

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGE

ESTUDO DA CAPACIDADE DE PROTEÇÃO DE ALGUNS TIPOS DE CIMENTOS
NACIONAIS, EM RELAÇÃO À CORROSÃO DE ARMADURAS SOB A AÇÃO DE ÍONS
CLORETO

RICARDO TESSARI

Dissertação apresentada ao corpo docente do
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da
Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos
para a obtenção do grau de MESTRE EM
ENGENHARIA.

Porto Alegre
2001

T338e Tessari, Ricardo

Estudo da capacidade de proteção de alguns tipos de cimentos nacionais, em relação à corrosão de armaduras sob a ação de íons cloreto / Ricardo Tessari. – 2001.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2001.

Orientação : Prof^a. Dr.^a. Denise Carpena Coitinho Dal Molin

1. Cimento Portland. 2. Resistência à corrosão. 3. Concreto – Ensaios. I. Dal Molin, Denise Carpena Coitinho, orient. II. Título.

CDU-691.32(043)

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pela orientadora e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGEC/UFRGS)

Prof^a Denise C. C. Dal Molin
Orientadora

Prof. Francisco de Paula Simões Lopes Gastal
Coordenador do PPGEC

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Cláudio Kazmierczak
Dr. pela Universidade de São Paulo

Prof^a. Iduvirges Lourdes Müller
Dr. pela Universidade Nacional de Rosario

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

À Denise, pela orientação, apoio, ajuda, atenção e tempo dispensados ao longo da elaboração deste trabalho.

Ao Rafael, Fernanda e Águida pelas valorosas contribuições ao trabalho.

Aos meus pais, por todos os ensinamentos proporcionados ao longo de toda a vida e aos meus irmãos Renato e Rose, pelo companheirismo, amizade e apoio.

Ao meu grande amigo Beto pela convivência e camaradagem em todo esse tempo.

Ao pessoal do LEME, Aírton, Fontes, Teixeira e Daniela, sem os quais não seria possível a realização da parte prática deste estudo.

Aos colegas de mestrado e ao pessoal do NORIE pelo ótimo convívio, eles que foram os responsáveis pelo excelente ambiente criado lá.

À Prof. Carla Ten Caten do Laboratório de Otimização de Produtos e Processos, pela contribuição no planejamento e na análise estatística dos resultados.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS E QUADROS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 IMPORTÂNCIA DO TEMA	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.4 MÉTODO	6
1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	6
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	7
2 A CORROSÃO DAS ARMADURAS	8
2.1 CORROSÃO DAS ARMADURAS NO CONCRETO	8
2.2 OS ÍONS CLORETO NA CORROSÃO DAS ARMADURAS NO CONCRETO	11
2.2.1 O papel dos cloretos	11
2.2.2 Discussão sobre o teor limite de íons cloreto no concreto	13
2.2.3 Técnicas de avaliação do teor de cloretos	14
2.3 TÉCNICAS PARA AVALIAR O PROCESSO DE CORROSÃO DAS ARMADURAS	15
2.3.1 Potencial de Eletrodo	15
2.3.1.1 Princípio da técnica	15
2.3.1.2 Procedimento experimental	17
2.3.1.3 Informações obtidas	18
2.3.1.4 Vantagens e desvantagens	19
2.3.1.4.1 Vantagens	19
2.3.1.4.2 Desvantagens	20
2.3.2 Perda de Massa Gravimétrica	20
3 CIMENTO PORTLAND E SUA INFLUÊNCIA NA CORROSÃO DAS ARMADURAS	22
3.1 HISTÓRICO	22
3.2 COMPOSIÇÃO DO CIMENTO PORTLAND E TIPOS DISPONÍVEIS NO BRASIL	22
3.3 INFLUÊNCIA DO TIPO DE CIMENTO PORTLAND NA CORROSÃO DAS ARMADURAS INDUZIDA POR CLORETOS	25
4 PROGRAMA EXPERIMENTAL	27
4.1 VARIÁVEIS ESTUDADAS	27
4.2 MATERIAIS EMPREGADOS	29
4.2.1 Agregados	29
4.2.2 Cimentos	29

4.2.3 Aditivo Superplastificante	30
4.2.4 Água	31
4.3 DOSAGEM	31
4.4 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA	31
4.5 ENSAIOS	32
4.5.1 Processo de aceleração da corrosão	32
4.5.2 Medidas de Potencial de Eletrodo	34
4.5.3 Ensaio de Perda de Massa Gravimétrica	35
4.5.4 Avaliação do Teor de Cloretos Livres	35
4.5.4.1 Procedimento Experimental.....	36
4.5.4.1.1 Procedimento de extração (NBR 9917/87).....	36
4.5.4.1.2 Análise das soluções.....	37
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	38
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	38
5.2 POTENCIAL DE ELETRODO AO LONGO DO TEMPO DE ENSAIO	38
5.3 POTENCIAL DE ELETRODO.....	46
5.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (f_{c28})	50
5.5 PERDA DE MASSA.....	52
5.6 TEOR DE CLORETOS LIVRES	56
5.7 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA	60
5.7.1 Resistência à compressão e potencial de eletrodo	61
5.7.2 Resistência à compressão e perda de massa	61
5.7.3 Resistência à compressão e teor de cloretos livres	62
5.7.4 Potencial de eletrodo e perda de massa	63
5.7.5 Potencial de eletrodo e teor de cloretos livres	64
5.7.6 Perda de massa e teor de cloretos livres	65
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
6.1 CONCLUSÕES	66
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXO A - ALEATORIZAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA E CRONOGRAMA DE MOLDAGEM	78
ANEXO B - LEITURA DO PESO DAS BARRAS DE AÇO ATÉ ATINGIREM A CONSTÂNCIA DE MASSA	80
ANEXO C - GRÁFICOS DE AJUSTE DA PERDA DE MASSA	83
ANEXO D - TABELA COM OS RESULTADOS DOS ENSAIOS	87
ANEXO E - MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV)	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Formação de uma pilha de corrosão (ANDRADE, 1995).....	9
FIGURA 2	- Diagrama de Pourbaix. Diagrama de equilíbrio termodinâmico potencial x pH para o sistema Fe – H ₂ O a 25°C, delimitando os domínios prováveis de corrosão, passivação e imunidade (POURBAIX apud HELENE, 1986).....	10
FIGURA 3	- Modelo de vida útil (TUUTI apud CASCUDO, 1994)	10
FIGURA 4	- Perfil típico de concentração dos cloretos ao longo do cobrimento, em um concreto contaminado por impregnação externa de soluções ricas em cloretos (CASCUDO, 1994).....	12
FIGURA 5	- Esquema para medida dos potenciais de corrosão (CASCUDO, 1994)	16
FIGURA 6	- Exemplos de mapas equipotenciais obtidos através do emprego do método ASTM C876-87 (CASCUDO, 1994)	16
FIGURA 7	- Eletrodo secundário ou semi-pilha de referência cobre/sulfato de cobre, ESC (GENTIL, 1996).....	17
FIGURA 8	- (a)Imersão e (b)secagem dos corpos-de-prova em câmara climatizada	33
FIGURA 9	- (a)Imersão e (b)secagem acelerada dos corpos-de-prova com painel de lâmpadas .	33
FIGURA 10	- Esquema utilizado para medida do Potencial de Eletrodo	34
FIGURA 11	- Esquema do ensaio de potencial de eletrodo e posição das medidas.....	35
FIGURA 12	- Moagem para retirada de amostras para a análise de cloretos livres	36
FIGURA 13	- Rompimento do corpo-de-prova para a retirada da barra de aço	36
FIGURA 14	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPV ARI	39
FIGURA 15	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPV ARI-RS	40
FIGURA 16	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPII-E	40
FIGURA 17	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPII-F	41
FIGURA 18	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPIV	41

