	17,75	29,30	19,97	17,82	28,42
Óxido de alumínio – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,80	8,80	4,57	4,62	10,66
Óxido de ferro – Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,44	2,17	3,77	2,47	4,20
Óxido de cálcio total – CaO	59,72	50,61	60,90	61,29	44,46
Óxido de magnésio – MgO	3,17	5,64	4,34	5,87	4,15
Anidrido sulfúrico – SO <sub>3</sub>	2,01	1,34	2,40	2,83	2,83
Óxido de sódio – Na <sub>2</sub> O	0,33	0,26	0,37	0,18	1,09
Óxido de potássio – K <sub>2</sub> O	0,66	0,53	0,81	1,00	1,46
Enxofre – S	0,66	0,53	0,81	-	-
Anidrido carbônico – CO <sub>2</sub>	7,64	0,83	2,32	2,25	-
Resíduo insolúvel – RI	1,99	0,42	1,17	0,75	-
Óxido de cálcio livre – CaO (livre)	1,67	0,85	1,55	1,55	-

**Tabela 7 – Características físicas dos cimentos fornecidos pela ABCP.**

<b>ENSAIOS</b>		<b>CPII - F</b>	<b>CP III</b>	<b>CP V ARI</b>	<b>CPI-S</b>	<b>CP IV</b>
<b>Massa específica (g/cm³)</b>		3,02	2,99	3,12	3,12	2,86
<b>Área específica (m²/kg)</b>		351	390	490	349	470
<b>Resíduo na peneira 75 µm (%)</b>		2,6	0,2	0,1	0,6	0,4
<b>Água de consistência normal (%)</b>		25,6	28,1	29,0	28,0	
<b>Tempo de pega (h:min)</b>	<b>Início</b>	2:35	2:40	2:10	3:35	
	<b>Fim</b>	3:55	4:20	3:30	5:55	
<b>Resistência à compressão (MPa)</b>	<b>1 dia</b>	-	-	24,7	-	-
	<b>3 dias</b>	21,4	15,9	34,9	28,3	22,6
	<b>7 dias</b>	25,4	26,6	39,8	32,4	27,7
	<b>28 dias</b>	29,6	47,5	-	39,9	41,9

#### **4.2 Produção dos concretos, moldagem e cura dos corpos-de-prova**

Foram moldados oito corpos-de-prova cilíndricos, de 10 x 20 cm, para cada tipo de cimento, com traço, em massa, cimento:areia:brita igual a 1:2:3, relação a/c igual a 0,5. Pelo cálculo, cada corpo-de-prova tem 0,0018 m<sup>3</sup> de concreto.

Para cada cimento, foram preparados 30 L de concreto. À água de amassamento foi acrescentado o teor de 0,30% de cloreto de sódio, em relação à massa de cimento.

Os dados sobre os concretos no estado fresco estão representados na tabela 8.

Tabela 8 – Dados sobre os concretos no estado fresco.

TIPO DE CIMENTO	TRAÇO FINAL (kg)	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	CONSISTÊNCIA (mm)	MASSA ESPECÍFICA (kg/m <sup>3</sup> )	AR APRISIONADO (%)
CPI-S	1:2:3 a/c = 0,50	364	35	2367	2,7
CPII	1:2:3 a/c = 0,50	364	40	2367	2,2
CPIII	1:2:3 a/c = 0,50	364	40	2367	2,1
CPIV	1:2:3 a/c = 0,50	364	27	2367	1,6
CPV ARI	1:2:3 a/c = 0,50	364	36	2367	2,0

\* Consistência medida pelo abatimento do tronco de cone (NBR 7223).

Os corpos-de-prova preparados foram mantidos em câmara úmida por 28 dias.

#### 4.3 Obtenção das amostras de análise

A amostragem é uma etapa fundamental por ser a base de avaliação de uma parte muito grande de material do qual foi extraída a amostra, por conseguinte, é essencial que a amostra utilizada para análise seja representativa de um todo.

Apenas um corpo-de-prova cilíndrico foi cortado em quatro seções transversais, com 5cm de altura, com a finalidade de verificar a variação dos resultados ao longo do corpo-de-prova. Cada seção foi dividida em quatro partes, sendo cada quarto destinado a diferentes laboratórios, tendo-se o cuidado de enviar para cada um as amostras de uma mesma sequência em altura, de acordo com a Figura 2.

Dois dos laboratórios analisaram os cloretos nas quatro seções transversais, chamados de lab. 1 e lab. 2, e um outro laboratório analisou apenas uma das seções, sendo este designado lab. 3.

### **corpo-de-prova cilíndrico (10x20 cm)**



Figura 2 - Cortes do corpo-de-prova para ensaio.

A amostra antes de ser enviada para cada laboratório foi moída totalmente, até passar em peneira ABNT n. 20 (0,84 mm), inicialmente britada em um moinho e depois triturada num almofariz de porcelana. Em seguida, homogeneizada, quarteada e recolhida em sacos plásticos, para posterior análise química, mantida em condições ambientais, isenta de umidade.

As amostras moídas dos concretos foram secas em estufa a 100 °C, para início das análises de cloretos, que seguem.

#### **4.4 Método de análise de teor de cloreto adotado**

O método adotado encontra-se detalhado no Anexo B. As operações básicas de laboratório que envolveram a análise do concreto, para a determinação do cloreto total e solúvel em água resumem-se em dissolução da amostra para separação das frações solúvel e insolúvel. O modo como a amostra é atacada, com ácido ou com água, depende do cloreto

que se quer dosar, total ou solúvel. Pela dissolução em ácido, a fração insolúvel constitui-se de agregados e, a solúvel, a pasta de cimento hidratada.

#### 4.4.1 Cloreto solúvel em água – Método ASTM C 1218 modificado (ASTM, 1992)

A determinação de cloreto solúvel em água consistiu em fazer o ataque de cerca de 5 gramas da amostra de concreto com água quente, e deixar em fervura por alguns segundos, com o cuidado de deixar o bequer coberto com vidro de relógio para evitar a perda de cloreto por volatilização. Depois de completamente fria, a solução é filtrada em papel textura média, lavando com pequenas porções de água quente. O filtrado foi recolhido em balão aferido e efetuada a titulação com nitrato de prata, utilizando o eletrodo de prata/cloreto de prata, sendo a leitura dos volumes gastos até o ponto de equivalência anotando. Quando o teor de cloreto é muito baixo, o valor determinado é a diferença entre a leitura feita com a solução da amostra e a segunda leitura feita após adição de cloreto de sódio para evitar erros analíticos durante a titulação.

#### 4.4.2 Cloreto total solúvel em ácido- Norma ASTM- C114 (ASTM, 1994)

Foi realizado o ataque com 5 g de amostra de concreto passante na peneira n.20 da ABNT, sendo efetuado o ataque com solução de ácido nítrico 1:1; em seguida, foi feito um aquecimento rápido, e a amostra foi filtrada em papel textura média, e lavagens com pequenos volumes de água quente. O filtrado foi recolhido em balão e, em seguida, foi efetuada a titulação com solução padrão de nitrato de prata, 0,05 N.

O cálculo do teor de cloreto, em relação à massa de cimento, é efetuado em planilha Excel, organizada pelo Laboratório de Química de Materiais do IPT, onde constam os dados: a normalidade da solução de nitrato de prata, o volume do balão, o volume de adição de NaCl e a massa da amostra. É efetuado o cálculo automaticamente na planilha,

resultando em % de Cl, ou ppm de cloreto. Levando em conta o teor de cimento no concreto esse valor é também expresso em massa de cimento, ou em volume de concreto.

Cloreto total – método ASTM C114 (ASTM, 1999).

A seqüência de operações é a seguinte:

- ataque ou solubilização da amostra com ácido nítrico em solução aquosa;
- filtração, secagem e pesagem da fração insolúvel; a diferença desse valor para 100% é o teor de cimento;
- determinação do cloreto na fração solúvel.

## 5. RESULTADOS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

### 5.1 Apresentação dos resultados

Os resultados apresentados a seguir são parte do trabalho experimental desenvolvido na Escola Politécnica de Pernambuco e nos demais laboratórios envolvidos. Estão detalhados no Anexo C, as planilhas com os cálculos.

Estes ensaios referem-se à determinação de cloretos solúveis em ácido, segundo o método ASTM, detalhado no Anexo C onde constam os cálculos de teor de cloretos em todos os concretos, segundo a dosagem utilizada de cloreto no cimento, de acordo com a densidade. As Figuras 3, 4, 5, 6 e 7<sup>2</sup> apresentam a média dos resultados de duas determinações por amostra em cloreto total para os laboratórios distintos e para cada tipo de cimento estudado. Por outro lado, as Figuras 8, 9, 10 e 11<sup>3</sup> mostram os resultados das determinações de cloreto solúvel em água para os laboratórios e cimentos estudados<sup>4</sup>.

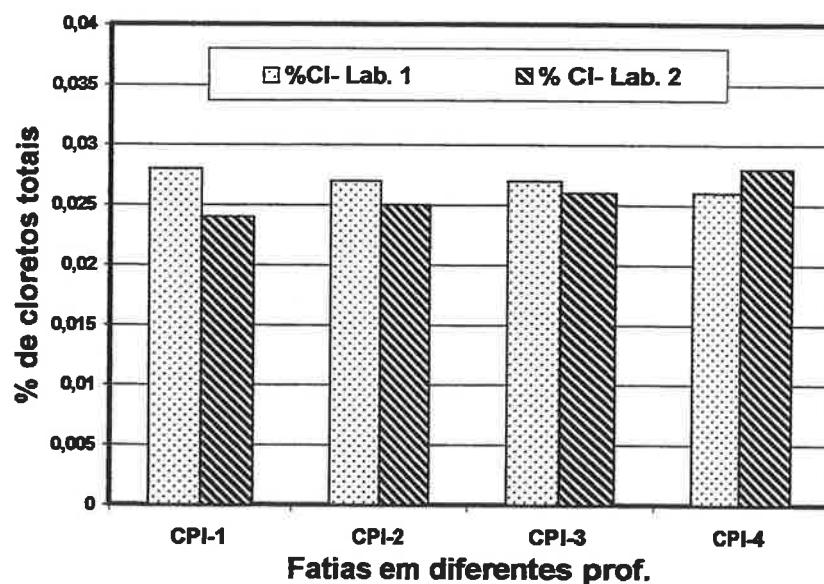


Figura 3 – Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPI.

<sup>2</sup> Dados de origem incluindo médias e variância na Tabela 15 do Anexo C.

<sup>3</sup> Dados de origem incluindo médias e variância na Tabela 16 do Anexo C.

<sup>4</sup> Os procedimentos de determinação de cloreto total e cloreto solúvel em água encontram-se no Anexo B.

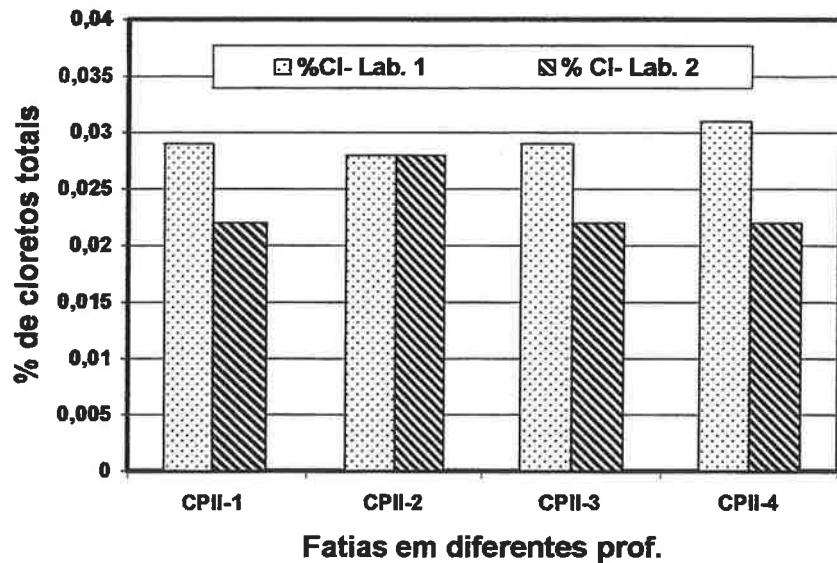


Figura 4 – Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPII.

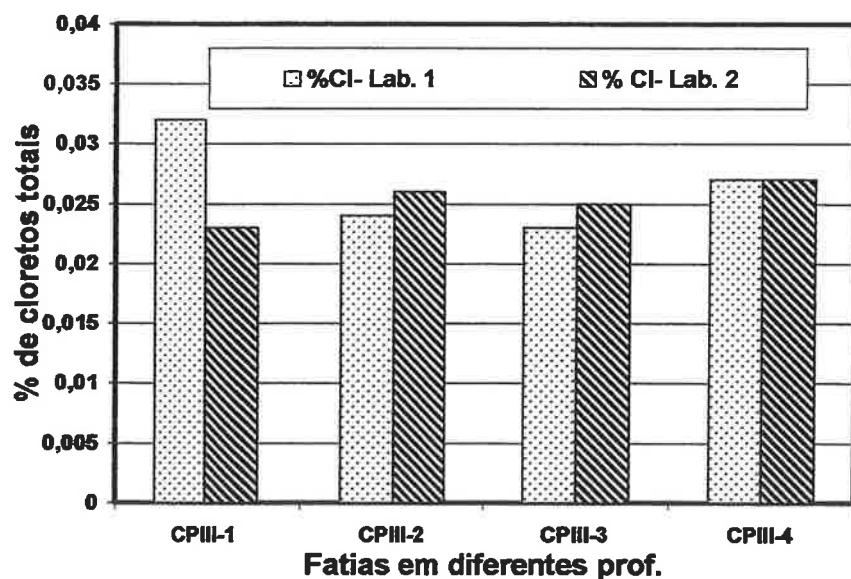


Figura 5 – Comparação dos resultados de cloreto total entre laboratórios e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIII.

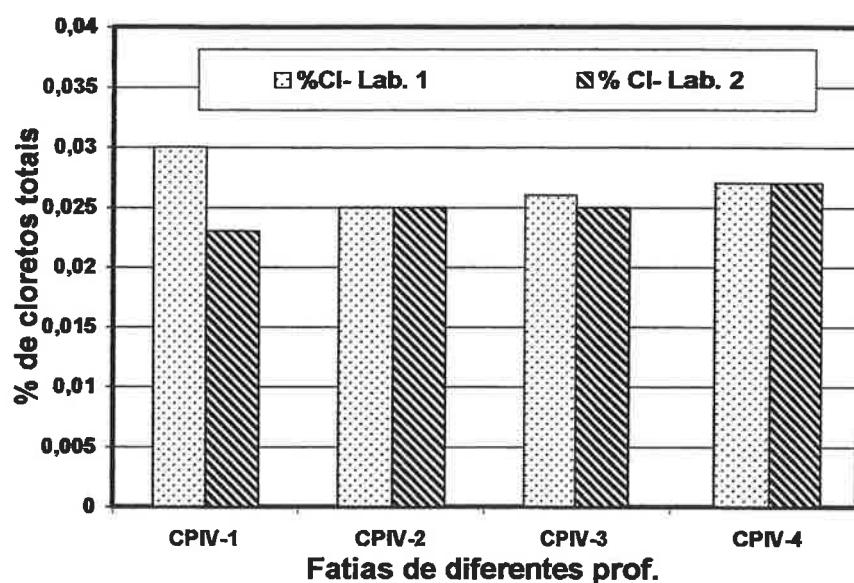


Figura 6 – Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto total e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIV.

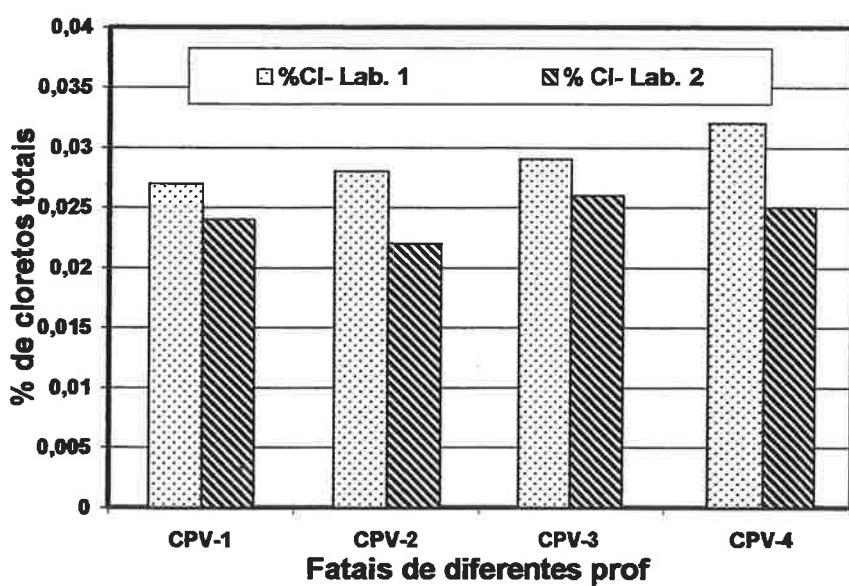


Figura 7 – Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto total e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPV.

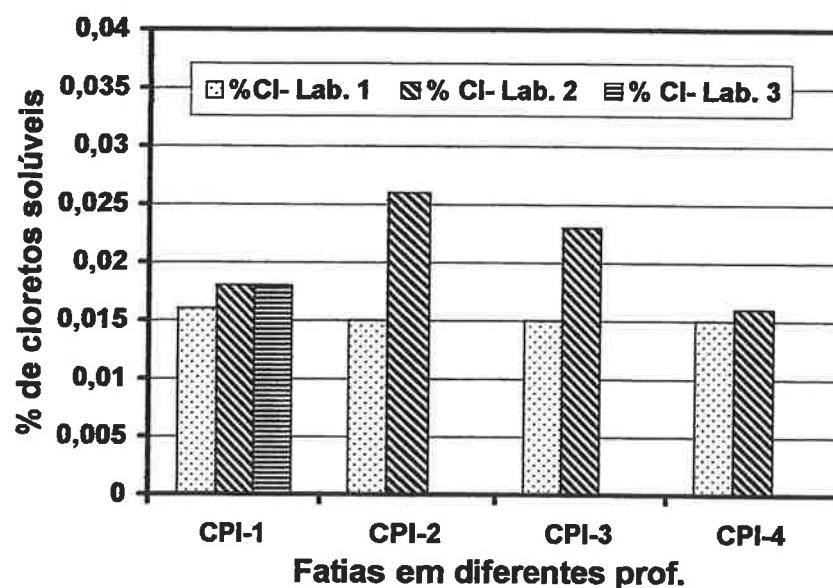


Figura 8 – Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPI.

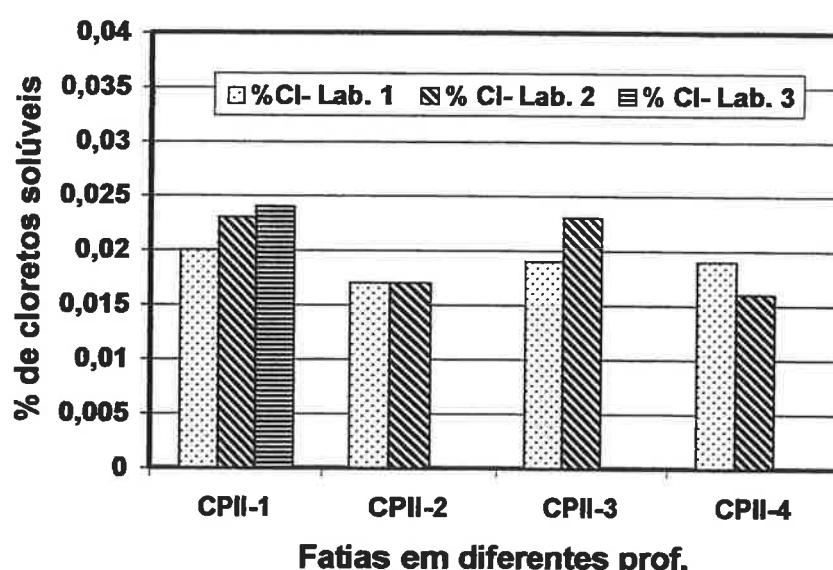


Figura 9 – Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPII.

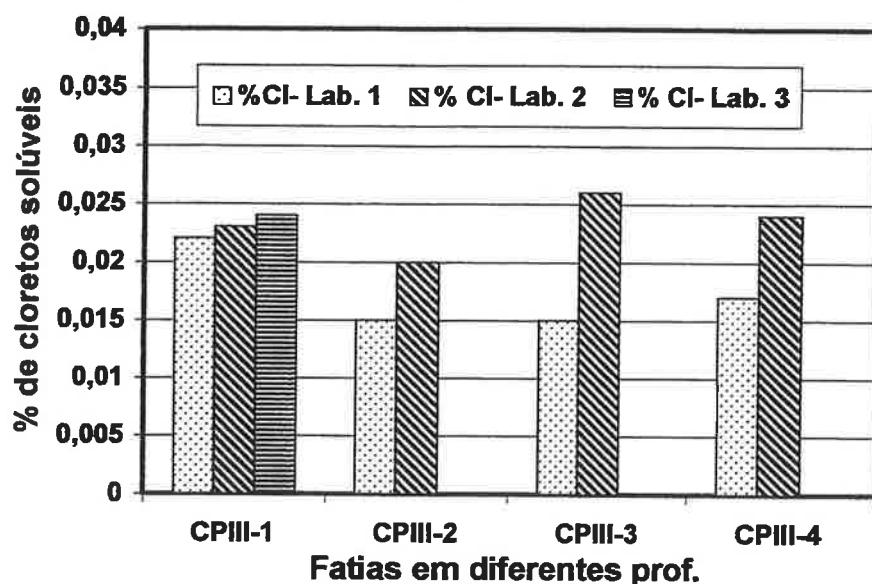


Figura 10 – Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIII.

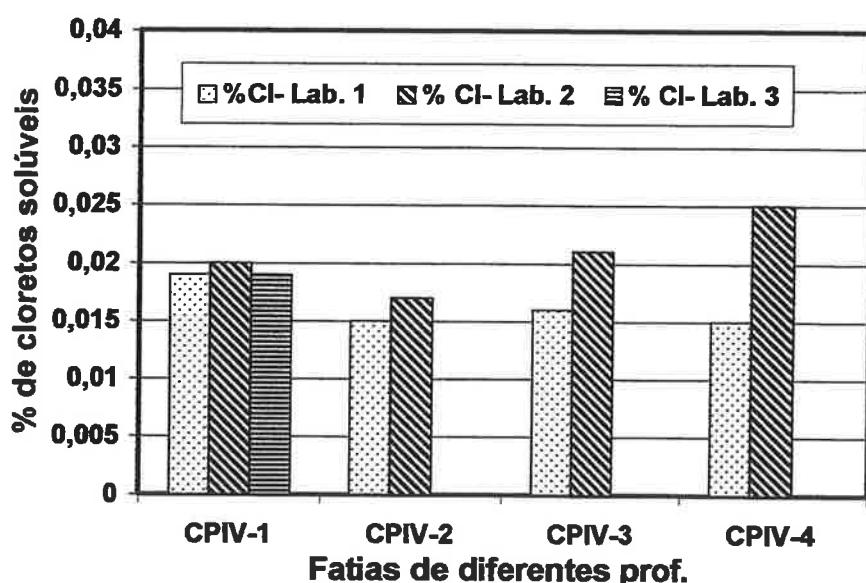


Figura 11 – Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPIV.

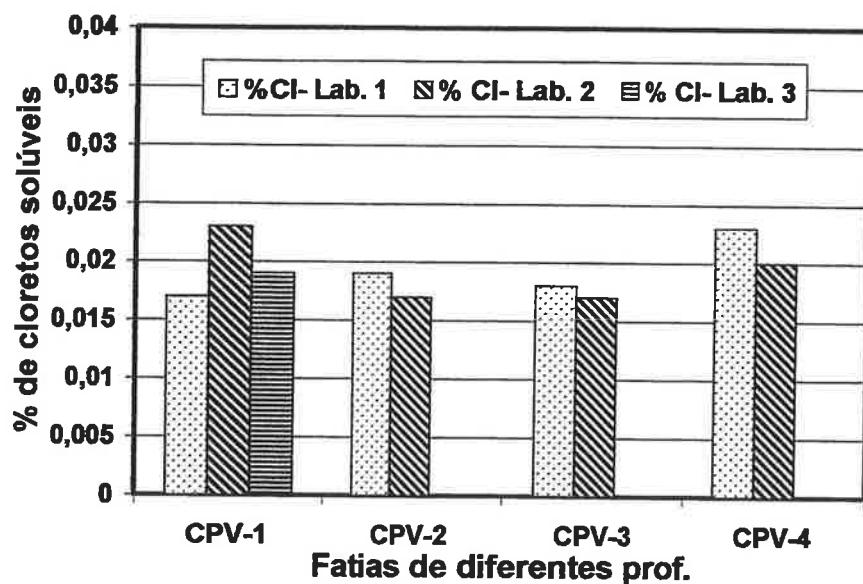


Figura 12 – Comparação dos resultados entre laboratórios de cloreto solúvel em água e entre profundidades nos corpos-de-prova, para o cimento CPV.

## 5.2 Análise dos resultados

Não houve variação no teor de cloreto total dosado ao longo do corpo-de-prova, em cada laboratório, de acordo com os cálculos da variância, a qual mede a dispersão entre as medidas.

Em relação à variância entre laboratórios em cada profundidade, nos 5 tipos de cimentos, pode ser considerada desprezível e deve estar dentro da faixa de variação do método.

O método de titulação potenciométrica pode ser aplicado por qualquer laboratório, que disponha dos equipamentos necessários, e pode ser adotado para normalização, ressaltando-se a importância da retirada da amostra, de forma uniforme, e com perfeita homogeneização e secagem inicial, quando os ensaios forem realizados por diferentes laboratórios.

As dificuldades que o método apresenta são: a preparação das amostras para posterior ataque ácido ou para dosagem dos cloretos solúveis em água, a demora para obter as leituras e o tempo para ataque das amostras.

Durante a confecção dos corpos de prova, foi adicionado cloreto de sódio (0,3% em NaCl); de acordo com os cálculos no anexo A. Pode-se observar que os resultados das análises deveriam ser iguais ou inferiores a 0,028% de Cl. Isto é verificado de acordo com a Tabela 9, e o valor de cloreto na média geral foi bem próximo do adicionado. Os resultados encontrados para cloreto solúvel, por sua vez, foram inferiores aos de cloreto total. Se comparada a média geral com o valor estequiométrico adicionado, o resultado foi inferior ao cloreto adicionado, tanto nas análises para cloreto total, quanto para cloreto solúvel, sendo aproximadamente o dobro a diferença entre o laboratório 1 e 2, conforme esquema posterior.

Com relação ao cloreto total, não houve variação entre as profundidades para os concretos com os diferentes tipos de cimento.

Os maiores percentuais de cloretos na dosagem de cloreto total ocorreu no cimento tipo V para o laboratório 1. Os menores percentuais de cloreto no laboratório 1 foram para o cimento tipo III e IV. O que justifica o dito no texto sobre quanto maior o teor de adição maior a capacidade de retenção de cloreto na forma de cloroaluminato. De acordo também com a tabela 6, o CP II F apresenta menor teor de óxido de alumínio e o CP IV e CP II maior teor de óxido de alumínio.

Com relação aos cloretos solúveis em água, o CPI apresentou maior teor de cloretos para o laboratório I e para o laboratório 2, o maior teor de cloreto foi para o CPIII (maior teor de sílica). E o clínquer e a escória reagiram formando cloroaluminato.

Tabela 9 - comparação entre as médias finais de % de cloretos totais e solúveis nos dois laboratórios.

<b>Tipo de Cimento</b>	<b>% Cl total (média final)-Lab 1.</b>	<b>%Cl solúvel (média final) Lab.1</b>	<b>Diferença</b>
CPI	0,027	0,0152	0,012
CPII	0,029	0,019	0,01
CPIII	0,027	0,017	0,01
CPIV	0,027	0,019	0,01
CP V	0,029	0,019	0,01
CPI	0,026	0,021	0,005
CPII	0,024	0,02	0,004
CPIII	0,025	0,023	0,002
CPIV	0,025	0,021	0,004
CP V	0,024	0,019	0,004

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A previsão de término desta dissertação é Fevereiro de 2001. Serão feitos ensaios no Laboratório de Química da Escola Politécnica de Pernambuco, assim como serão comparados com os resultados obtidos no Laboratório de Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para posterior discussões dos resultados e conclusões.