FIGURA 19	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,30	44	
FIGURA 20	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,35	44	
FIGURA 21	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,45	45	com
FIGURA 22	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,60	45	com
FIGURA 23	- Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,80	46	
FIGURA 24	- Efeito isolado da relação água/cimento no potencial de eletrodo	48	
FIGURA 25	- Efeito isolado do tipo de cimento no potencial de eletrodo	49	
FIGURA 26	- Efeito da interação entre a relação água/cimento e o tipo de cimento valores de potencial de eletrodo	49	nos
FIGURA 27	- Efeito isolado da relação água/cimento na resistência à compressão	50	
FIGURA 28	- Efeito isolado do tipo de cimento na resistência à compressão	51	
FIGURA 29	- Efeito da interação entre tipo de cimento e relação água/cimento na resistência à compressão aos 28 dias.....	52	
FIGURA 30	- Aspecto das barras de aço retiradas dos corpos-de-prova (a) antes, (b) durante e (c) após o procedimento de limpeza para a determinação da perda de massa.....	53	
FIGURA 31	- Efeito da interação entre tipo de cimento e relação água/cimento na perda de massa.....	55	
FIGURA 32	- Efeito isolado da relação água/cimento na perda de massa	56	
FIGURA 33	- Efeito isolado do tipo de cimento na perda de massa.....	56	
FIGURA 34	- Efeito da interação entre tipo de cimento e relação água/cimento no teor de cloretos livres	57	teor
FIGURA 35	- Efeito isolado da relação água/cimento no teor de cloretos livres	59	
FIGURA 36	- Efeito isolado do tipo de cimento no teor de cloretos livres	59	
FIGURA 37	- Correlação entre a resistência à compressão e o potencial de eletrodo	61	
FIGURA 38	- Correlação entre a resistência à compressão e a perda de massa.....	62	

FIGURA 39 - Correlação entre a resistência à compressão e o teor de cloretos livres	63
FIGURA 40 - Correlação entre o potencial de eletrodo e a perda de massa	64
FIGURA 41 - Correlação entre o potencial de eletrodo e o teor de cloretos livres.....	64
FIGURA 42 - Correlação entre a perda de massa e o teor de cloretos livres	65

LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 1 - Critério de avaliação do teor de cloretos ao nível da armadura - BRE Digest 264, 1982 (CEB, 1989).....	13
QUADRO 2 - Avaliação dos resultados obtidos mediante a técnica de medida dos potenciais de eletrodo em estruturas de concreto armado (ASTC C876-87)	18
QUADRO 3 - Composição dos cimentos Portland normalizados no Brasil	25
TABELA 1 - Características físicas dos agregados.....	29
TABELA 2 - Caracterização química, física e mecânica dos cimentos	30
TABELA 3 - Consumo de materiais para cada traço.....	31
TABELA 4 - Análise de variância (ANOVA) para potencial de eletrodo aos 233 dias	47
TABELA 5 - Análise de variância (ANOVA) para resistência à compressão	50
TABELA 6 - Análise de variância (ANOVA) para perda de massa	54
TABELA 7 - Análise de variância (ANOVA) para teor de cloretos livres	57

RESUMO

O concreto normalmente oferece um alto grau de proteção contra a corrosão ao aço, devido à formação de uma fina película protetora na sua superfície, causada pela alta alcalinidade do concreto. Entretanto, essa película pode ser rompida tanto pela diminuição do pH da solução dos poros do concreto (por carbonatação, por exemplo) ou pela penetração de íons agressivos (como cloretos, por exemplo) até a superfície do aço.

O presente trabalho tem por objetivo comparar o desempenho de concretos feitos com diferentes tipos de cimento Portland normalizados no Brasil frente à ação de íons cloreto provenientes de fontes externas. O programa experimental foi realizado com cinco diferentes tipos de cimento (CPII-E, CPII-F, CPIV, CPV ARI e CPV ARI-RS), com e sem adições, e cinco relações água/aglomerante (0,30; 0,35; 0,45; 0,60 e 0,80) em ensaios acelerados de despassivação por cloretos, por meio de ciclos de imersão e secagem dos corpos-de-prova em solução contendo 3,5% de cloreto de sódio. O método de Potencial de Eletrodo foi utilizado para monitorar a corrosão ao longo do tempo. Paralelamente foram realizados ensaios de resistência à compressão do concreto aos 28 dias, de perda de massa da armadura e de teor de cloretos livres no cobrimento da armadura.

Os resultados obtidos mostraram que a escolha do tipo de cimento tem influência tanto na resistência à compressão simples quanto na resistência à corrosão das armaduras, verificada através dos ensaios de potencial de eletrodo, de perda de massa gravimétrica da armadura e de teor de cloretos livres. No entanto não houve um tipo de cimento que apresentasse os melhores resultados para todos os tipos de ensaio.

ABSTRACT

Concrete usually provides a high level of protection against steel corrosion, due to the formation of a fine protecting film on its surface, caused by concrete alkalinity. However, this film can be torn both as a result of the decrease in the pH of the solution of the concrete pores (by carbonation, for example) or as a result of the penetration of aggressive ions (such as chlorides, for example) up to the surface of the steel.

The present work has the objective of comparing the performance of concrete made with different kinds of Portland cement regulated in Brazil before the action of chloride ions derived from external sources. The experimental program was performed with five different types of cement (CPII-E, CPII-F, CPIV, CPV ARI and CPV ARI-RS), with and without additions, and five water/agglomerative relations (0.30; 0.35; 0.45; 0.60 and 0.80) in acceleration assays of inactivation by chlorides, by means of immersion cycles and drying of proof bodies in a solution contained 3.5% of sodium chloride. The method of Electrode Potential was used to monitor corrosion over time. Concomitantly, resistance tests were performed as to the compression of the concrete at 28 days, from the loss of mass of the armature and content of free chlorides in the armature coating.

The results obtained showed that the selection of the kind of cement has an impact both on the simple compression resistance and on the resistance to armature corrosion, verified through tests of electrode potential, of armature gravimetric mass loss and free chloride content. However, there was not a kind of cement presenting the best results for all types of assay.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“Quando o concreto armado começou a ser utilizado de forma extensiva, no início do século XX, muitos pensaram haver encontrado um material de construção com durabilidade semelhante à da pedra, porém dotado de propriedades mecânicas semelhantes às do aço” (ANDRADE & GONZÁLEZ, 1988). A passividade alcançada pelo aço imerso na matriz de concreto, aliada à barreira física proporcionada pelo cobrimento, davam a idéia de que o concreto armado era um material que não necessitava de operações especiais de manutenção. Porém, já na década de 1970, começava a ser demonstrada uma preocupação com o fenômeno de corrosão das armaduras de tabuleiros de pontes devido à ação de sais de degelo (VAN DAVEER, 1975).

Rasheeduzzafar et al. (1992) caracterizaram a corrosão prematura das armaduras em estruturas de concreto na Arábia Saudita e em tabuleiros de pontes nos Estados Unidos, os danos de corrosão em prédios-garagem, a deterioração de estruturas costeiras devido ao ataque por água do mar e por névoa salina, e a corrosão em muitas estruturas em todo o mundo devido ao uso de agentes aceleradores de pega com base de cloretos, como constituindo, juntos, o maior grupo de estruturas de concreto em processo de deterioração devido a uma mesma causa.

As conseqüências do uso indiscriminado de aceleradores de pega (contendo CaCl_2) e de sais de degelo, em regiões sujeitas à ocorrência de neve, em estruturas de concreto armado nas décadas de 50 e 60 foram os grandes motivadores do interesse pelo estudo da corrosão das armaduras. Entidades de pesquisa, governo e empresas privadas sentiram a necessidade de desenvolvimento de conhecimento nessa área, devido aos grandes prejuízos que a corrosão pode ocasionar. Canadá e Estados Unidos são os países pioneiros na publicação de estatísticas sobre o uso destes sais e de suas repercussões negativas (ANDRADE e GONZÁLEZ, 1988).

Andrade & González (1988), Helene (1993), Cascudo (1991) e Gentil (1996), entre outros, apresentam a magnitude dos problemas causados pela corrosão, sendo que os dois primeiros ainda fazem um levantamento bibliográfico dos elevados gastos anuais

com reparos, recuperações e reposições de elementos estruturais atacados pela corrosão das armaduras nos mais diversos países. Andrade & González (1988) citam diversos levantamentos, entre os quais estão estimativas apresentadas por Kilaeski (1980) de custo de US\$100 bilhões, correspondentes a 10% do PIB dos Estados Unidos para reparos estruturais de pontes devido à corrosão em 1980; uma investigação realizada em 1982 pela Federal Highway Administration (FHA) sobre o estado de conservação de 560.000 pontes nos Estados Unidos indicou que 39.000 delas deveriam ser reparadas ao custo de US\$7,2 bilhões, além da intervenção do Secretário de Transportes informando que em 1981, 209.000 pontes tinham deficiência e que seu reparo necessitaria de US\$41 bilhões. Helene (1993) também cita alguns levantamentos, dentre os quais, que o custo da recuperação das estruturas de concreto armado destinadas a garagens e estacionamentos no Canadá que apresentam problemas de corrosão de armaduras atinge mais de US\$3 bilhões.

Dal Molin (1988), em levantamento das manifestações patológicas em edificações de concreto armado no estado do Rio Grande do Sul, mostrou que os problemas relacionados à movimentação térmica apresentam-se como o dano mais freqüente, pois a característica climática básica da região é a grande variação térmica, e que a incidência de corrosão das armaduras é da ordem de 11% do total das manifestações patológicas encontradas. Porém, quando analisada segundo a gravidade e implicações na segurança estrutural, a ocorrência da corrosão das armaduras sobe para 40%.

Andrade (1997), em levantamento efetuado no estado de Pernambuco, observa que a corrosão das armaduras foi responsável pela grande parte da degradação das estruturas (64% das incidências no concreto endurecido, quando apresentado em função do estado do concreto; já quando apresentado em função do tipo de edificação os percentuais são de 60% em edificações residenciais, 29% em edificações comerciais, 70% em edificações industriais e 58% em obras públicas), devido às estruturas analisadas estarem inseridas em locais com elevado grau de agressividade ambiental, pois sabe-se que a névoa salina leva consigo uma grande quantidade de partículas em suspensão, principalmente íons cloreto, que podem desencadear e acelerar o processo de corrosão. Nesses ambientes marinhos o fenômeno pode ser tão rápido quanto no caso dos sais de degelo se os cloretos penetrarem por forças capilares (sucção) pois se encontram suspensos no ar em gotículas de umidade. Porém, quando o mecanismo de penetração é por difusão, então o fenômeno é muito mais lento, ainda que o processo global e a conseqüências sejam as mesmas.

Também Aranha (1994), em trabalho de análise das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região Amazônica, observou ser a corrosão das armaduras o dano de maior predominância na grande maioria dos grupos de edificações (42,68% em obras convencionais, 46,48% nas edificações residenciais, 23,47% em edificações comerciais/serviço, 44,46% em edificações de instituições públicas, 52,36% em obras especiais, 38,64% em edificações industriais, 62,42% em pontes, viadutos e trapiches, 49,02% em edificações esportivas, 42,20% em reservatórios elevados, cisternas e piscinas e 76,49% no grupo demais obras). Não foi identificado qualquer tipo de problema relacionado à corrosão no grupo arrimos, e a corrosão não foi a principal manifestação patológica somente no grupo de edificações comerciais/serviço, onde predominaram os danos provocados por sobrecargas (25,88%).

Segundo Cascudo (1994), “os altos custos globais que envolvem tanto a perda do material deteriorado quanto à correção do problema, o comprometimento da estabilidade estrutural inerente ao desenvolvimento do processo corrosivo e por fim a elevada incidência e reincidência do fenômeno são alguns dos aspectos que fazem da corrosão das armaduras certamente a principal manifestação patológica em estruturas deste final de século”, o que, aliado ao grande número de cidades litorâneas existentes no Brasil onde as estruturas locais sofrem maiores conseqüências da corrosão das armaduras devida a cloretos, indicam a relevância do tema e justificam a busca de melhor conhecimento do fenômeno e dos parâmetros que exercem influência sobre o mesmo.

A corrosão das armaduras vem sendo abordada também em diversos eventos que estão ocorrendo no Brasil e em países vizinhos, como: II International Conference on High-Performance Concrete, and Performance and Quality of Concrete Structures (1999), 41º Congresso Brasileiro do Concreto (1999), COLLOQUIA’99 – Seminário e Workshop Internacional sobre Materiais e Estruturas (1999), CONPAT 99 – V Congreso Iberoamericano de Patologia de Las Construcciones/VII Congreso de Control de Calidad (1999), 42º Congresso Brasileiro do Concreto (2000), Workshop sobre Recuperação de Estruturas de Concreto (2000).

Da mesma forma, Departamentos de Engenharia Civil de Universidades como a Fundação Universidade de Brasília – UnB, Escola Politécnica da USP – EPUSP, Universidade Federal de Goiás – UFG, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, possuem há alguns anos linhas de pesquisa específicas sobre a corrosão de

armaduras em estruturas de concreto, indicativo da importância que o tema possui também no cenário nacional.

1.2 IMPORTÂNCIA DO TEMA

Com o avanço da tecnologia, o uso do concreto está sendo estendido a ambientes cada vez mais agressivos, tornando o conhecimento das propriedades do mesmo com relação à durabilidade, algo especialmente necessário. No projeto de estruturas em ambientes agressivos, como em plataformas marítimas e indústrias químicas, por exemplo, não se pode levar em conta apenas suas propriedades mecânicas, correndo-se o risco de tornar a solução em concreto armado antieconômica.

A gravidade do problema de corrosão das armaduras no concreto, bem como a dificuldade e o custo de recuperação das estruturas afetadas tornam necessários estudos que contribuam para melhor entender o problema e para encontrar soluções que aumentem a sua vida útil. Técnicas não-destrutivas de avaliação e acompanhamento das estruturas com relação ao fenômeno da corrosão também necessitam ser melhor desenvolvidas para que possam fornecer respostas confiáveis que auxiliem na detecção do processo no início do mesmo, possibilitando a recuperação da estrutura nesse estágio, quando é mais fácil e mais econômico.

O aumento da durabilidade das estruturas é um meio de se reduzir os gastos com manutenção e recuperação de estruturas de concreto, trazendo ganhos financeiros à sociedade através da racionalização de recursos, além da economia de energia, um imperativo atual do meio ambiente, que ajuda na proteção e na preservação dos recursos naturais.

Em caráter específico, aumentar a durabilidade do concreto significa melhorar suas propriedades de forma a aumentar sua capacidade de resistir aos agentes agressivos, principalmente aqueles provenientes do ambiente em que o mesmo está inserido, como, por exemplo, dióxido de carbono, cloretos e sulfatos. Para isso são necessários estudos de alternativas que contribuam para aumentar essa capacidade de resistir aos agentes agressivos, como a utilização de adições ao cimento, ou a utilização dos diversos tipos de cimento disponíveis no mercado, dos quais alguns possuem adições.

Outro aspecto a ser considerado com relação às adições, além do fator econômico, é o ambiental, uma vez que as mesmas normalmente são subprodutos que devem ter uma destinação, normalmente em aterros, que causa sérios problemas de poluição ambiental.

O presente trabalho está inserido dentro de uma das linhas de pesquisa desenvolvidas atualmente no NORIE, onde são estudadas as propriedades relativas à durabilidade de concretos com adições minerais e diferentes tipos de cimento, como porosidade, permeabilidade, resistividade, resistência à corrosão das armaduras e resistência à carbonatação. Ele faz parte de um projeto mais amplo que utilizou os mesmos materiais e variáveis, como relação água/cimento, idênticas para possibilitar uma análise mais ampla de todos os aspectos de durabilidade estudados separadamente nas diversas pesquisas realizadas.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é estudar a influência da utilização de diferentes tipos de cimento Portland na confecção de concreto na resistência à corrosão das armaduras frente à ação de íons cloreto, avaliada através de ensaios de resistência à compressão, potencial de eletrodo, perda de massa gravimétrica e teor de cloretos livres na solução dos poros do concreto.