Foi também objetivo deste trabalho padronizar as técnicas de determinação de cloretos para que sejam implantados os procedimentos metodológicos no Laboratório de Química da Escola Politécnica da UPE, graças ao intercâmbio entre instituições USP e UPE.

**ANEXO A - Cálculo dos teores de cloreto de referência, no cimento e no concreto.**

Densidade do concreto fresco : 2367 kg/m<sup>3</sup>

Consumo de cimento no concreto: 367 kg/m<sup>3</sup>

Cloreto total usado sobre a massa de cimento:

0,3% NaCl<sup>-</sup> sobre massa de cimento

0,18% Cl<sup>-</sup> sobre massa de cimento

Cloreto total usado sobre a massa de concreto:

Consumo: 367 - 100

X - 0,18% Cl<sup>-</sup>/cimento

X= 0,66 Kg de Cl<sup>-</sup>/m<sup>3</sup> de concreto fresco

Densidade: 2367 - 100

0,66 - % Cl<sup>-</sup>/concreto

% Cl<sup>-</sup> = 0,028 no concreto fresco

**Obs.: Os resultados devem ser semelhantes a este valor. Igual ou inferior ao mesmo.**

## **ANEXO B – Métodos<sup>1</sup> de determinação de cloreto total e solúvel em água**

### **1. Equipamentos**

- Agitador magnético
- Balança com resolução de 0,0001 g
- Bastão magnético recoberto com teflon
- Eletrodo de Prata Combinado, Prata/ Cloreto de Prata
- Estufa para temperatura de 110 °C
- Bureta Automática de 10 mL, com resolução de 0,01 mL ou Microbureta de 10 mL, e resolução 0,02 mL
- Peneira ABTN nº. 20 (0,84 mm)
- Potenciômetro com escala em mV e resolução de 0,1 mV, (preferencialmente com leitura digital)
- Vidorrias ( pipeta volumétrica, Balão volumétrico, bêquer, funil, bastão de vidro, vidro de relógio)
- Chapa elétrica
- Micro-bureta, classe A, com capacidade de 10 mL e divisões de 0,02 mL.

### **2. Reagentes**

- Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) p.a. Concentrado ( $d = 1,4$  e 65%)
- Cloreto de Sódio ( $\text{AgNO}_3$ ) p.a.
- Nitrato de Prata ( $\text{AgNO}_3$ ) p.a.
- Peróxido de Hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a 30%

---

<sup>1</sup> Os métodos descritos neste anexo são baseados nos métodos empregados pelo IPT e ASTM.

- Indicador de Metilorange p.a.
- Cloreto de Potássio (KCl) P.A. (necessária apenas para o eletrodo de Prata metálica).

### **3. Preparação de Amostras**

No caso de clínquer, concretos e argamassas moer a amostra até passar em peneira ABTN nº. 20 (0,84 mm). Para o cimento, não é necessário moagem prévia. Guardar o material preparado para ensaio em frasco bem fechado em local ao abrigo de calor.

### **4. Preparo das Soluções**

#### **4.1. Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) – (1:1)**

Em um bêquer, colocar 500 mL água e adicionar 500 mL de  $\text{HNO}_3$ .

**4.2. Solução padrão de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) – 0,05 N.** Secar o cloreto de sódio entre 105 °C e 110 °C até a massa constante. (Em geral são necessários 3-6 horas em estufa para atingir massa constante). Pesar exatamente 2,9222 g do reagente seco, dissolver em água e diluir exatamente 1 L em balão Volumétrico. Homogeneizar. Esta solução é padrão primário, não necessitando ser padronizada.

$$m = N \cdot Eq \cdot V \quad : \quad m = 0,5 \times 58,5 \times 1 \quad : \quad m = 2,925 \text{ g}$$

**4.3. Solução padrão de Nitrato de Prata (0,05 N  $\text{AgNO}_3$ ).** Dissolver 8,4938 g de nitrato de prata em água. Diluir a 1 L em balão volumétrico e homogeneizar. Padronizar contra 5,0 mL de solução padrão de Cloreto de Sódio 0,05 N diluídos a 150 mL com água, seguindo o

procedimento de titulação recomendado no item 7 começando com a segunda frase (Colocar o béquer sobre um agitador magnético e adicionar um bastão de agitação recoberto de teflon...) A normalidade exata deverá ser calculada a partir da média de três determinações calculadas como se segue:

$$N = \frac{0,05 \times 5 \text{ mL}}{V} \quad N = \frac{0,25}{V_{\text{gasto}}}$$

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$0,05 \times 5 = N_2 \cdot X$$

Onde

$N$  = normalidade de solução  $\text{AgNO}_3$

$V$  = Volume da Solução  $\text{AgNO}_3$ , mL.

Podem ser utilizadas soluções padrão comercialmente disponíveis.

#### 4.4. Solução indicadora de alaranjado de metila - 0,2 %

O método ASTM C114/99 diz que é alaranjado de metila 0,2%

Prepara uma solução contendo 2 g de metil orange por litro de álcool etílico 95%.

#### 4.5. Solução ajustadora de força iônica ( $\text{NaNO}_3$ ou $\text{KNO}_3$ )

É  $\text{NaNO}_3$  ou  $\text{KNO}_3$ , pelo método ABCP. Pelo método da USP – poli adiciona-se 2 mL de  $\text{NaCl}$  0,05N a 50 mL da amostra.

## 5. Procedimento Experimental

### 5.1. Método A – Determinação de Cloreto Solúvel em ácido – Cloreto total

#### Objetivo

Este método prescreve procedimentos para amostragem e determinação do teor de cloreto total de concretos, argamassas e cimentos.

5.1.1. Pesar uma amostra de cerca de 5.000 g de cimento ou 10.000 g para concreto em um béquer de 250 mL. A amostra deve ser diminuída se o teor for superior a 0,15%<sup>2,3</sup>. Como o teor de cloreto no concreto é de 0,3%, a massa de concreto deverá ser de 5.000g.

Obs: Se a amostra estiver muito fina, irá se formar um excesso de sílica gel durante a digestão com ácido nítrico, dificultando a filtração subsequente.

5.1.2. Dispersar a amostra com 75 mL de água. Adicionar lentamente 25 mL de ácido nítrico diluído (1:1), desfazendo as partículas com a ponta do bastão de vidro. Agitar até completar a dissolução<sup>4</sup>.

5.1.3. Adicionar 3 gotas de indicador de alaranjado de metila e agitar. Cobrir o béquer com o vidro de relógio de 1 a 2 minutos. Se uma coloração amarelo para amarelo-laranja aparecer no sobrenadante, a solução não está suficientemente ácida. Adicionar ácido nítrico

---

<sup>2</sup> Utilizar estas massas havendo uma expectativa de concentração de cloretos abaixo de 0,15 %. Caso o teor de cloretos seja superior a 0,15 %, utilizar uma massa menor que a recomendada. Usar cimento na forma normal do mesmo, sem moagem adicional. Amostras com granulometria maior devem ser moídas, até passagem na peneira nº 200.

<sup>3</sup> Executar o ensaio, em duas amostras preferencialmente; se houver odor pronunciado de sulfeto, adicionar 3 mL de peróxido de hidrogênio (solução a 30 % de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), levar o béquer com amostra à fervura, mantendo-o coberto com o vidro de relógio, por apenas alguns segundos.

diluído (1:1), gota a gota com agitação, até aparecimento de coloração rósea ou vermelha persistente, então adicionar 10 gotas em excesso. Aquecer o béquer coberto até o início da ebólition, não mais que alguns segundos<sup>5</sup>. Remover o béquer da chapa quente.

Não devem utilizar quantidades excessivas de ácido para evitar a remoção da cobertura de cloreto de prata do eletrodo.

5.1.4. Filtrar a solução de amostra em papel de filtro de textura média (nº. 40), lavando com porções de 25 mL de água. Recolher a solução em balão volumétrico de 250 mL ou 500 mL; esfriar e completar o volume com água. O béquer original deverá ser utilizado<sup>6,7</sup>.

5.1.5. Esfriar o filtrado à temperatura ambiente. O pH deverá estar na faixa ao redor de 2.5. O volume não deve exceder 175 mL. Reservar para leitura.

5.1.6. Para potenciômetros equipados com escala analógica é necessário estabelecer o “ponto de equivalência”; imergir os eletrodos em um béquer com água e ajustar o instrumento para ler cerca de 20 mV menos que o centro da escala. Anotar esse valor. Remover o béquer e limpar os eletrodos com papel absorvente.

5.1.7. À amostra esfriada do ítem 5, adicionar 2 mL de NaCl 0,05N. Colocar o béquer sobre um agitador magnético e adicionar um bastão de agitação recoberto de teflon. Imergir

<sup>4</sup> Escória e cimentos de alto forno contêm sulfetos em concentrações que podem interferir na determinação.

<sup>5</sup> É importante manter o béquer coberto durante o aquecimento e a digestão para prevenir a perda de cloreto por volatilização.

<sup>6</sup> Não é necessário limpar todo o resíduo a partir das paredes do béquer nem é necessário que o filtrado remova todo o material finamente dividido. A titulação pode ser realizada em uma solução contendo uma pequena quantidade de material sólido pois não há interferência.

os eletrodos na solução, observando que o bastão de agitação não toque nos eletrodos; agitar suavemente. Colocar a ponta da torneira da bureta de 10 mL , preenchida com solução padrão 0,05N de AgNO<sub>3</sub>, dentro da solução ou acima da solução<sup>8,9</sup>.

5.1.8. Titular gradualmente, anotando o volume de solução padrão de AgNO<sub>3</sub> 0,05N, necessário para obter uma leitura de -60 mV do ponto de equivalência encontrado com água. Continuar a titulação com incrementos de 0,2 mL. Anotar as leituras na bureta e os valores correspondentes do milivoltímetro, nas colunas 1 e 2 de um papel com 4 colunas. Deixar transcorrer tempo suficiente entre cada adição para que os eletrodos entrem em equilíbrio com a solução da amostra. A experiência demonstrou que leituras aceitáveis são obtidas quando o menor valor da escala não muda em um período de 5 s (geralmente em 2 min).

5.1.9. Próximo ao ponto de equivalência, adições iguais de solução de AgNO<sub>3</sub> causam maiores mudanças nas leituras do milivoltímetro . Além do ponto de equivalência a mudança de voltagem para cada incremento de volume irá novamente diminuir. Continuar a titulação até ter anotado três leituras além do ponto de equivalência.

5.1.10. Calcular a diferença em milivolts entre adições sucessivas de titulante e colocar os valores na coluna 3 da planilha onde estão sendo anotados os resultados. Calcular a diferença entre valores consecutivos na coluna 3 e colocar os resultados na coluna 4. O

<sup>7</sup> Verifica-se a eliminação de cloreto, quando alguns mililitros da água de lavagem acidulada com ácido nítrico não apresentarem turvação após a adição de algumas gotas de nitrato de prata AgNO<sub>3</sub> 0,1 g/L.

<sup>8</sup> É aconselhável manter a temperatura da solução no bêquer constante durante a titulação, pois em baixas concentrações, a solubilidade do cloreto de prata varia muito com a temperatura.

ponto de equivalência da titulação será no intervalo  $\Delta mV$  máximo da coluna 3. O ponto de equivalência exato pode ser interpolado dos resultados listados na coluna 4, como mostrado no anexo.

**5.1.11. Branco-** Fazer um ensaio, usando 75 mL de água no lugar da amostra, seguindo o procedimento de acordo com os ítems de 1 a 5. Para análise rotineira o branco pode ser omitido; nesses casos, calcular a percentagem de cloreto na amostra usando a seguinte equação:

$$C_{l(\%)} = 3,5453 \times (V \cdot N - 0,10) / w$$

Onde :

$V$  = mililitros de  $\text{AgNO}_3$  utilizados na titulação da amostra (ponto de equivalência)

$N$  = normalidade exata da solução de  $\text{AgNO}_3$  0,05N.

0,1 = miliequivalentes de  $\text{NaCl}$  adicionados ( $2,0 \text{ mL} \times 0,05\text{N}$ ).

$w$  = massa da amostra, em g.

#### CÁLCULOS:

Calcular a percentagem de cloretos com aproximação de 0,001% como segue:

$$\% \text{ Cl} = 3,5453 \times V_1 N / w$$

Onde:

$V_1$  = mililitros de solução de  $\text{AgNO}_3$  0,05 N usados na titulação da amostra (ponto de equivalência). Isto é: Volume gasto na amostra – Volume gasto no branco.

$N$  = normalidade exata de  $\text{AgNO}_3$  0,05N

$w$  = massa da amostra, em g.

<sup>9</sup> Se a ponta da bureta está fora da solução durante a titulação, as gotículas de solução aderidas, devem ser transferidas ao bêquer de titulação com alguns mililitros de água após cada adição de  $\text{AgNO}_3$ .

Tabela 10 - Exemplo de determinação do ponto de equivalência para determinação de cloreto.

<b>Coluna 1- AgNO<sub>3</sub>, mL</b>	<b>Coluna 2-potencial, mV</b>	<b>Coluna 3 ΔmV<sup>A</sup></b>	<b>Coluna 4 Δ<sup>2</sup>mV<sup>A</sup></b>
1,6	125,3		
		5,8	
1,8	119,5		+1,4
		7,2	
2,0	112,3		+1,3
		8,5	
2,2	103,8		+1,3
		9,8	
2,4	94,0		-0,6
		9,2	
2,6	84,8		-2,3
		6,9	
2,8	77,9		-0,8
		6,1	
3,0	71,8		-1,3
		4,8	
3,2	67,0		

O ponto de equivalência está no intervalo de ΔmV máximo (coluna 3) e, portanto, entre 2,20 e 2,4 mL. O valor exato do ponto de equivalência nesses incrementos de 0,2mL é calculado a partir dos valores de Δ<sup>2</sup>mV (coluna 4), como segue:

$$\text{Ponto de equivalência} = 2,20 + \frac{1,3}{1,3+0,6} \times 0,20 = 2,337 \text{ mL, arredondar para } 2,34 \text{ mL.}$$

- 1) Diferenças entre leituras sucessivas na coluna 2, quando os incrementos de titulante forem constantes. Para incrementos diferentes deve-se calcular ΔmV/ΔV, onde ΔV são os incrementos de volume de titulante.
- 2) Diferenças entre leituras sucessivas na coluna 3.

## 5.2. Método B- Determinação de cloretos solúveis em água

### Objetivo

Este método prescreve procedimentos para amostragem e determinação do teor de cloreto solúvel em água de concretos, argamassas e cimentos.

- 5.2.1. Triturar as amostras de forma que todo material passe pela peneira N° 200.
- 5.2.2. Pesar uma amostra tendo uma massa de aproximadamente 5,0000g para cimento ou 10,0000g para concreto e demais materiais<sup>10</sup>. Transferir para bêquer de 250 mL .
- 5.2.3. Adicionar 50 mL ou 100 mL de água quente, cobrir com um vidro de relógio e ferver por 5 min. Deixar em repouso por 24 h. Filtrar por gravidade ou sucção através de um papel filtração média (n. 40) para um balão volumétrico de 250 mL. Lavar com água quente até a eliminação de cloretos<sup>11</sup>.
- 5.2.4. Esperar esfriar e adicionar 3 mL de ácido nítrico 1:1. Homogeneizar.
- 5.2.5. Reservar o filtrado para leitura, o pH deve estar na faixa de 2.5.
- 5.2.6. Fazer um ensaio em branco de acordo com o procedimento 11(do método de cloretos totais).
- 5.2.7. Efetuar as leituras por potenciometria.
  - Transferir uma alíquota de 100 mL, do reservado em 4 (do ítem anterior), para um bêquer de 250 mL. Adicionar 2 mL de cloreto de sódio (NaCl) 0,05N.
  - Colocar um bastão magnético no bêquer. Imergir o eletrodo na solução. Titular com solução de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,05N por meio de microbureta de 10 mL ou bureta automática. Titular lentamente com pequenas adições de nitrato de prata (por

<sup>10</sup> A quantidade de amostra a ser tomada variará com a ordem de grandeza do teor de cloretos.

exemplo 0,05 mL, anotando o volume (V) e o potencial (mV) correspondente a cada adição. Deixar transcorrer tempo suficiente entre uma adição e outra até a estabilização para a leitura do potencial. Continuar a titulação adicionando no mínimo 0,25 mL do titulante, além do ponto de equivalência<sup>12,13</sup>.

- Calcular a diferença de potencial por volume ( $\Delta E/\Delta V$ ) entre adições sucessivas de titulante e colocar os valores na coluna 3 da planilha onde estão sendo anotados os resultados. Calcular a diferença entre valores consecutivos na coluna 3 ( $\Delta^2 E/\Delta V^2$ ) e marcar os resultados na coluna 4. Os pontos de equivalência da titulação serão nos pontos  $\Delta E/\Delta V$  máximos na coluna 3. O ponto de equivalência exato pode ser interpolado dos resultados listados na coluna 4, conforme exemplo de cálculo constante no anexo 1. Para cada titulação são determinados dois pontos de equivalência.

#### 5.2.8. Resultados

- Calcular a porcentagem de cloreto solúveis na amostra original por uma das seguintes fórmulas:

Quando forem realizados duas adições de solução de cloreto de sódio.

$$\%Cl = \frac{35,453 \times (2V_1 - V_2) \times N \times V \times 100}{1000 \times M \times (V_2 - V_1)}$$

<sup>11</sup> Verifica-se a eliminação de cloreto, quando algum mililitro de água acidulada com ácido nítrico não apresentarem turvação após a adição de algumas gotas de nitrato de prata 0,1 g/L.

<sup>12</sup> O ponto de equivalência é verificado quando ocorre maior valor da diferença de potencial ( $\Delta mV$ ).

<sup>13</sup> A medida que se aproxima o ponto de equivalência o potencial cresce mais rapidamente; deve-se então adicionar o titulante em volumes menores, por exemplo; 0,1 mL. Além do ponto de equivalência a mudança de voltagem para cada incremento de volume irá novamente diminuir. Continuar a titulação até cerca de 0,5 mL além do ponto de equivalência. Adicionar por meio de uma pipeta mais 2,0 mL de solução de cloreto de sódio 0,05 N e continuar a titulação com a solução de nitrato de prata, seguindo o procedimento anterior. Durante a titulação é aconselhável manter a temperatura da solução no bêquer constante pois a solubilidade do cloreto de prata, em baixas concentrações, varia muito com a temperatura.

Onde:

$V_1$  = Volume de nitrato de prata gasto até o primeiro ponto de equivalência, em mL.

$V_2$  = volume de nitrato de prata gasto até o segundo ponto de equivalência , em mL.

$N$  = Normalidade da solução de cloreto de sódio.

$V$  = Volume da solução de cloreto de sódio adicionado de cada vez, em mL.

$M$ = massa de amostra, em g.

- Quando for realizada apenas uma adição de solução de cloreto de sódio.

$$\% \text{ Cl} = \frac{35,453 \times V_1 \times N \times V \times 100}{1000 \times M \times (V_2 - V_1)}$$

**ANEXO C – Resultados das determinações de cloreto.**

Tabela 11. Tabela com as médias de percentuais de cloretos totais em 2 laboratórios em 4 profundidades em 5 tipos de cimentos.

<b>Tipo de cimento</b>	<b>Lab. I</b>	<b>Lab. II</b>	<b>X (média)</b>
CPI –1	0,028	0,024	0,026
CPI -2	0,027	0,025	0,027
CPI –3	0,027	0,026	0,027
CPI- 4	0,026	0,028	0,027
X= 0,027	X= 0,026	X= 0,027	0,027
CPII-1	0,029	0,022	0,026
CPII –2	0,028	0,028	0,028
CPII-3	0,029	0,022	0,026
CPII-4	0,031	0,022	0,027
X=	0,029	0,0235	0,027
CPIII-1	0,032	0,023	0,028
CPIII-2	0,024	0,026	0,025
CPIII-3	0,023	0,025	0,024
CPIII-4	0,027	0,027	0,027
X=	0,027	0,025	0,026
CPIV-1	0,03	0,023	0,027
CPIV-2	0,025	0,025	0,025
CPIV-3	0,026	0,025	0,026
CPIV-4	0,027	0,027	0,027
X=	0,027	0,025	0,026
CPV-1	0,027	0,024	0,026
CPV-2	0,028	0,022	0,025
CPV-3	0,029	0,026	0,028
CPV-4	0,032	0,025	0,029
X=	0,036	0,024	0,027

Tabela 12. Tabela com as médias de percentuais de cloretos solúveis em 2 laboratórios em 4 profundidades em 5 tipos de cimentos.

<b>Tipo de cimento</b>	<b>Lab. I</b>	<b>Lab. II</b>	<b>X (média)</b>
CPI -1	0,016	0,018	0,017
CPI -2	0,015	0,026	0,0705
CPI -3	0,015	0,023	0,019
CPI- 4	0,015	0,016	0,0155
X=	X= 0,0152	X= 0,021	0,018
CPII-1	0,020	0,023	0,0215
CPII -2	0,017	0,017	0,017
CPII-3	0,019	0,023	0,021
CPII-4	0,019	0,016	0,018
X=	0,019	0,020	0,019
CPIII-1	0,022	0,023	0,023
CPIII-2	0,015	0,020	0,018
CPIII-3	0,015	0,026	0,021
CPIII-4	0,017	0,024	0,021
X=	0,017	0,023	0,02
CPIV-1	0,019	0,020	0,020
CPIV-2	0,015	0,017	0,016
CPIV-3	0,016	0,021	0,019
CPIV-4	0,015	0,025	0,020
X=	0,0163	0,021	0,019
CPV-1	0,017	0,023	0,020
CPV-2	0,019	0,017	0,018
CPV-3	0,018	0,017	0,018
CPV-4	0,023	0,020	0,022
X=	0,019	0,0193	0,019

Tabela 13 – Resultados de cloreto solúvel encontrados pela EPUSP.

<b>Amostra</b>	<b>% Cl-/concreto</b>	<b>% Cl-/cimento</b>	<b>Teor de cimento (%)</b>
<b>CPI-1</b>	0,018	0,08	22,4
<b>CPI-2</b>	0,026	0,12	21,2
<b>CPI-3</b>	0,023	0,11	21,4
<b>CPI-4</b>	0,016	0,08	20,0
<b>CPII-1</b>	0,023	0,11	20,8
<b>CPII-2</b>	0,017	0,09	20,4
<b>CPII-3</b>	0,023	0,12	20,4
<b>CPII-4</b>	0,016	0,09	18,1
<b>CPIII-1</b>	0,023	0,10	22,3
<b>CPIII-2</b>	0,020	0,10	20,8
<b>CPIII-3</b>	0,026	0,12	21,2
<b>CPIII-4</b>	0,024	0,12	20,2
<b>CPIV-1</b>	0,020	0,10	20,8
<b>CPIV-2</b>	0,017	0,09	20,4
<b>CPIV-3</b>	0,021	0,11	20,3
<b>CPIV-4</b>	0,025	0,13	19,4
<b>CPV-1</b>	0,023	0,11	21,4
<b>CPV-2</b>	0,017	0,09	20,3
<b>CPV-3</b>	0,017	0,09	19,2
<b>CPV-4</b>	0,020	0,11	19,1

Tabela 14 – Resultados de cloreto total encontrados pela EPUSP.

<b>Amostra</b>	<b>% Cl-/concreto</b>	<b>% Cl-/cimento</b>	<b>Teor de cimento (%)</b>
<b>CPI-1</b>	0,024	0,11	22,4
<b>CPI-2</b>	0,025	0,12	21,2
<b>CPI-3</b>	0,026	0,12	21,4
<b>CPI-4</b>	0,028	0,14	20,0
<b>CPII-1</b>	0,022	0,10	20,8
<b>CPII-2</b>	0,028	0,14	20,4
<b>CPII-3</b>	0,022	0,11	20,4
<b>CPII-4</b>	0,022	0,12	18,1
<b>CPIII-1</b>	0,023	0,10	22,3
<b>CPIII-2</b>	0,026	0,12	20,8
<b>CPIII-3</b>	0,025	0,12	21,2
<b>CPIII-4</b>	0,027	0,13	20,2
<b>CPIV-1</b>	0,023	0,11	20,3
<b>CPIV-2</b>	0,025	0,13	20,4
<b>CPIV-3</b>	0,025	0,13	20,3
<b>CPIV-4</b>	0,027	0,14	19,4
<b>CPV-1</b>	0,024	0,11	21,4
<b>CPV-2</b>	0,022	0,13	20,3
<b>CPV-3</b>	0,026	0,13	19,2
<b>CPV-4</b>	0,025	0,14	19,1

Tabela 15- Valores médios comparativos entre dois laboratórios determinado em cada profundidade do corpo-de-prova, para cloreto total.

<b>Tipo de cimento</b>	<b>% de Cl- Lab.1</b>	<b>% de Cl- Lab.2</b>	<b>% de Cl- Lab.3</b>
<b>CPI-1</b>	<b>0,028</b>	<b>0,024</b>	<b>0,138</b>
<b>CPI-2</b>	<b>0,027</b>	<b>0,025</b>	
<b>CPI-3</b>	<b>0,027</b>	<b>0,026</b>	
<b>CPI-4</b>	<b>0,026</b>	<b>0,028</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,027</b>	<b>0,026</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b><math>4,4 \times 10^{-7}</math></b>	<b><math>3 \times 10^{-6}</math></b>	
<b>CPII-1</b>	<b>0,029</b>	<b>0,022</b>	<b>0,133</b>
<b>CPII-2</b>	<b>0,028</b>	<b>0,028</b>	
<b>CPII-3</b>	<b>0,029</b>	<b>0,022</b>	
<b>CPII-4</b>	<b>0,031</b>	<b>0,022</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,029</b>	<b>0,024</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b><math>1,66 \times 10^{-6}</math></b>	<b><math>4,05 \times 10^{-6}</math></b>	
<b>CPIII-1</b>	<b>0,032</b>	<b>0,023</b>	<b>0,112</b>
<b>CPIII-2</b>	<b>0,024</b>	<b>0,026</b>	
<b>CPIII-3</b>	<b>0,023</b>	<b>0,025</b>	
<b>CPIII-4</b>	<b>0,027</b>	<b>0,027</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,027</b>	<b>0,025</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b><math>1,6 \times 10^{-7}</math></b>	<b><math>3,0 \times 10^{-6}</math></b>	
<b>CPIV-1</b>	<b>0,030</b>	<b>0,023</b>	<b>0,126</b>
<b>CPIV-2</b>	<b>0,025</b>	<b>0,025</b>	
<b>CPIV-3</b>	<b>0,026</b>	<b>0,025</b>	
<b>CPIV-4</b>	<b>0,027</b>	<b>0,027</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,027</b>	<b>0,025</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b><math>4,67 \times 10^{-6}</math></b>	<b><math>2,67 \times 10^{-6}</math></b>	
<b>CPV-1</b>	<b>0,027</b>	<b>0,024</b>	<b>0,137</b>
<b>CPV-2</b>	<b>0,028</b>	<b>0,022</b>	
<b>CPV-3</b>	<b>0,029</b>	<b>0,026</b>	
<b>CPV-4</b>	<b>0,032</b>	<b>0,025</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,029</b>	<b>0,024</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b><math>4,67 \times 10^{-6}</math></b>	<b><math>3 \times 10^{-6}</math></b>	

Tabela 16- Valores médios comparativos entre dois laboratórios determinado em cada profundidade do corpo-de-prova, para cloreto solúvel em água.