Em virtude das variáveis e dos ensaios escolhidos para a realização deste trabalho, pode-se estabelecer os seguintes objetivos secundários:

- Comparar o desempenho dos concretos confeccionados com diferentes tipos de cimento Portland em relação à resistência à corrosão das armaduras, por meio de ensaios de resistência à compressão, de potencial de eletrodo, de perda de massa gravimétrica e de teor de cloretos livres na solução dos poros do concreto;
- Acompanhar a evolução dos potenciais de eletrodo ao longo do tempo no período de aceleração do processo de corrosão por meio de ciclos de imersão dos corpos-de-prova em soluções contendo cloreto de sódio a 3,5% e determinar o período da perda da passividade da armadura.
- Verificar se existe correlação entre o ensaio de potencial de eletrodo e o de perda de massa da barra, confirmando a validade do método para monitorar a corrosão das armaduras do concreto armado;

- Verificar se existe correlação entre as diversas variáveis estudadas: resistência à compressão, perda de massa, potencial de eletrodo e teor de cloretos livres nos poros do concreto;

1.4 MÉTODO

Escolhida a **corrosão das armaduras** como tema da dissertação, por sua importância na durabilidade das estruturas de concreto e na previsão da vida útil das mesmas, optou-se por investigar a influência da utilização de diversos tipos de cimento Portland disponíveis no mercado na confecção do concreto. Foi definido então o ensaio eletroquímico de potencial de eletrodo, método utilizado tanto em ensaios de laboratório como em avaliações de estruturas reais, para o seu monitoramento ao longo do tempo. Complementando o estudo, ao final do período previsto de aceleração do processo de corrosão, definiu-se a realização dos ensaios de perda de massa da barra de aço imersa nos corpos-de-prova e da verificação do teor de cloretos livres nos poros do concreto.

A parte experimental foi definida com base em um projeto de experimento, visando validar estatisticamente os resultados. O experimento foi definido com base em dados da bibliografia, optando-se por ciclos de imersão-secagem (CASCUDO, 1991; KROPP & HILSDORF, 1995) em solução contendo 3,5% de cloreto de sódio diluído em água deionizada e monitoramento por meio de potencial de eletrodo. As variáveis foram definidas dentro de um projeto mais amplo, para possibilitar posterior comparação entre os diferentes estudos que o compõem.

A coleta de dados se deu de forma a possibilitar a avaliação da validade estatística dos mesmos, conforme previsto na definição do projeto do experimento.

Após a coleta dos dados, foram realizadas a análise estatística e a interpretação e discussão dos mesmos com base na bibliografia relacionada.

1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O estudo da durabilidade das estruturas é amplo e envolve diversas variáveis que interagem entre si. Além das propriedades dos materiais, verifica-se atualmente que o entorno exerce uma influência significativa na durabilidade e conseqüente vida útil das estruturas de concreto armado. Características ambientais diferenciadas podem provocar determinadas

manifestações patológicas, em função das variações de temperatura, umidade e concentração de agentes agressivos presentes na atmosfera circundante nas estruturas (ANDRADE, 1997).

Tendo em vista a pequena disponibilidade de tempo e de recursos, não foram abordadas neste trabalho as características ambientais e, com relação aos materiais, o estudo ficou restrito ao tipo de cimento utilizado e à variação da relação água/cimento.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é apresentado em seis capítulos, conforme descrição abaixo.

No Capítulo 1 é feita a apresentação do assunto relacionado ao tema da dissertação, sob o ponto de vista da durabilidade das estruturas. Consta ainda a justificativa pela escolha do tema, bem como os objetivos, o método e as limitações do estudo.

Nos Capítulos 2 e 3 é apresentada a revisão bibliográfica do tema. O Capítulo 2 aborda o aspecto da corrosão das armaduras no concreto, explicando como ocorre o fenômeno e quais as variáveis que influenciam o mesmo e de que forma influenciam. Em seguida, aborda os aspectos referentes aos cloretos, seu papel na corrosão, seu teor limite no concreto e as metodologias de avaliação. Também apresenta o método de avaliação de potencial de eletrodo, seu princípio e suas aplicações, e descreve a técnica do ensaio de perda de massa. O Capítulo 3 descreve os diferentes tipos de cimento Portland, suas características e propriedades, e a sua influência na corrosão das armaduras induzidas por cloretos.

No Capítulo 4 é descrito o programa experimental. São apresentadas as características dos materiais utilizados e todas as etapas do procedimento experimental utilizado ao longo do experimento, bem como as justificativas para as decisões tomadas.

No Capítulo 5 são apresentados todos os resultados, sua análise estatística e a discussão dos mesmos, baseada na revisão bibliográfica.

No Capítulo 6 são feitas as considerações finais e são apresentadas as conclusões retiradas da análise dos resultados. Sugestões para futuros trabalhos também são apresentadas.

2 A CORROSÃO DAS ARMADURAS

O presente capítulo é dividido em quatro partes. Na primeira é apresentado o fenômeno da corrosão para o caso específico das armaduras imersas no concreto, seus mecanismos e as variáveis que interferem no mesmo. Na segunda parte é abordado o assunto referente aos cloretos, seu papel na corrosão, teor limite no concreto e as metodologias de avaliação do seu teor. Na terceira parte é feita uma descrição da técnica de potencial de eletrodo usada para o monitoramento da corrosão das armaduras no concreto, seus princípios básicos, equipamentos, vantagens e desvantagens. Na parte final é apresentada a técnica de medida da perda de massa gravimétrica.

2.1 CORROSÃO DAS ARMADURAS NO CONCRETO

A corrosão pode ser definida como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química ou eletroquímica.

No caso específico do aço imerso no concreto, o mecanismo de corrosão é basicamente eletroquímico em meio aquoso, onde a armadura configura o eletrodo e a fase líquida constituinte dos poros do concreto atua como eletrólito. Para que ocorra a corrosão são necessárias as seguintes condições: deve existir um eletrólito, deve existir uma diferença de potencial, deve existir oxigênio e podem existir agentes agressivos (HELENE, 1993). A Figura 1 apresenta um esquema da pilha de corrosão do aço no concreto, bem como os fatores que possibilitam a ocorrência do processo corrosivo. Também são apresentadas, de maneira simplificada, as reações que se desenvolvem nas zonas anódicas e catódicas.

A armadura no concreto encontra-se em um ambiente altamente alcalino (pH em torno de 12,5), no qual encontra-se protegida do fenômeno da corrosão por uma capa ou película protetora de caráter passivo que vai do Fe_3O_4 ao Fe_2O_3 , ou por mistura desses dois óxidos dependendo do potencial de corrosão da armadura. Ela pode também ser resultante da combinação da ferrugem superficial ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) com o hidróxido de cálcio, formando o ferrato de cálcio ($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Isto pode ser observado no diagrama de Pourbaix, que é utilizado para entender a termodinâmica do aço no concreto onde os parâmetros de potencial de eletrodo, em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio e pH, são representados para os vários equilíbrios químicos e eletroquímicos, em coordenadas cartesianas (Figura 2). Com base no diagrama,

Pourbaix demonstrou que, para a ordem de grandeza do pH no concreto (aproximadamente 12,5) e para a faixa de variação do potencial de corrosão do ferro no concreto de +0,1 a -0,4V em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio (PETROCOKINO, citado por HELENE, 1986), as reações de eletrodo verificadas no ferro são de passivação. Ainda, de acordo com o diagrama, o ferro em presença de oxigênio é passivo para pH de até aproximadamente 8.

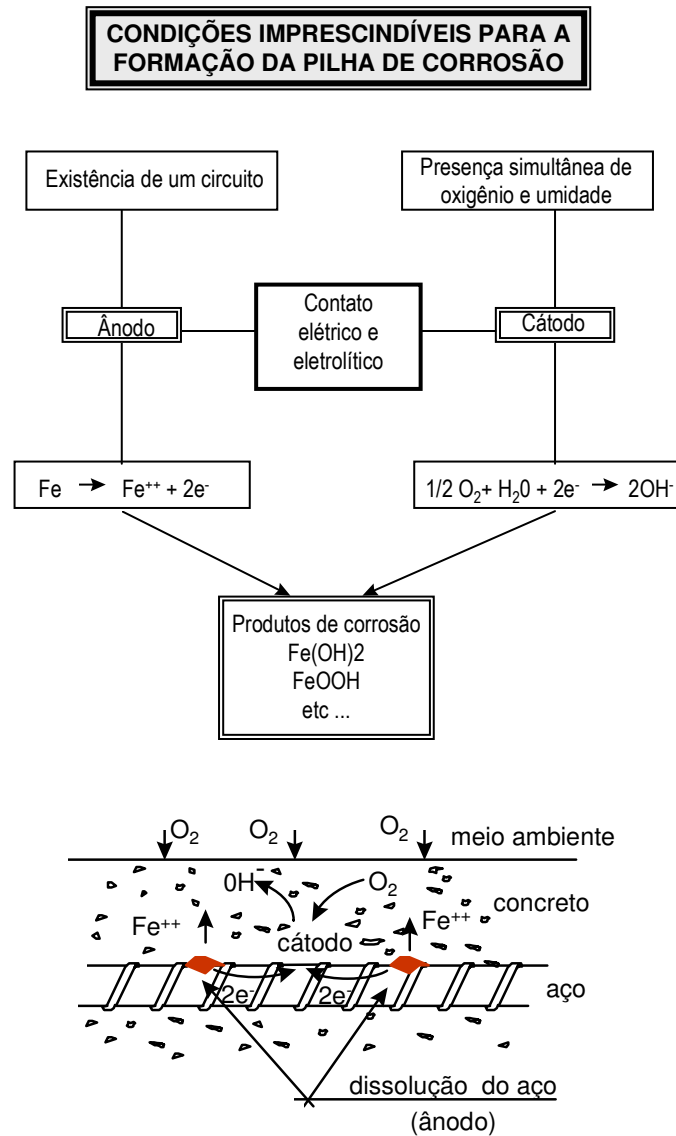


FIGURA 1: Formação de uma pilha de corrosão (ANDRADE, 1995)

A fim de expor o mecanismo de corrosão do aço no concreto é apresentado na Figura 3 o modelo de vida útil baseado na corrosão de estruturas de concreto armado proposto por Tuuti, que subdivide o processo em dois períodos distintos: iniciação e propagação.

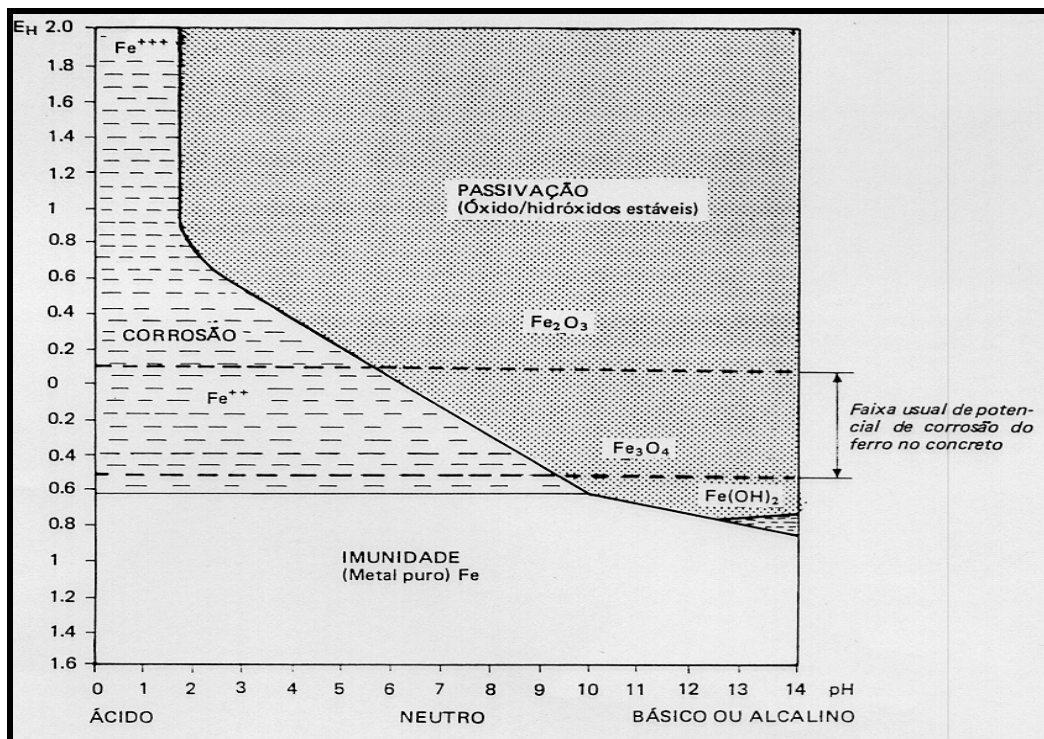


FIGURA 2: Diagrama de Pourbaix. Diagrama de equilíbrio termodinâmico potencial x pH para o sistema Fe – H₂O a 25°C, delimitando os domínios prováveis de corrosão, passivação e imunidade (POURBAIX apud HELENE, 1986)

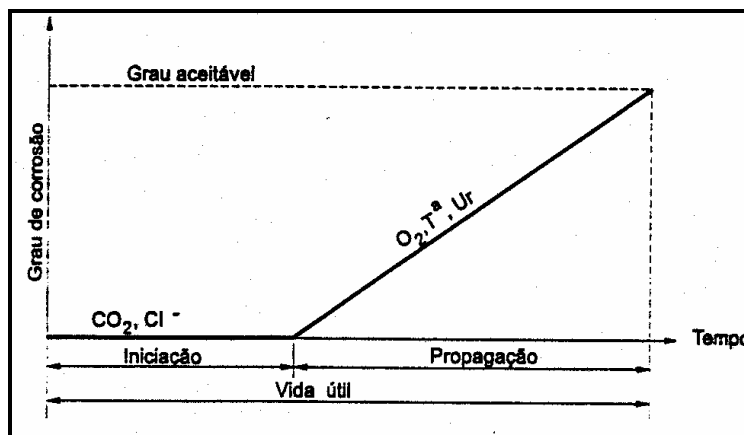


FIGURA 3: Modelo de vida útil (TUUTI apud CASCUDO, 1994)

- *período de iniciação*: período de tempo que vai até a despassivação da armadura, que normalmente ocorre devido a duas condições básicas – presença de uma quantidade suficiente de íons cloreto ou diminuição da alcalinidade do concreto, que pode se dar devido principalmente às reações de carbonatação ou mesmo devido à penetração de substâncias ácidas no concreto. O papel dos cloretos na corrosão das armaduras no concreto será tratado no capítulo seguinte.

- *período de propagação*: período de tempo onde ocorre o desenvolvimento do processo eletroquímico, desde que haja os elementos básicos para tanto, conforme apresentado anteriormente. Vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou ocorrem fissuras no concreto de cobrimento, ou ainda quando há o destacamento do concreto de cobrimento.

2.2 OS ÍONS CLORETO NA CORROSÃO DAS ARMADURAS NO CONCRETO

2.2.1 O Papel dos cloretos

Os cloretos podem estar presentes no concreto por terem sido incorporados na mistura por agregados contaminados, pelo uso da água do mar ou de água salobra ou pela utilização de aditivos contendo cloretos (os principais são os agentes aceleradores de pega que são geralmente à base de cloreto de cálcio). Podem também ser advindos do meio externo e penetrar no concreto por sais de degelo usados nos invernos rigorosos em países frios, por salmoura industrial, por contato da estrutura com a água do mar e por maresia ou névoa de ambiente marinho que depositam os cloretos sobre a superfície do concreto na forma de gotículas que depois são molhadas pelo orvalho e penetram no mesmo.