<b>Tipo de cimento</b>	<b>% de Cl- Lab.1</b>	<b>% de Cl- Lab.2</b>	<b>% de Cl- Lab.3</b>
<b>CPI-1</b>	<b>0,016</b>	<b>0,018</b>	<b>0,018</b>
<b>CPI-2</b>	<b>0,015</b>	<b>0,026</b>	
<b>CPI-3</b>	<b>0,015</b>	<b>0,023</b>	
<b>CPI-4</b>	<b>0,015</b>	<b>0,016</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,0152</b>	<b>0,021</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b>2,53x10<sup>-7</sup></b>	<b>2,1x10<sup>-5</sup></b>	
<b>CPII-1</b>	<b>0,020</b>	<b>0,023</b>	<b>0,024</b>
<b>CPII-2</b>	<b>0,017</b>	<b>0,017</b>	
<b>CPII-3</b>	<b>0,019</b>	<b>0,023</b>	
<b>CPII-4</b>	<b>0,019</b>	<b>0,016</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,019</b>	<b>0,020</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b>1,67x10<sup>-6</sup></b>	<b>1,43x10<sup>-5</sup></b>	
<b>CPIII-1</b>	<b>0,022</b>	<b>0,023</b>	<b>0,024</b>
<b>CPIII-2</b>	<b>0,015</b>	<b>0,020</b>	
<b>CPIII-3</b>	<b>0,015</b>	<b>0,026</b>	
<b>CPIII-4</b>	<b>0,017</b>	<b>0,024</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,017</b>	<b>0,023</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b>1,1x10<sup>-5</sup></b>	<b>6,3x10<sup>-6</sup></b>	
<b>CPIV-1</b>	<b>0,019</b>	<b>0,020</b>	<b>0,019</b>
<b>CPIV-2</b>	<b>0,015</b>	<b>0,017</b>	
<b>CPIV-3</b>	<b>0,016</b>	<b>0,021</b>	
<b>CPIV-4</b>	<b>0,015</b>	<b>0,025</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,016</b>	<b>0,021</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b>3,67x10<sup>-6</sup></b>	<b>1,1x10<sup>-5</sup></b>	
<b>CPV-1</b>	<b>0,017</b>	<b>0,023</b>	<b>0,019</b>
<b>CPV-2</b>	<b>0,019</b>	<b>0,017</b>	
<b>CPV-3</b>	<b>0,018</b>	<b>0,017</b>	
<b>CPV-4</b>	<b>0,023</b>	<b>0,020</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,019</b>	<b>0,019</b>	
<b>VARIÂNCIA</b>	<b>7x10<sup>-6</sup></b>	<b>8,3x10<sup>-6</sup></b>	

# Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPI-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0505	10,0426
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0202	4,0170	g
-----------------------	--------	--------	---

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,66	V <sub>B</sub>	2,6	2,63
%Cl <sup>-</sup>	0,0289	%Cl <sup>-</sup>	0,0262	0,0276
ppm Cl <sup>-</sup>	288,7	ppm Cl <sup>-</sup>	262,5	275,6

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0276**  
 Média - Amostra - Branco, (ppm) = **275,6**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,4	42		
2,2	43,8	69,5	27,5	0
2,4	57,7	136	66,5	0
2,6	84,9	168	32	2,66
2,8	118,5	90	-78	0
3,0	136,5	54,5	-35,5	0
3,2	147,4	41	-13,5	0
3,4	155,6			

**V<sub>1</sub> = 2,66**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,6	52,5		
2,2	46,1	72	19,5	0
2,4	60,5	150	78	2,6
2,6	90,5	148,5	-1,5	0
2,8	120,2	82,5	-66	0
3,0	136,7	52	-30,5	0
3,2	147,1	42,5	-9,5	0
3,4	155,6			

**V<sub>2</sub> = 2,6**

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			
				0
				0

**V<sub>1</sub> = 0**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

**V<sub>2</sub> = 0,19**

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPI-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	11,7003	10,1047
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,6801	4,0419	g
-----------------------	--------	--------	---

	A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,71	V <sub>B</sub>	2,62
%Cl <sup>-</sup>	0,0267	%Cl <sup>-</sup>	0,0270
ppm Cl <sup>-</sup>	266,9	ppm Cl <sup>-</sup>	269,6
			268,2

Média - Amostra - Branco, (%) =	<b>0,0268</b>
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	<b>268,2</b>

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	33,5	44		
2,2	42,3	56	12	0
2,4	53,5	103,5	47,5	0
2,6	74,2	171	67,5	2,71
2,8	108,4	110	-61	0
3,0	130,4	69	-41	0
3,2	144,2	39	-30	0
3,4	152			

$$V_1 = 2,71$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,5	46,5		
2,2	44,8	69,5	23	0
2,4	58,7	141,5	72	0
2,6	87	147	5,5	2,62
2,8	116,4	91	-56	0
3,0	134,6	56	-35	0
3,2	145,8	41	-15	0
3,4	154			0
				0
				0

$$V_2 = 2,62$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

	A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>	1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0
			0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

# Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPI-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,1781	10,2961
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{AgNO_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{NaCl^-}$ :	0,05	0,05

Resultados

$m_{aliqouta}$	4,0712	4,1184	g
----------------	--------	--------	---

	A	B	Média
$V_A$	2,63	$V_B$	2,62
%Cl <sup>-</sup>	0,0272	%Cl <sup>-</sup>	0,0265
ppm Cl <sup>-</sup>	272,0	ppm Cl <sup>-</sup>	264,6
			268,3

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0268 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 268,3 \end{aligned}$$

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
2,0	36,4	50		
2,2	46,4	73	23	0
2,4	61	141	68	0
2,6	89,2	157,5	16,5	2,63
2,8	120,7	77,5	-80	0
3,0	136,2	53,5	-24	0
3,2	146,9			0

$$V_1 = 2,63$$

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
2,0	36,9	51,5		
2,2	47,2	85	33,5	0
2,4	64,2	136,5	51,5	0
2,6	91,5	145	8,5	2,62
2,8	120,5	71	-74	0
3,0	134,7	6581,5	6510,5	0
3,2	1451			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,62$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{AgNO_3^-}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{aliqouta}$	1	cte	0,1773
----------------	---	-----	--------

	A	B	Média
$V_A$	2,17	$V_B$	1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	<b>CPI-4</b>	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,2311	10,1612
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgoNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

### Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0924	4,0645	g
-----------------------	--------	--------	---

Média		
A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,6	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0258	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	257,6	ppm Cl <sup>-</sup>
		255,1
		256,3

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0256**  
 Média - Amostra - Branco, (ppm) = **256,3**

V <sub>AgoNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36,4	50		
2,2	46,4	78	28	0
2,4	62	146,5	68,5	2,6
2,6	91,3	145	-1,5	0
2,8	120,3	73,5	-71,5	0
3,0	135	50	-23,5	0
3,2	145			0

V<sub>1</sub> = 2,6

V <sub>AgoNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36,4	53,5		
2,2	47,1	79,5	26	0
2,4	63	149,5	70	2,59
2,6	92,9	146,5	-3	0
2,8	122,2	71	-75,5	0
3,0	136,4	48	-23	0
3,2	146			0
				0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,59

Nº da amostra:	<b>Branco</b>
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgoNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

Média		
A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0
		0,0

V <sub>AgoNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>AgoNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,2038	4,0674	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPII-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,5095	10,1686
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Média - Amostra - Branco, (%) =	<b>0,0289</b>
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	<b>289,3</b>

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,1	44,5		
2,2	44	66	21,5	0
2,4	57,2	117	51	0
2,6	80,6	175,5	58,5	2,68
2,8	115,7	83	-92,5	0
3,0	132,3	56,5	-26,5	0
3,2	143,6	42	-14,5	0
3,4	152			

**V<sub>1</sub> = 2,68**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,1	54,5		
2,2	46	63,5	9	0
2,4	58,7	125	61,5	0
2,6	83,7	172,5	47,5	2,68
2,8	118,2	95	-77,5	0
3,0	137,2	57	-38	0
3,2	148,6	55	-2	0
3,4	159,6			0
				0
				0

**V<sub>2</sub> = 2,68**

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

**V<sub>1</sub> = 0**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

**V<sub>2</sub> = 0,19**

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPII-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0970	10,0366
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

### Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0388	4,0146	g
-----------------------	--------	--------	---

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,64	V <sub>B</sub>	2,66	2,65
%Cl <sup>-</sup>	0,0279	%Cl <sup>-</sup>	0,0289	0,0284
ppm Cl <sup>-</sup>	278,6	ppm Cl <sup>-</sup>	289,1	283,8

Média - Amostra - Branco, (%) = 0,0284  
Média - Amostra - Branco, (ppm) = 283,8

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,4	60,2	137		
2,6	87,6	152	15	2,64
2,8	118	83	-69	0
3,0	134,6	52	-31	0
3,2	145	39,5	-12,5	0
3,4	152,9			0
				0

V<sub>1</sub> = 2,64

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36	46		
2,2	45,2	71,5	25,5	0
2,4	59,5	130	58,5	0
2,6	85,5	161,5	31,5	2,66
2,8	117,8	90	-71,5	0
3,0	135,8	55	-35	0
3,2	146,8	36	-19	0
3,4	154			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,66

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0654	4,3260	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPII-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,1634	10,8150
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,67	V <sub>B</sub>	2,72	2,695
%Cl <sup>-</sup>	0,0290	%Cl <sup>-</sup>	0,0293	0,0291
ppm Cl <sup>-</sup>	289,8	ppm Cl <sup>-</sup>	292,8	291,3

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0291**  
 Média - Amostra - Branco, (ppm) = **291,3**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36	47		
2,2	45,4	71	24	0
2,4	59,6	132	61	0
2,6	86	170	38	2,67
2,8	120	91,5	-78,5	0
3,0	138,3	52,5	-39	0
3,2	148,8	41	-11,5	0
3,4	157			

**V<sub>1</sub> = 2,67**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,05	35,5	48		
2,25	45,1	71	23	0
2,45	59,3	125,5	54,5	0
2,65	84,4	165,5	40	2,72
2,85	117,5	93	-72,5	0
3,05	136,1	57	-36	0
3,25	147,5	37,5	-19,5	0
3,45	155			0
				0
				0

**V<sub>2</sub> = 2,72**

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

**V<sub>1</sub> = 0**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

**V<sub>2</sub> = 0,19**

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

<b>m<sub>aliquota</sub></b>	4,1448	4,1422	g
-----------------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	<b>CPII-4</b>	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,3621	10,3555
Alíquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,73	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0310	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	309,9	ppm Cl <sup>-</sup>
		305,7

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= \mathbf{0,0306} \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= \mathbf{305,7} \end{aligned}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,25	43,8	66		
2,45	57	117	51	0
2,65	80,4	160	43	2,73
2,85	112,4	98	-62	0
3,05	132,0	56	-42	0
3,25	143,2	40	-16	0
3,45	151,2			0

$$V_1 = 2,73$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	33,3	40		
2,2	41,3	57	17	0
2,4	52,7	101,5	44,5	0
2,6	73	173,5	72	2,71
2,8	107,7	109,5	-64	0
3,0	129,6	63,5	-46	0
3,2	142,3	44	-19,5	0
3,4	151,1			0
				0
				0

$$V_2 = 2,71$$

Nº da amostra:	<b>Branco</b>
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Alíquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

<b>m<sub>aliquota</sub></b>	1	cte	0,1773
-----------------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0176	4,0422	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPIII-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0439	10,1055
Alíquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,73	V <sub>B</sub>	2,75	2,74
%Cl <sup>-</sup>	0,0320	%Cl <sup>-</sup>	0,0326	0,0323
ppm Cl <sup>-</sup>	319,7	ppm Cl <sup>-</sup>	326,5	323,1

Média - Amostra - Branco, (%) = 0,0323  
 Média - Amostra - Branco, (ppm) = 323,1

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	33,2	40		
2,2	41,2	57,5	17,5	0
2,4	52,7	90,5	33	0
2,6	70,8	171	80,5	2,73
2,8	105	125	-46	0
3,0	130	72	-53	0
3,2	144,4	40	-32	0
3,4	152,4			

V<sub>1</sub> = 2,73

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	32,5	37,5		
2,2	40	55	17,5	0
2,4	51	87	32	0
2,6	68,4	160	73	2,75
2,8	100,4	134,5	-25,5	0
3,0	127,3	72,5	-62	0
3,2	141,8	45	-27,5	0
3,4	150,8			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,75

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Alíquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{aliquota}}$	4,0233	4,0065	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPIII-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0582	10,0163
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

A		B		Média
$V_A$	2,54	$V_B$	2,57	2,555
%Cl <sup>-</sup>	0,0236	%Cl <sup>-</sup>	0,0250	0,0243
ppm Cl <sup>-</sup>	235,7	ppm Cl <sup>-</sup>	249,9	242,8

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0243 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 242,8 \end{aligned}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
2,0	38,1	53,5		
2,2	48,8	89	35,5	0
2,4	66,6	162,5	73,5	2,54
2,6	99,1	134	-28,5	0
2,8	125,9	73	-61	0
3,0	140,5	47,5	-25,5	0
3,2	150			0
				0
				0
				0

$$V_1 = 2,54$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
2,0	37,4	51,5		
2,2	47,7	82,5	31	0
2,4	64,2	170	87,5	2,57
2,6	98,2	153	-17	0
2,8	128,8	76	-77	0
3,0	144	49	-27	0
3,2	153,8			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,57$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{aliquota}}$	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
$V_A$	2,17	$V_B$		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPIII-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,2342	10,0203
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

### Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0937	4,0081	g
-----------------------	--------	--------	---

	A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,53	V <sub>B</sub>	2,53
%Cl <sup>-</sup>	0,0227	%Cl <sup>-</sup>	0,0232
ppm Cl <sup>-</sup>	227,3	ppm Cl <sup>-</sup>	232,2
			229,7

Média - Amostra - Branco, (%) =	<b>0,0230</b>
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	<b>229,7</b>

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	38,4	56		
2,2	49,6	90,5	34,5	0
2,4	67,7	181	90,5	2,53
2,6	103,9	130,5	-50,5	0
2,8	130	70	-60,5	0
3,0	144	46	-24	0
3,2	153,2			0

$V_1 = 2,53$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	38,4	55		
2,2	49,4	99,5	44,5	0
2,4	69,3	165	65,5	2,53
2,6	102,3	132	-33	0
2,8	128,7	70,5	-61,5	0
3,0	142,8	46	-24,5	0
3,2	152			0
				0
				0
				0

$V_2 = 2,53$

Nº da amostra:	<b>Branco</b>
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