É consenso que íons cloreto em quantidades suficientes podem destruir o filme passivo do aço no concreto, podendo levar à corrosão das armaduras; porém, o mecanismo preciso ainda gera debates. Existem três teorias modernas para explicar os efeitos dos íons cloreto sobre a corrosão do aço - Teoria do Filme de Óxido, Teoria da Adsorção e Teoria do Complexo Transitório – sendo que a primeira refere-se ao período de iniciação e as outras duas referem-se ao período de propagação da corrosão.

Com relação ao transporte dos íons no interior do concreto, pode-se dizer que os mecanismos predominantes são a absorção capilar e a difusão iônica. A absorção se dá numa camada superficial do concreto, geralmente onde ocorre a molhagem e secagem do cobrimento pela ação das intempéries e a difusão atua mais para o interior do concreto, onde a presença do eletrólito é mais constante.

Um perfil típico da concentração de cloretos ao longo do cobrimento de concreto é mostrado na Figura 4, onde se nota que a concentração tende a diminuir com a profundidade a partir da superfície.

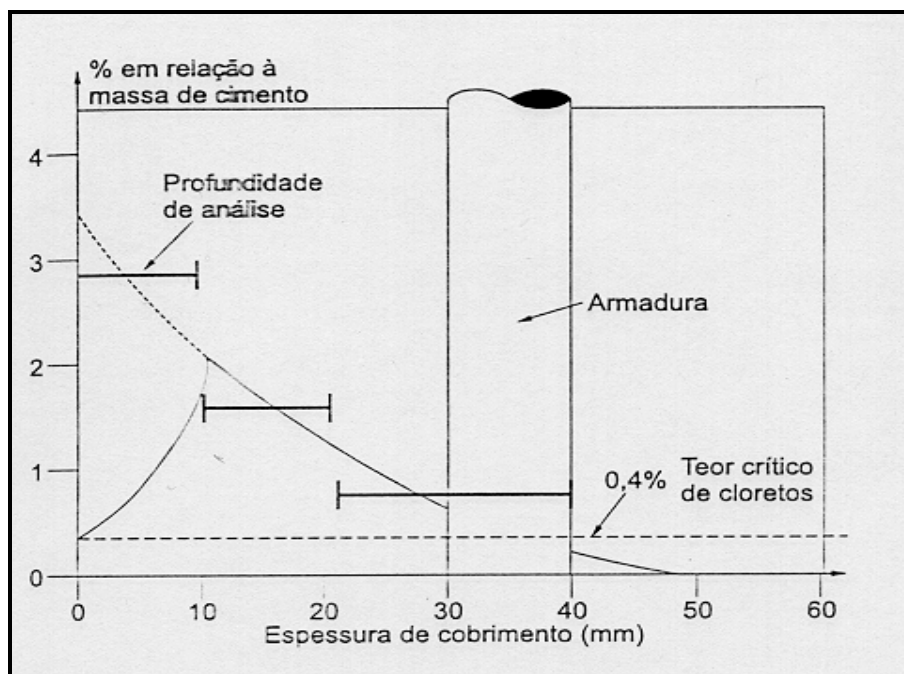


FIGURA 4: Perfil típico de concentração dos cloretos ao longo do cobrimento, em um concreto contaminado por impregnação externa de soluções ricas em cloretos. (CASCUDO, 1994)

O cloreto apresenta-se sob três formas no concreto (CASCUDO, 1994; ARYA e NEWMAN, 1990): quimicamente ligado ao aluminato tricálcico (C_3A), formando cloroaluminato de cálcio ou sal de Friedl ($C_3A.CaCl_2.10H_2O$) ou ao ferroaluminato tetracálcico C_4AF resultando cloroferrato de cálcio ($3CaO.Fe_2O_3.CaCl_2.10H_2O$); adsorvido na superfície dos poros; e sob a forma de íons livre.

Do ponto de vista da corrosão das armaduras, são os cloretos livres que causam preocupação, pois são eles que irão romper a camada estável de óxido que envolve a armadura quando no estado passivo (ARYA e NEWMAN, 1990; RASHEEDUZZAFAR et al., 1991; KRÖPP e HILSDORF, 1995; AL-HUSSAINI et al, 1990). Entretanto, alguns pesquisadores (HANSSON et al e GLASS et al, citados por GLASS et al, 1997; ANDRADE, 1992; KAYYALI e HAQUE, 1995) consideram que, desde que o cloreto combinado possa decompor-se para ficar livre na solução dos poros, todos os cloretos representam um risco potencial para a corrosão. E há ainda a proposição de que não somente o conteúdo de cloretos livres deva ser levado em conta, mas também a concentração de íons hidroxila na solução dos poros.

Os cloretos atuam como catalisadores da reação e não são consumidos nas reações de corrosão, permanecendo na vizinhança da armadura e contribuindo para o aumento substancial da condutividade elétrica do eletrólito, acelerando o processo de corrosão.

2.2.2 Discussão sobre o teor limite de íons cloreto no concreto

Não existe um consenso quanto ao limite máximo de cloretos abaixo do qual seja possível afirmar que não haverá despassivação das armaduras, uma vez que isso depende de inúmeros fatores e, inclusive, varia dependendo de se a fonte de cloretos é interna ou externa. Existe ainda uma situação de equilíbrio entre as três formas de cloreto, quimicamente combinado, adsorvido às paredes dos poros e livres, indicando que sempre haverá cloretos livres na água dos poros. Além disso, a carbonatação atua liberando os cloretos combinados, aumentando assim o risco de corrosão.

Como limite muito geral para cloretos internos considera-se que 0,4% em relação à massa de cimento ou 0,05 a 0,1% em relação à massa de concreto são quantidades suficientes de cloretos para despassivar o aço (ANDRADE, 1992). O CEB sugere o critério de avaliação apresentado no Quadro 1. Para o caso de cloretos externos, a Federal Highway Administration apresentou um trabalho que demonstra que o teor limite de cloretos é de 2%, para os cloretos solúveis em ácido.

QUADRO 1: Critério de avaliação do teor de cloretos ao nível da armadura - BRE Digest 264, 1982 (CEB, 1989)

% Cl ⁻ por massa de cimento		Risco de corrosão
Adicionado na mistura	Por penetração	
< 0,6	< 0,4	Baixo
0,6 – 1,0	0,4 – 1,0	Médio
> 1,0	> 1,0	Alto

Com respeito à relação entre a concentração de íons cloreto e de íons hidroxila, outro critério sugerido, resultados conflitantes tem sido encontrado por autores diferentes (HAUSSMANN e PAGE E LAMBERT, citados por ARYA e NEWMAN, 1990), não havendo ainda um consenso sobre o assunto.

2.2.3 Técnicas de avaliação do teor de cloretos

Na avaliação do teor de cloretos de uma amostra há diversos fatores que influenciam no resultado. Um deles é o procedimento de extração dos íons; o outro são as diferentes técnicas de análise utilizadas, cada qual com seu princípio.

Há diversas técnicas de análise do teor de cloretos: Teste Quantab, Eletrodo de Íons Seletivos, Titulação Volhard (ou inversa), Cromatografia de Íons, Teste Rápido de Cloretos (RCT), Titulação Mohr usando equipamento de titulação automática, Titulação Potenciométrica.

Gran (1992), do Norwegian Building Research Institute (NBI), avaliou três dessas técnicas: Teste Quantab (extração com água destilada fervendo), medida do Potencial de Eletrodo usando um Eletrodo de Íons Seletivos (extração com HNO_3) e Titulação Volhard (extração com HNO_3). Foram enviadas a cinco diferentes laboratórios nórdicos amostras de pó de concreto preparadas e embaladas no NBI, com três concentrações de cloretos conhecidas e escolhidas para cobrir uma gama relevante de conteúdo de cloretos no concreto – de nenhum risco a certo perigo de corrosão do aço. Amostras extras foram enviadas à Jaywood Engineering para fazer uma checagem estatística por meio de Titulação Potenciométrica. Adicionalmente, foram realizados também Testes Quantab com extração utilizando HNO_3 , Comatografia de Íons, Teste Rápido de Cloretos (RCT) e Titulação de Mohr usando equipamento de titulação automática, porém somente em um dos laboratórios, não permitindo a comparação de seus resultados entre os diferentes laboratórios.

Ao final, Gran (1992) concluiu que a análise utilizando o Eletrodo de Íons Seletivos apresentou os melhores resultados em todas as faixas de concentração de cloretos e que a experiência na utilização da técnica não influenciou os resultados. Porém, deve-se tomar cuidado na determinação da curva de calibração, bem como levar em consideração a importância do pH, da temperatura e da presença de outros íons. Com relação às outras técnicas, concluiu que a Titulação Volhard é a melhor técnica em todos os aspectos para altas concentrações, mas a experiência na sua utilização influencia nos resultados e que o Teste Quantab revelou os maiores desvios padrão e dificuldade na leitura da fita, principalmente para valores menores de concentração de íons cloreto, sendo então contra-indicada para pequenas concentrações.

A técnica de eletrodo de íons seletivos baseia-se no princípio de comparação da medida de potencial entre dois eletrodos em uma solução de concentração de cloretos desconhecida com potenciais medidos em soluções de concentrações conhecidas representados como uma curva de calibração. A técnica de titulação Volhard é usada para a determinação indireta de cloretos através de titulação inversa. O teste Quantab consiste de uma fita fina de plástico inerte impregnada com dicromato de prata que é colocada na solução aquosa, produzindo uma coluna branca cujo comprimento é proporcional à concentração de íons cloretos.

2.3 TÉCNICAS PARA AVALIAR O PROCESSO DE CORROSÃO DAS ARMADURAS

Existem diversas técnicas para avaliar o processo de corrosão das armaduras no concreto, sendo que algumas delas avaliam a termodinâmica da reação, ou seja, o período de iniciação, enquanto outras avaliam a cinética da reação, ou seja, o período de propagação, conforme o diagrama de vida útil apresentado na Figura 3. Dentre as técnicas existentes pode-se citar a determinação do teor de cloretos, a difusão de cloretos, a profundidade de carbonatação, a resistividade elétrica, a resistência de polarização, a impedância eletroquímica, as curvas de polarização, o potencial de eletrodo, a perda de massa, entre outros. A seguir serão abordadas as técnicas de potencial de eletrodo e de perda de massa gravimétrica, uma vez que foram utilizados na parte experimental desta pesquisa.

2.3.1 Potencial de Eletrodo

2.3.1.1 Princípio da técnica

O potencial de eletrodo é uma diferença de potencial eletroquímico que ocorre entre um determinado metal e um meio aquoso contendo íons desse metal, resultante de um estado estacionário que se estabelece. Para o caso do concreto, através de um eletrodo de referência, é medida a diferença de potencial de eletrodo do sistema armadura-concreto (semi-pilha) comparativamente ao potencial do eletrodo de referência secundário, em regiões próximas ao ponto de aplicação do eletrodo de referência na superfície do concreto. Para a medição desses potenciais é utilizado um voltímetro de alta impedância conectado entre a armadura e o eletrodo de referência que fica apoiado sobre a superfície do concreto. A configuração básica do ensaio é apresentada na Figura 5.

Além do esquema convencional apresentado acima, é possível também a realização de leituras de potencial sem que seja necessária a conexão física a um ponto da armadura, por meio da utilização de dois eletrodos de referência. Segundo FRANÇOIS et al. (1994), a interpretação desses resultados é mais delicada e requer algumas operações numéricas induzindo, inerentemente, a um aumento das incertezas.

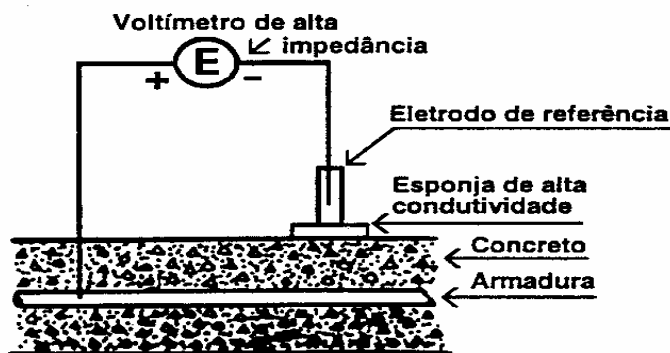


FIGURA 5: Esquema para medição dos potenciais de corrosão (CASCUDO, 1994)

Os potenciais de eletrodo são parâmetros termodinâmicos que dependem de inúmeras variáveis. As informações que o método pode fornecer são qualitativas sobre o estado superficial da armadura (estado passivo ou ativo de corrosão), de indicação da passagem do estado passivo para o ativo de corrosão (pela súbita mudança dos valores de potencial) e de delimitação de áreas comprometidas da estrutura através do mapeamento de potenciais com linhas desenhadas na superfície do elemento estrutural, como mostrado na Figura 6.

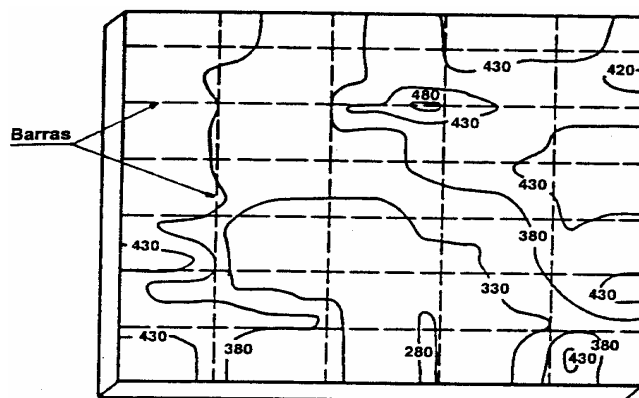


FIGURA 6: Exemplos de mapas equipotenciais obtidos através do emprego do método ASTM C876-87 (CASCUDO, 1994)

Na prática, como ocorreu no estudo para avaliação do estado de corrosão da cobertura dos pavilhões da CEASA – RS (COPPETEC, 1995), o ensaio é realizado juntamente com outros ensaios complementares que são suporte aos resultados de potencial de eletrodo.

2.3.1.2 Procedimento experimental

O método de ensaio padrão é normalizado pela norma ASTM C876-87. Os equipamentos básicos para a medida dos potenciais eletroquímicos são um voltímetro de alta impedância de entrada ($>10M\Omega$) e resolução em nível de milivolts, um eletrodo de referência, conexões elétricas adequadas e, acessoriamente, para melhorar a condutividade elétrica entre o eletrodo de referência e a superfície do concreto, uma esponja de alta condutividade. Os eletrodos de referência mais comuns são o de calomelano saturado (ECS) e o de cobre/sulfato de cobre (ESC), sendo este último o eletrodo descrito pela norma ASTM C876-87 (Figura 7).

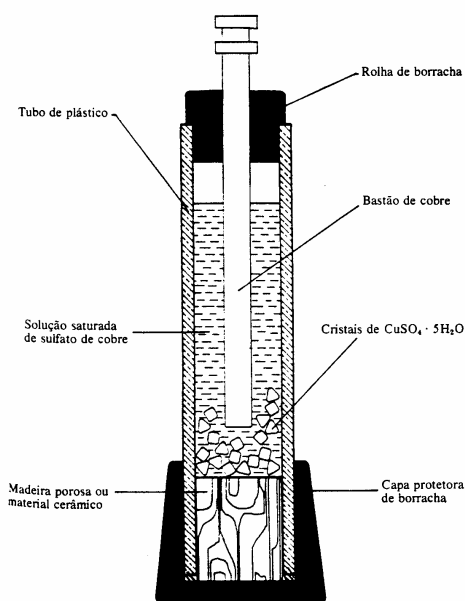


FIGURA 7: Eletrodo secundário ou semi-pilha de referência cobre/sulfato de cobre, ESC (GENTIL, 1996)

Com a utilização do esquema convencional apresentado na Figura 5, são realizadas leituras de potencial de eletrodo em locais determinados na superfície do elemento estrutural que se deseja estudar. Esses valores podem ser avaliados de duas formas: pela comparação direta das medidas com o critério descrito na norma ASTM C876-87 ou pelo desenho de mapas de contornos equipotenciais na superfície do componente estrutural em estudo. A presença de grandes diferenças de potencial de uma região para outra, ou seja, de altos

gradientes de potencial (> 200 mV), pode ser mais indicativo de atividade de corrosão que o uso dos valores absolutos de potencial.