	A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>	1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$V_1 = 0$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$V_2 = 0,19$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,1802	4,0292	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	<b>CPIII-4</b>	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,4505	10,0730
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,67	V <sub>B</sub>	2,6	2,635
%Cl <sup>-</sup>	0,0282	%Cl <sup>-</sup>	0,0262	0,0272
ppm Cl <sup>-</sup>	281,9	ppm Cl <sup>-</sup>	261,7	271,8

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0272**  
 Média - Amostra - Branco, (ppm) = **271,8**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,4	48		
2,2	45	68	20	0
2,4	58,6	126	58	0
2,6	83,8	161,5	35,5	2,67
2,8	116,1	95	-66,5	0
3,0	135,1	57	-38	0
3,2	146,5	40	-17	0
3,4	154,5			

$$V_1 = 2,67$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36	48		
2,2	45,6	74	26	0
2,4	60,4	147	73	0
2,6	89,8	148,5	1,5	2,6
2,8	119,5	82	-66,5	0
3,0	135,9	52,5	-29,5	0
3,2	146,4	40	-12,5	0
3,4	154,4			0
				0
				0

$$V_2 = 2,6$$

Nº da amostra:	<b>Branco</b>
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

<b>m<sub>aliquota</sub></b>	<b>4,2261</b>	<b>4,0393</b>	<b>g</b>
-----------------------------	---------------	---------------	----------

<b>CPIV-1</b>	
Material:	concreto
Massa (g):	10,5653
Aliquota (mL):	100
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499
Vol. de Adição:	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05

<b>A</b>		<b>B</b>		<b>Média</b>
V <sub>A</sub>	2,71	V <sub>B</sub>	2,69	2,7
%Cl <sup>-</sup>	0,0296	%Cl <sup>-</sup>	0,0300	0,0298
ppm Cl <sup>-</sup>	295,5	ppm Cl <sup>-</sup>	300,4	298,0

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= \mathbf{0,0298} \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= \mathbf{298,0} \end{aligned}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	33,5	43,5		
2,2	42,2	60	16,5	0
2,4	54,2	101	41	0
2,6	74,4	169,5	68,5	2,71
2,8	108,3	117	-52,5	0
3,0	131,7	69	-48	0
3,2	145,5	39,5	-29,5	0
3,4	153,4			

$$V_1 = \mathbf{2,71}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	34,7	43,5		
2,2	43,4	69	25,5	0
2,4	57,2	113	44	0
2,6	79,8	164,5	51,5	2,69
2,8	112,7	107	-57,5	0
3,0	134,1	61,5	-45,5	0
3,2	146,4	42	-19,5	0
3,4	154,8			0
				0
				0

$$V_2 = \mathbf{2,69}$$

Nº da amostra:	<b>Branco</b>
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

<b>m<sub>aliquota</sub></b>	<b>I</b>	<b>cte</b>	<b>0,1773</b>
-----------------------------	----------	------------	---------------

<b>A</b>		<b>B</b>		<b>Média</b>
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = \mathbf{0}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = \mathbf{0,19}$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

# Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPIV-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,1523	10,0920
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0609	4,0368	g
-----------------------	--------	--------	---

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,58	V <sub>B</sub>	2,59	2,585
%Cl <sup>-</sup>	0,0251	%Cl <sup>-</sup>	0,0257	0,0254
ppm Cl <sup>-</sup>	250,9	ppm Cl <sup>-</sup>	256,8	253,9

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0254**  
 Média - Amostra - Branco, (ppm) = **253,9**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,1	42,6	65		
2,3	55,6	124,5	59,5	0
2,5	80,5	165,5	41	2,58
2,7	113,6	103,5	-62	0
2,9	134,3	59,5	-44	0
3,1	146,2	41	-18,5	0
3,3	154,4			0
	<b>V<sub>1</sub> = 2,58</b>			

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,1	41,4	64		
2,3	54,2	112,5	48,5	0
2,5	76,7	174,5	62	2,59
2,7	111,6	104,5	-70	0
2,9	132,5	60,5	-44	0
3,1	144,6	42	-18,5	0
3,3	153			0
				0
				0
				0
	<b>V<sub>2</sub> = 2,59</b>			

Nº da amostra:	Branco	
Material:	Concreto	
Massa (g):	5	
Aliquota (mL):	50	
Nº de Adições:	1	
Vol. do Balão:	250	
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05	
Vol. de Adição:	2	

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0
	<b>V<sub>1</sub> = 0</b>			

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0
	<b>V<sub>2</sub> = 0,19</b>			

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPIV-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,1663	10,2530
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0665	4,1012	g
-----------------------	--------	--------	---

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,57	V <sub>B</sub>	2,62	2,595
%Cl <sup>-</sup>	0,0246	%Cl <sup>-</sup>	0,0266	0,0256
ppm Cl <sup>-</sup>	246,2	ppm Cl <sup>-</sup>	265,7	256,0

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= \mathbf{0,0256} \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= \mathbf{256,0} \end{aligned}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36,7	49,5		
2,2	46,6	95	45,5	0
2,5	75,1	188	93	2,57
2,6	93,9	151,5	-36,5	0
2,8	124,2	80	-71,5	0
3,0	140,2	52,5	-27,5	0
3,2	150,7	37	-15,5	0
3,4	158,1			0

$$V_1 = 2,57$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36,8	50		
2,2	46,8	80,5	30,5	0
2,4	62,9	146,5	66	0
2,6	92,2	156	9,5	2,62
2,8	123,4	81,5	-74,5	0
3,0	139,7	51,5	-30	0
3,2	150	36,5	-15	0
3,4	157,3			0
				0
				0

$$V_2 = 2,62$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

# Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPIV-4	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,5521	10,3136
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

## Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,2208	4,1254	g
-----------------------	--------	--------	---

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,65	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0271	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	270,8	ppm Cl <sup>-</sup>
		269,6

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0270**  
 Média - Amostra - Branco, (ppm) = **269,6**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,6	47		
2,2	45	70,5	23,5	0
2,4	59,1	134,5	64	0
2,6	86	160,5	26	2,65
2,8	118,1	85	-75,5	0
3,0	135,1	53,5	-31,5	0
3,2	145,8	39,5	-14	0
3,4	153,7			

V<sub>1</sub> = 2,65

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	36,4	54,5		
2,2	47,3	70	15,5	0
2,4	61,3	140,5	70,5	0
2,6	89,4	156	15,5	2,63
2,8	120,6	82	-74	0
3,0	137	57	-25	0
3,2	148,4	37	-20	0
3,4	155,8			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,63

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPV-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,1493	10,0986
Alíquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{AgNO_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{NaCl}$ :	0,05	0,05

Resultados

$m_{aliquota}$	4,0597	4,0394	g
----------------	--------	--------	---

A		B		Média
$V_A$	2,64	$V_B$	2,61	2,625
% $Cl^-$	0,0277	% $Cl^-$	0,0265	0,0271
ppm $Cl^-$	277,1	ppm $Cl^-$	265,4	271,3

$$\begin{array}{l} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} = 0,0271 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} = 271,3 \end{array}$$

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
2,1	39,4	55		
2,3	50,4	86,5	31,5	0
2,5	67,7	163,5	77	2,64
2,7	100,4	131	-32,5	0
2,9	126,6	74	-57	0
3,1	141,4	47	-27	0
3,3	150,8			0

$$V_1 = 2,64$$

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
2,1	41,1	60		
2,3	53,1	101,5	41,5	0
2,5	73,4	179,5	78	2,61
2,7	109,3	116	-63,5	0
2,9	132,5	64,5	-51,5	0
3,1	145,4	43,5	-21	0
3,3	154,1			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,61$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Alíquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{AgNO_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{aliquota}$	1	cte	0,1773
----------------	---	-----	--------

A		B		Média
$V_A$	2,17	$V_B$		1,085
% $Cl^-$	0,0000	% $Cl^-$	0,0000	0,0000
ppm $Cl^-$	0,0	ppm $Cl^-$	0,0	0,0

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{AgNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

<b>m<sub>aliquota</sub></b>	4,0620	4,1111	<b>g</b>
-----------------------------	--------	--------	----------

Nº da amostra:	<b>CPV-2</b>	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,1551	10,2777
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Média</b>
V <sub>A</sub>	2,67	V <sub>B</sub>	2,65
%Cl <sup>-</sup>	0,0290	%Cl <sup>-</sup>	0,0278
ppm Cl <sup>-</sup>	290,1	ppm Cl <sup>-</sup>	278,0
			284,0

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0284 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 284,0 \end{aligned}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	35,5	50,5		
2,2	45,6	66	15,5	0
2,4	58,8	128,5	62,5	0
2,6	84,5	163,5	35	2,67
2,8	117,2	91	-72,5	0
3,0	135,4	55	-36	0
3,2	146,4	41	-14	0
3,4	154,6			

**V<sub>1</sub> = 2,67**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	37,3	41,5		
2,2	45,6	81	39,5	0
2,4	61,8	133,5	52,5	0
2,6	88,5	160	26,5	2,65
2,8	120,5	86,5	-73,5	0
3,0	137,8	53	-33,5	0
3,2	148,4	39	-14	0
3,4	156,2			0
				0
				0

**V<sub>2</sub> = 2,65**

Nº da amostra:	<b>Branco</b>
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

<b>m<sub>aliquota</sub></b>	<b>I</b>	<b>cte</b>	<b>0,1773</b>
-----------------------------	----------	------------	---------------

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Média</b>
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>	1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

**V<sub>1</sub> = 0**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

**V<sub>2</sub> = 0,19**

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPV-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,7383	10,5435
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,2953	4,2174	g
-----------------------	--------	--------	---

A	B	Média		
V <sub>A</sub>	2,72	V <sub>B</sub>	2,7	2,71
%Cl <sup>-</sup>	0,0295	%Cl <sup>-</sup>	0,0292	0,0293
ppm Cl <sup>-</sup>	294,9	ppm Cl <sup>-</sup>	292,0	293,4

$$\text{Média - Amostra - Branco, (\%) = 0,0293}$$

$$\text{Média - Amostra - Branco, (ppm) = 293,4}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	33,9	40		
2,2	41,9	56	16	0
2,4	53,1	102	46	0
2,6	73,5	179	77	2,72
2,8	109,3	127	-52	0
3,0	134,7	70,5	-56,5	0
3,2	148,8	43	-27,5	0
3,4	157,4			

$$V_1 = 2,72$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	34,2	43		
2,2	42,8	63	20	0
2,4	55,4	112,5	49,5	0
2,6	77,9	188	75,5	2,7
2,8	115,5	105	-83	0
3,0	136,5	61	-44	0
3,2	148,7	43,5	-17,5	0
3,4	157,4			0
				0
				0

$$V_2 = 2,7$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média		
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solueis em ácido

# Determinação de cloreto total - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,3178	4,4566	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPV-4	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,7944	11,1416
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,79	V <sub>B</sub>	2,8	2,795
%Cl <sup>-</sup>	0,0322	%Cl <sup>-</sup>	0,0316	0,0319
ppm Cl <sup>-</sup>	322,0	ppm Cl <sup>-</sup>	316,0	319,0

$$\text{Média - Amostra - Branco, (\%)} = 0,0319$$
$$\text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} = 319,0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,1	36,7	45		
2,3	45,7	66	21	0
2,5	58,9	128	62	0
2,7	84,5	226,5	98,5	2,79
2,9	129,8	112	-114,5	0
3,1	152,2	61	-51	0
3,3	164,4	42	-19	0
3,5	172,8	32	-10	0
3,7	179,2			0
				0

V<sub>1</sub> = 2,79

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,1	39,6	27		
2,3	45	58	31	0
2,5	56,6	116	58	0
2,7	79,8	180,5	64,5	2,8
2,9	115,9	111	-69,5	0
3,1	138,1	63	-48	0
3,3	150,7	42,5	-20,5	0
3,5	159,2			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,8

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em ácido

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,0031	4,0100	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPI-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0077	10,0250
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

A			B	Média
V <sub>A</sub>	2,32	V <sub>B</sub>	2,42	2,37
%CI	0,0140	%CI	0,0184	0,0162
ppm Cl <sup>-</sup>	139,6	ppm Cl <sup>-</sup>	183,5	161,6

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0162**  
Média - Amostra - Branco, (ppm) = **161,6**

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	36,3	58,5		
2,0	48	97	38,5	0
2,2	67,4	213,5	116,5	2,32
2,4	110,1	140,5	-73	0
2,6	138,2	73,5	-67	0
2,8	152,9	47,5	-26	0
3,0	162,4			0

V<sub>1</sub> = 2,32

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	35,4	44,5		
2,0	44,3	81	36,5	0
2,2	60,5	170	89	0
2,4	94,5	183,5	13,5	2,42
2,6	131,2	86,5	-97	0
2,8	148,5	53	-33,5	0
3,0	159,1			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,42

Nº da amostra:	Branco	
Material:	Concreto	
Massa (g):	5	
Aliquota (mL):	50	
Nº de Adições:	1	
Vol. do Balão:	250	
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05	
Vol. de Adição:	2	

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A			B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%CI	0,0000	%CI	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em água

# Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	3,8888	4,2454	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPI-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	9,7219	10,6136
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>A<sub>2</sub>NO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Média - Amostra - Branco, (%) =	<b>0,0147</b>
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	<b>146,6</b>

V <sub>A<sub>2</sub>NO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	36	54		
2,0	46,8	97	43	0
2,2	66,2	187	90	2,35
2,4	103,6	156	-31	0
2,6	134,8	77	-79	0
2,8	150,2	47,5	-29,5	0
3,0	159,7			0

V<sub>1</sub> = 2,35

V <sub>A<sub>2</sub>NO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	35,5	53,5		
2,0	46,2	92	38,5	0
2,2	64,6	254,5	162,5	2,33
2,4	115,5	174	-80,5	0
2,6	150,3	80	-94	0
2,8	166,3	48,5	-31,5	0
3,0	176			0
				0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,33

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>A<sub>2</sub>NO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0

V <sub>A<sub>2</sub>NO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>A<sub>2</sub>NO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{aliquota}}$	4,1308	4,0681	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPI-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,3270	10,1703
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

$$\text{Média - Amostra - Branco, (\%)} = \mathbf{0,0145}$$

$$\text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} = \mathbf{145,1}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	36,8	53		
2,0	47,4	91,5	38,5	0
2,2	65,7	215,5	124	2,32
2,4	108,8	138,5	-77	0
2,6	136,5	74,5	-64	0
2,8	151,4	51	-23,5	0
3,0	161,6			0

$$V_1 = 2,32$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	34,9	55		
2,0	45,9	91	36	0
2,2	64,1	196,5	105,5	2,36
2,4	103,4	167	-29,5	0
2,6	136,8	75,5	-91,5	0
2,8	151,9	48,5	-27	0
3,0	161,6			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,36$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{aliquota}}$	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
$V_A$	$V_B$	
% $\text{Cl}^-$	0,0000	0,0000
ppm $\text{Cl}^-$	0,0	0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solubéis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,2302	4,0949	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPI-4	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,5756	10,2373
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Média - Amostra - Branco, (%) =	0,0154
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	153,8

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	37,3	54,5		
2,0	48,2	122,5	68	0
2,2	72,7	182,5	60	2,31
2,4	109,2	137,5	-45	0
2,6	136,7	75	-62,5	0
2,8	151,7	47,5	-27,5	0
3,0	161,2			0

$V_1 = 2,31$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	35,4	50		
2,0	45,4	118	68	0
2,2	69	158	40	0
2,4	100,6	169	11	2,42
2,6	134,4	81	-88	0
2,8	150,6	50,5	-30,5	0
3,0	160,7			0
				0
				0
				0

$V_2 = 2,42$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	V <sub>B</sub>	
%Cl <sup>-</sup>	%Cl <sup>-</sup>	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$V_1 = 0$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$V_2 = 0,19$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{aliquota}}$	4,1721	4,1145	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPII-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,4302	10,2863
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

Média - Amostra - Branco, (%) =	<b>0,0195</b>
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	<b>194,7</b>

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	33,5	48,5		
2,0	43,2	80	31,5	0
2,3	63,2	150,6667	70,6667	0
2,4	85,8	193	42,3333	2,46
2,6	124,4	97,5	-95,5	0
2,8	143,9	59,5	-38	0
3,0	155,8			0

$$V_1 = 2,46$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	34,6	47,5		
2,0	44,1	81,5	34	0
2,2	60,4	155	73,5	0
2,4	91,4	199	44	2,46
2,6	131,2	94,5	-104,5	0
2,8	150,1	54	-40,5	0
3,0	160,9			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,46$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{aliquota}}$	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
$V_A$	$V_B$	
% $\text{Cl}^-$	0,0000	0,0000
ppm $\text{Cl}^-$	0,0	0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

# Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPII-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,9847	10,0299
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl<sup>-</sup></sub> :	0,05	0,05

## Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,3939	4,0120	g
-----------------------	--------	--------	---

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,38	V <sub>B</sub>	2,42	2,4
%Cl <sup>-</sup>	0,0151	%Cl <sup>-</sup>	0,0183	0,0167
ppm Cl <sup>-</sup>	151,4	ppm Cl <sup>-</sup>	183,4	167,4

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0167 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 167,4 \end{aligned}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	36,4	53		
2,0	47	99,5	46,5	0
2,2	66,9	173,5	74	2,38
2,4	101,6	164,5	-9	0
2,6	134,5	81,5	-83	0
2,8	150,8	48,5	-33	0
3,0	160,5			0

$$V_1 = 2,38$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	34,8	54		
2,0	45,6	77	23	0
2,2	61	172,5	95,5	0
2,4	95,5	181,5	9	2,42
2,6	131,8	85,5	-96	0
2,8	148,9	52,5	-33	0
3,0	159,4			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,42$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPII-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0790	10,2732
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

### Resultados

m <sub>Aliquota</sub>	4,0316	4,1093	g
-----------------------	--------	--------	---

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,4	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0174	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	173,8	ppm Cl <sup>-</sup>
		185,0

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0185 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 185,0 \end{aligned}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	36,2	51		
2,0	46,4	83,5	32,5	0
2,2	63,1	180,5	97	0
2,4	99,2	182	1,5	2,4
2,6	135,6	83	-99	0
2,8	152,2	52,5	-30,5	0
3,0	162,7			0

$$V_1 = 2,4$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	33,8	56,5		
2,0	45,1	61	4,5	0
2,2	57,3	148,5	87,5	0
2,4	87	196,5	48	2,46
2,6	126,3	94	-102,5	0
2,8	145,1	54	-40	0
3,0	155,9			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,46$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>Aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

# Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPII-4	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,4721	10,5795
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

## Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,1888	4,2318	g
-----------------------	--------	--------	---

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,41	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0171	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	171,5	ppm Cl <sup>-</sup>
		203,2
		187,3

$$\begin{array}{l} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} = 0,0187 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} = 187,3 \end{array}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,90	41,4	52		
2,00	46,6	83,5	31,5	0
2,20	63,3	172,5	89	0
2,40	97,8	177	4,5	2,41
2,60	133,2	86	-91	0
2,80	150,4	51,5	-34,5	0
3,00	160,7			0

$$V_1 = 2,41$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	33,4	48		
2,0	43	65,5	17,5	0
2,2	56,1	136	70,5	0
2,4	83,3	200	64	2,49
2,6	123,3	117	-83	0
2,8	146,7	61	-56	0
3,0	158,9			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,49$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0
		0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data-

#### **Analista:**

Nº da amostra:	CPIII-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0625	10,1744
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{AgNO_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{NaCl}$ :	0,05	0,05

## Resultados

Resultados

Máscara	4.0250	4.0698
g	g	g

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,54	V <sub>B</sub>
%CF	0,0236	%CF
vpm CF	235,6	vpm CF
		211,3
		223,4

Média - Amostra - Branco, (%) = 0,0223

Média - Amostra - Branco, (ppm) = 223,4

V<sub>c</sub> = 254

V<sub>z</sub> = -249

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>A<sub>FeNO<sub>3</sub></sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

Malenová 1 cte 0,1773

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>ArNCG</sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{AeNO_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

# Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPIII-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,5789	10,2963
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

## Resultados

m <sub>aliquota</sub>	4,2316	4,1185	g
-----------------------	--------	--------	---

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,35	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0145	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	144,6	ppm Cl <sup>-</sup>
		144,3
		144,5

$$\begin{array}{l} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} = 0,0144 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} = 144,5 \end{array}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	36	55		
2,0	47	92,5	37,5	0
2,2	65,5	196,5	104	2,35
2,4	104,8	163,5	-33	0
2,6	137,5	76,5	-87	0
2,8	152,8	47,5	-29	0
3,0	162,3			0
				0
				0
				0

$$V_1 = 2,35$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	37,1	54		
2,0	47,9	96	42	0
2,2	67,1	193	97	2,34
2,4	105,7	154	-39	0
2,6	136,5	78	-76	0
2,8	152,1	48,5	-29,5	0
3,0	161,8			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,34$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0
		0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

**Data:**

#### **Analista:**

Nº da amostra:	CPIII-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,4870	10,6398
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AENOS<sup>3-</sup></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

## Resultados

A	B	Média		
V <sub>A</sub>	2,36	V <sub>B</sub>	2,35	2,355
%CF	0,0150	%CF	0,0144	0,0147
ppm CF	150,1	ppm CF	143,8	147,0

Média - Amostra - Branco, (%) = 0,0147  
Média - Amostra - Branco, (ppm) = 147,0

V<sub>1</sub> = 2,36

$V_{\text{AsNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_i$ , ou $V_2$
1,8	34,9	53,5		
2,0	45,6	87	33,5	0
2,2	63	198	111	2,35
2,4	102,6	160,5	-37,5	0
2,6	134,7	82	-78,5	0
2,8	151,1	55,5	-26,5	0
3,0	162,2			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,35$$

<b>Nº da amostra:</b>	<b>Branco</b>
<b>Material:</b>	<b>Concreto</b>
<b>Massa (g):</b>	<b>5</b>
<b>Aliquota (mL):</b>	<b>50</b>
<b>Nº de Adições:</b>	<b>1</b>
<b>Vol. do Balão:</b>	<b>250</b>
<b>N<sub>AgnO<sub>3</sub></sub>:</b>	<b>0,05</b>
<b>Vol. de Adição:</b>	<b>2</b>

$m_{\text{aliquota}}$  1 cte 0,1773

A	B	Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>
%CF	0,0000	%CF
ppm CF	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>

$V_{AeNG3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{AgNC3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

m <sub>amostra</sub>	4,0091	4,2007	g
----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPIII-4	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0228	10,5017
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

Média - Amostra - Branco, (%) =	<b>0,0169</b>
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	<b>169,0</b>

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	35,6	52		
2,0	46	83,5	31,5	0
2,2	62,7	175	91,5	0
2,4	97,7	190	15	2,43
2,6	135,7	88	-102	0
2,8	153,3	53	-35	0
3,0	163,9			0

V<sub>1</sub> = 2,43

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	37,1	52,5		
2,0	47,6	94,5	42	0
2,2	66,5	189,5	95	2,36
2,4	104,4	168,5	-21	0
2,6	138,1	78,5	-90	0
2,8	153,8	49,5	-29	0
3,0	163,7			0
				0
				0
				0

V<sub>2</sub> = 2,36

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>Aliquotas</sub>	1	cte	0,1773
------------------------	---	-----	--------

A	B	Média
V <sub>A</sub>	V <sub>B</sub>	1,085
%Cl <sup>-</sup>	%Cl <sup>-</sup>	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

V<sub>1</sub> = 0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0

V<sub>2</sub> = 0,19

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{aliquota}}$	4,0113	4,0059	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPIV-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0282	10,0148
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

A	B	Média
$V_A$	2,41	$V_B$
%Cl <sup>-</sup>	0,0179	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	179,1	ppm Cl <sup>-</sup>
		201,4
		190,2

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0190 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 190,2 \end{aligned}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	35,5	47		
2,0	44,9	86	39	0
2,2	62,1	173	87	0
2,4	96,7	175,5	2,5	2,41
2,6	131,8	82,5	-93	0
2,8	148,3	51,5	-31	0
3,0	158,6			0

$$V_1 = 2,41$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	33	48,5		
2,0	42,7	75,5	27	0
2,2	57,8	156	80,5	0
2,4	89	195,5	39,5	2,46
2,6	128,1	92,5	-103	0
2,8	146,6	54	-38,5	0
3,0	157,4			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,46$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{aliquota}}$	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
$V_A$	2,17	$V_B$
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>
		0,0
		0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{aliquota}}$	4,1726	4,2671	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPIV-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,4314	10,6677
Alíquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

Média - Amostra - Branco, (%) =	<b>0,0149</b>
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	<b>149,1</b>

Média - Amostra - Branco, (%) = **0,0149**

Média - Amostra - Branco, (ppm) = **149,1**

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	36,5	56		
2,0	47,7	98	42	0
2,2	67,3	223,5	125,5	2,32
2,4	112	136	-87,5	0
2,6	139,2	74,5	-61,5	0
2,8	154,1	45,5	-29	0
3,0	163,2			0

$V_1 = 2,32$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	36	46,5		
2,0	45,3	83,5	37	0
2,2	62	179	95,5	2,4
2,4	97,8	177,5	-1,5	0
2,6	133,3	78	-99,5	0
2,8	148,9	50,5	-27,5	0
3,0	159			0
				0
				0
				0

$V_2 = 2,4$

$m_{\text{aliquota}}$	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Alíquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

A	B	Média
$V_A$	$V_B$	
% $\text{Cl}^-$	% $\text{Cl}^-$	0,0000
ppm $\text{Cl}^-$	ppm $\text{Cl}^-$	0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$V_1 = 0$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$V_2 = 0,19$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{aliquota}}$	4,0041	3,6920	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPIV-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0102	9,2301
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

Média - Amostra - Branco, (%) =	0,0162
Média - Amostra - Branco, (ppm) =	161,7

Média - Amostra - Branco, (%) = 0,0162

Média - Amostra - Branco, (ppm) = 161,7

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	35,4	54		
2,0	46,2	92	38	0
2,2	64,6	202,5	110,5	2,35
2,4	105,1	161,5	-41	0
2,6	137,4	76	-85,5	0
2,8	152,6	49,5	-26,5	0
3,0	162,5			0
				0

$$V_1 = 2,35$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	34,3	53,5		
2,0	45	86,5	33	0
2,2	62,3	196	109,5	2,36
2,4	101,5	171	-25	0
2,6	135,7	80	-91	0
2,8	151,7	48,5	-31,5	0
3,0	161,4			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2,36$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{aliquota}}$	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
$V_A$	$V_B$	
% $\text{Cl}^-$	% $\text{Cl}^-$	0,0000
ppm $\text{Cl}^-$	ppm $\text{Cl}^-$	0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

**Data:**

**Analista:**

Nº da amostra:	CPIV-4	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	11,0483	11,7418
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>A2NO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

## Resultados

m<sub>aliquota</sub> 4,4193 4,6967 g

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,42	V <sub>B</sub>	2,37	2,395
%CI	0,0167	%CI	0,0138	0,0152
ppm CI	166,5	ppm CI	137,9	152,2

Média - Amostra - Branco, (%) = 0,0152

Média - Amostra - Branco, (ppm) = 152,2

$$V_1 = 2,42$$

$V_{\text{anod}}$	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	$V_1 \text{ eu } V_2$
1,8	34,4	49,5		
2,0	44,3	95	45,5	0
2,3	72,8	240	145	2,37
2,4	96,8	173,5	-66,5	0
2,6	131,5	85,5	-88	0
2,8	148,6	54,5	-31	0
3,0	159,5			0
				0
				0
				0

$$V_2 = 2.37$$

<b>Nº da amostra:</b>	<b>Branco</b>
<b>Material:</b>	<b>Concreto</b>
<b>Massa (g):</b>	<b>5</b>
<b>Aliquota (mL):</b>	<b>50</b>
<b>Nº de Adições:</b>	<b>1</b>
<b>Vol. do Balão:</b>	<b>250</b>
<b>N<sub>AgnO<sub>3</sub></sub>:</b>	<b>0,05</b>
<b>Vol. de Adição:</b>	<b>2</b>

$m_{\text{aliquota}}$  1 cte 0,1773

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos soluveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

#### **Analista:**

Nº da amostra:	CPV-1	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0449	10,4230
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>HCl</sub> :	0,05	0,05

## Resultados

$m_{\text{silicosa}}$  4,0180 4,1692

A	B	Média		
V <sub>A</sub>	2,4	V <sub>B</sub>	2,4	2,4
%CI	0,0174	%CI	0,0168	0,0171
ppm Cl <sup>-</sup>	174,4	ppm Cl <sup>-</sup>	168,0	171,2

Média - Amostra - Branco, (%) = 0,0171

Média - Amostra - Branco, (ppm) = 171,2

V <sub>A<sub>2</sub>NCG<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	34,9	50,5		
2,0	45	83,5	33	0
2,2	61,7	187	103,5	2,4
2,4	99,1	184,5	-2,5	0
2,6	136	84,5	-100	0
2,8	152,9	51	-33,5	0
3,0	163,1	40,5	-10,5	0
3,2	171,2			

$$V_1 = 24$$

$V_{AgNO_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	34,9	50,5		
2,0	45	83,5	33	0
2,2	61,7	187	103,5	2,4
2,4	99,1	184,5	-2,5	0
2,6	136,0	84,5	-100	0
2,8	152,9	51	-33,5	0
3,0	163,1	40,5	-10,5	0
3,2	171,2			0
				0
				0

$$V_2 = 2,4$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AeNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{skopota}}$  1 ctc 0,1773

A	B	Média		
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>	1,085	
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

V <sub>A&amp;NG3</sub>	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos soluveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{amostra}}$	4,0276	4,0261	g
----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPV-2	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,0690	10,0652
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

$$\text{Média - Amostra - Branco, (\%)} = \mathbf{0,0192}$$

$$\text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} = \mathbf{191,5}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	35,8	53		
2,0	46,4	78,5	25,5	0
2,2	62,1	175,5	97	0
2,4	97,2	184	8,5	2,42
2,6	134	101	-83	0
2,8	154,2	-12	-113	0
3,0	151,8			0

$$V_1 = \mathbf{2,42}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	34,1	47,5		
2,0	43,6	78,5	31	0
2,2	59,3	152,5	74	0
2,4	89,8	196	43,5	2,46
2,6	129,0	98,5	-97,5	0
2,8	148,7	57,5	-41	0
3,0	160,2	39,5	-18	0
3,2	168,1			0
				0
				0

$$V_2 = \mathbf{2,46}$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{amostra}}$	1	cte	0,1773
----------------------	---	-----	--------

A	B	Média
$V_A$	$V_B$	
2,17		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000
ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = \mathbf{0}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	$dE/dV$	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = \mathbf{0,19}$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Resultados

$m_{\text{aliquota}}$	4,0443	4,0475	g
-----------------------	--------	--------	---

Nº da amostra:	CPV-3	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,1108	10,1187
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
$N_{\text{NaCl}}$ :	0,05	0,05

A		B		Média
$V_A$	2,42	$V_B$	2,42	2,42
% $\text{Cl}^-$	0,0182	% $\text{Cl}^-$	0,0182	0,0182
ppm $\text{Cl}^-$	182,0	ppm $\text{Cl}^-$	181,8	181,9

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0182 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 181,9 \end{aligned}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	34,9	48,5		
2,0	44,6	77,5	29	0
2,2	60,1	177	99,5	0
2,4	95,5	188,5	11,5	2,42
2,6	133,2	89,5	-99	0
2,8	151,1	54,5	-35	0
3,0	162	37,5	-17	0
3,2	169,5			0
				0
				0

$$V_1 = 2,42$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
1,8	35,8	52,5		
2,0	46,3	79	26,5	0
2,2	62,1	171	92	0
2,4	96,3	183,5	12,5	2,42
2,6	133,0	88,5	-95	0
2,8	150,7	52,5	-36	0
3,0	161,2			0
				0
				0

$$V_2 = 2,42$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
$N_{\text{AgNO}_3}$ :	0,05
Vol. de Adição:	2

$m_{\text{aliquota}}$	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
$V_A$	2,17	$V_B$		1,085
% $\text{Cl}^-$	0,0000	% $\text{Cl}^-$	0,0000	0,0000
ppm $\text{Cl}^-$	0,0	ppm $\text{Cl}^-$	0,0	0,0

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0

$$V_1 = 0$$

$V_{\text{AgNO}_3}$	E	dE/dV	$d^2E/d^2V$	$V_1$ ou $V_2$
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

# Determinação de cloreto solúvel em água - Duplicata

Data:

Analista:

Nº da amostra:	CPV-4	
Material:	concreto	concreto
Massa (g):	10,2317	10,1759
Aliquota (mL):	100	100
Nº de Adições:	1	1
Vol. do Balão:	250	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,0499	0,0499
Vol. de Adição:	2	2
N <sub>NaCl</sub> :	0,05	0,05

## Resultados

m <sub>Aliquota</sub>	4,0927	4,0704	g
-----------------------	--------	--------	---

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,57	V <sub>B</sub>	2,49	2,53
%Cl <sup>-</sup>	0,0245	%Cl <sup>-</sup>	0,0211	0,0228
ppm Cl <sup>-</sup>	244,7	ppm Cl <sup>-</sup>	211,2	227,9

$$\begin{aligned} \text{Média - Amostra - Branco, (\%)} &= 0,0228 \\ \text{Média - Amostra - Branco, (ppm)} &= 227,9 \end{aligned}$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
1,8	30,5	38,5		
2,0	38,2	58,5	20	0
2,2	49,9	82	23,5	0
2,4	66,3	195	113	2,57
2,6	105,3	175,5	-19,5	0
2,8	140,4	80	-95,5	0
3,0	156,4	50,5	-29,5	0
3,2	166,5			0
				0
				0

$$V_1 = 2,57$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
2,0	42,7	73,5		
2,2	57,4	133	59,5	0
2,4	84	209	76	2,49
2,6	125,8	109	-100	0
2,8	147,6	65,5	-43,5	0
3,0	160,7	30	-35,5	0
3,2	166,7			0
				0
				0

$$V_2 = 2,49$$

Nº da amostra:	Branco
Material:	Concreto
Massa (g):	5
Aliquota (mL):	50
Nº de Adições:	1
Vol. do Balão:	250
N <sub>AgNO<sub>3</sub></sub> :	0,05
Vol. de Adição:	2

m <sub>Aliquota</sub>	1	cte	0,1773
-----------------------	---	-----	--------

A		B		Média
V <sub>A</sub>	2,17	V <sub>B</sub>		1,085
%Cl <sup>-</sup>	0,0000	%Cl <sup>-</sup>	0,0000	0,0000

ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	ppm Cl <sup>-</sup>	0,0	0,0
---------------------	-----	---------------------	-----	-----

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,05	8,9	172		
0,15	26,1	128	-44	0
0,2	32,5	106	-22	0
0,25	37,8	90	-16	0
0,3	42,3	76	-14	0
0,4	49,9	56	-20	0
0,5	55,5	50	-6	0
0,6	60,5			0
				0
				0

$$V_1 = 0$$

V <sub>AgNO<sub>3</sub></sub>	E	dE/dV	d <sup>2</sup> E/d <sup>2</sup> V	V <sub>1</sub> ou V <sub>2</sub>
0,01	0,4	177,5		
0,05	7,5	184	6,5	0,06
0,1	16,7	160	-24	0
0,12	19,9	225	65	0,13
0,14	24,4	85	-140	0
0,16	26,1	100	15	0
0,18	28,1	125	25	0
0,2	30,6			0
				0
				0

$$V_2 = 0,19$$

OBS: Cloretos solúveis em água

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1992. Standard Test Method for Water Soluble Chloride in mortar and Concrete. **Annual Books of ASTM**, v. 04.02
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1994. Standard Test Method for Portland Cement content of Hardened hydraulic Cement Concrete. C 1084. **Annual Books of ASTM**, v. 04.02.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. Agregados-Determinação da massa específica em agregados miúdos por meio do frasco Chapman. **NBR. 9776**, 1987.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. Determinação da absorção de água em agregados miúdos **NBR. 9777**, 1987.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT- Agregados. Determinação da composição granulométrica. **NBR.7217**, 1987
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT- Agregados. Determinação da absorção e massa específica em agregados graúdos **NBR.9937**, 1987
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT- Agregados. Determinação da composição granulométrica. **NBR.7217**, 1987.
8. BAMFORTH, P. Predicting the risk of reinforcement corrosion in marine structures. **Odd & Gjorv Symposium on concrete for marine structures**. Proceedings of a Symposium Honouring. P. Kumar Mehta, p.25, 1996.

9. BASSET, J; DENNEY, R. C; JEFFERY, G. H. MENDHAM, J. VOGEL. Análise Inorgânica Quantitativa. Guanabara Dois. S. <sup>a</sup> 1981.
10. BERMAN, H.<sup>a</sup> Determination of chloride in hardened Portland Cement Paste, Mortar, and Concrete. **Journal of Materials, JMLSA**, v. 7, n. 3, p. 330-335, 1972.
11. BIRNIN- YAURI, U.A; GLASSER, F.P. Friedel's salt  $\text{Ca}_2\text{Al(OH)}_6(\text{Cl}, \text{OH}) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ : Its solid solutions and their role in chloride binding. **Cement and Concrete Research**, v. 28, p. 1713-1723, 1998.
12. BRITISH STANDARDS INSTITUTION, BS 6349: Part 1, Code of Practice for Maritime Structures. Amendment No. 4, AMP 6159, BSI, London, 1989.
13. BRITISH STANDARDS INSTITUTION, BS 5328, Concrete, Part 1, Guide to Specifying Concrete, BSI, London, 1990.
14. CASCUDO, O; REPETTE, W.L. A ação deletéria de cloretos em estruturas de concreto armado de edifícios residenciais: um caso real. **37 REIBRAC-IBRACON**. 3-7 Julho. GO, p. 219-231, 1995.
15. CIOLA, R. **Fundamentos da cromatografia a líquido de alto desempenho- HPLC.** Editora Edgard Blucher Ltda. SP, p.30. 1998.
16. DANISH STANDARD 423.28. Concrete Testing Hardened Concrete. Chloride Content ( Danish Standardiserings rad. Beton proving. Haerdnet beton chloridhold. 423.28) March 1984.
17. DIAMOND, S. Chloride concentrations in concrete pore solutions Resulting from calcium and sodium chloride admixture. **Cement and Concrete Research**. v. 8, 1986. p. 97-102.

18. FIGUEIREDO, E.J. P. Avaliação do desempenho de revestimentos para proteção de armadura contra a corrosão através de técnicas eletroquímicas- contribuição ao estudo de reparo de estruturas de concreto armado. São Paulo, 1994. 391 p. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo.
19. GRATH, P.F. Vc; HOOTON, R.D. Influence of binder composition on chloride penetration resistance of concrete. **Concrete Durability**. 1997, p. 331-347.
20. HANSSON, C. M.; STRUNGE, H.; MARKUSSEN, J.B.; FROLUND, T. The effect of Cement Type on the Diffusion of chloride. **Nordic Concrete Research**, Publicação n. 4, Dinamarca, p.20, 1985.
21. HELENE, P. R. L. **Corrosão de armaduras para concreto armado**. Editora PINI Ltda. 1986
22. HELENE, P. R.L. Contribuição ao Estudo da corrosão em armaduras de concreto Armado. São Paulo, 1993. 231 p. p.14 Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo.
23. HOAR, T. P. Report of the Comitte on corrosion and protection(Coord, T. P. Hoar) Dept of trade and Industry. HMSO. Londres, 1991.
24. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Desenvolvimento de Métodos para determinação do teor de cloretos em concretos.
25. ISAIA, G. C. Efeitos de misturas binárias e ternárias de Pozolanas em concreto de elevado desempenho: um estudo de durabilidade com vistas à corrosão da armadura. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo.
26. KAYYALI, O . A; HAQUE, M.N. Chloride penetration and the ratio of Cl/OH in the pores of cement paste. **Cement and Concrete Research**. v. 18, p. 895-900, 1988.

27. KAYYALI, O; ZHU, B. Corrosion measurementes in three types of reinforced concrete slabs exposed to chloride solution. Proceedings fifth International Conference. CANMET Vol I. 2000.
28. KOLTHOFF, I. M; SANDELL, E.B; MEEHAN, E. J; BRUCKENSTEIN, S. **Quantitative Chemical Analysis**. Macmillan Company, 1971.
29. MAAGE, M; HELLAND, S; CARLSEN, J. E. Modeling chloride penetration into concrete with lightweight aggregates. **Proceedings of fifth International Conference** Barcelona. Spain, 2000, vol. I.
30. MEHTA, P. K; MONTEIRO, P.J.M. **Estrutura , propriedades e materiais**. Editora Pini Ltda, 1994.
31. NEVILLE, A . M. **Propriedades do Concreto**. Editora Pini Ltda, 1997.
32. OSBORNE, G. J. Effectiveness of blast – furnace and gasifier salgs at reducing ingress of chloride ions into Portland cement concretes in marine environments. **Odd & Gjorv Symposium on concrete for marine strucutres**. Proceedings of a symposium Honouring. P. Kumar Mehta, p. 27, 1996.
33. PAGE, C. L.; SHORT, N. R.; HOLDEN, W. R. The Influence of Different Cements on chloride Induced corrosion of Reinforcing steel. **Cement and Concrete Research**, v.16, 1986, p. 79-86.
34. PAGE, C. L; TREADAWAY, K.W.J; BAMFORTH, P.B. Corrosion of reinforcement in concrete. Published for the society of Chemical industry by elsevier applied science, 1990.

35. PAPADAKIS, V. G. Efficiency factors ( k-values) for supplementary cementing materials regarding. Carbonation and chloride penetration. Durability of concrete. **Proceedings fifth International Conference**. Barcelona, Spain, p. 35, 2000. Vol I. V. Malhotra.
36. THOMAS, M.D.A; MATTHEWS, J. D and HAYNES, C. A Chloride diffusion and reinforcement corrosion in marine exposed concretes containing pulverized fuel ash. **Corrosion of reinforcement in concrete**. Published for the society of chemical industry by elsevier applied , p.26 (Science, 1990).
37. TRITTHART, J. Corrosion of reinforcement in concrete. Published for the society of chemical industry by elsevier applied, p.14, 1990.