O critério de avaliação direta dos resultados, que surgiu a partir de inspeções realizadas em 473 tabuleiros de pontes contaminados com cloretos nos Estados Unidos, executado por Van Daveer (1975), foi estabelecido para o método de potencial de eletrodo e adotado pela norma ASTM C876-87, conforme o Quadro 2. Os valores foram obtidos na década de 70 pelo monitoramento de vários tabuleiros de pontes nos EUA em estado de corrosão devido aos sais de degelo. Estes valores, por si só, não são determinantes do estado das estruturas quanto à corrosão, já que foram obtidos de um caso específico com condições específicas, mas podem dar uma idéia qualitativa inicial do estado das armaduras.

QUADRO 2: Avaliação dos resultados obtidos mediante a técnica de medida dos potenciais de eletrodo em estruturas de concreto armado. (ASTM C876-87)

POTENCIAL DE CORROSÃO RELATIVO AO ELETRODO DE REFERÊNCIA DE COBRE/SULFATO DE COBRE – ESC (mV)	PROBABILIDADE DE CORROSÃO (%)
Mais negativo que -350	95
mais positivo que -200	5
de -200 a -350	incerta

Apesar da grande utilização das faixas de potenciais obtidas por Van Daveer, diversas críticas são feitas em trabalhos apresentados (LIAM et al., 1992; GRIMALDI et al., 1986; FRANÇOIS et al., 1994; RODRÍGUEZ et al., 1994; SLATER, 1979), fundamentadas essencialmente no grande número de variáveis proporcionadas pelo concreto que podem interferir nos resultados das medidas de potencial, a saber: qualidade, estado e espessura do revestimento de concreto, frente de carbonatação e de cloretos, correntes erráticas eventuais, temperatura e concentração do eletrólito. Esses valores não devem ser tomados como absolutos, sendo aceitáveis apenas como referência.

2.3.1.3 Informações obtidas

A técnica de potencial de eletrodo fornece somente informações sobre a termodinâmica da reação de corrosão, ou seja, informações qualitativas sobre o estado superficial da armadura, se passivo ou ativo, e sobre a localização de zonas em que está

ocorrendo corrosão ativa (mapas equipotenciais); não fornece, porém, informações sobre a cinética da reação, ou seja, sobre a taxa em que a corrosão está ocorrendo (SWARUP e SHARMA, 1996). Em algumas situações não é possível estabelecer uma relação entre o potencial de eletrodo e a condição do aço, conforme foi constatado por GJØRV (1986) ao estudar um píer de 60 anos. Por meio do monitoramento da estrutura ao longo do tempo, utilizando a técnica, é possível ter uma indicação do momento que a armadura passa do estado passivo para o estado ativo de corrosão (CASCUDO, 1994; AL-AMOUDI et al., 1996)

Dhir et al. (1993) afirmam, com base em resultados obtidos, que é possível estender a aplicação dos resultados do método de potencial de eletrodo para obter uma estimativa da severidade da corrosão, desde que tenha sido estabelecida uma relação local entre a estrutura real e corpos-de-prova de laboratório, ou seja, desde que seja feita uma calibração para a estrutura particular.

2.3.1.4 Vantagens e desvantagens

2.3.1.4.1 Vantagens

As vantagens do método de potencial de eletrodo, segundo diversos autores (RINCON et al, 1991; RODRÍGUEZ et al., 1994; CASCUDO, 1994; entre outros), são as que seguem:

- Útil na delimitação de zonas de corrosão ativa e passiva;
- Sensível para detectar modificações no estado da armadura, quando a mesma passa do estado passivo para o ativo;
- É um método não destrutivo e pode ser facilmente utilizado em estruturas reais;
- O mapeamento de potenciais se mostra muito útil na programação de intervenções na estrutura para a sua recuperação, já que delimita as áreas onde possa estar ocorrendo a corrosão (zonas anódicas);
- Rapidez e facilidade na execução das medidas, bem como, simplicidade e baixo custo do equipamento necessário.

2.3.1.4.2 Desvantagens

Como desvantagens da técnica de potencial de eletrodo, a literatura (ANDRADE, 1992; LIAM et al, 1992; entre outros) cita:

- Não fornece informações sobre a cinética do processo de corrosão, ou seja, não indica com qual velocidade está ocorrendo o processo;
- Os resultados podem ser distorcidos devido aos fatores que interferem nas medidas como: resistividade, umidade e espessura do revestimento de concreto, frente de cloretos e de carbonatação e correntes erráticas (ANDRADE, 1992; LIAM et al., 1992);
- A interpretação dos resultados deve ser cuidadosa devido justamente ao grande número de variáveis que interferem nos resultados;
- Os critérios de avaliação propostos pela norma ASTM C876-87 não tem aplicação imediata quando a corrosão é causada preferencialmente por frente de carbonatação;
- Não identifica o tipo de ataque que está ocorrendo, se corrosão generalizada ou por pites;
- A armadura deve ter continuidade elétrica.

2.3.2 Perda de Massa Gravimétrica

Metodologia largamente empregada em estudos de corrosão (CABRAL, 2000; GAVILÁN, 2000; MONTEIRO, 1996; CASCU DO, 1991; KOULOUMBI e BATIS, 1992; DAL MOLIN et al, 1996 e KULAKOWSKI et al, 1997), nos quais a perda de massa após ensaios de corrosão, em porcentagem relativa à massa inicial da barra antes da concretagem, é utilizada como referência da taxa de corrosão ocorrida. Seu grande inconveniente é o caráter destrutivo do ensaio, mas é um dos parâmetros quantitativos mais confiáveis ao qual todas as outras determinações de taxa de corrosão são em geral aferidas. A limpeza e preparação das barras podem ser feitas de acordo com as recomendações do método “ASTM G1-90 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens”.

Antes da concretagem as barras são preparadas, limpas da carepa de laminação e cuidadosamente pesadas. Após a destruição do corpo-de-prova, as barras são novamente limpas das incrustações de pasta e argamassa, sendo então introduzidas em solução contendo 500ml de ácido clorídrico, 3,5g de hexametileno tetramina que atua como inibidor da corrosão do aço e permite limpar somente os produtos da corrosão, e água destilada para completar 1000ml. São estabelecidos ciclos de 10min de imersão na solução com posterior lavagem com água destilada e determinação da massa da barra. Esses ciclos prosseguem até a obtenção da constância de massa (ASTM G1-90).

Em estruturas acabadas ou se retira um pedaço da armadura para verificação em laboratório da perda de seção ou toma-se esta medida no próprio local. Para medir a perda de seção devida à corrosão, é necessário limpar as armaduras dos produtos de corrosão, o que pode ser feito com uma escova de cerdas adequadas. Determina-se então a perda de seção em vários pontos, anotando-se a média e os valores mais elevados. O valor médio permite fazer uma avaliação da taxa de corrosão(mm/ano), desde que se saiba a época do ano que começou a corrosão. Já a perda máxima de seção permite avaliar a real redução de seção resistente da barra. Para barras nervuradas se adota o diâmetro médio nominal da barra como referência e anota-se nas medidas em obra, se a medida se dá em cavidades ou em ressaltos.

Nas amostras em que possa ocorrer remoção inadequada dos produtos de corrosão ou remoção do metal por sobrelimpeza, o uso de ciclos repetitivos de limpeza pode minimizar ambos os erros, conforme descrito no item 10.5 da norma ASTM G1-90. Nesses casos são ajustadas duas retas de tendência dos pontos no gráfico de perda de massa *versus* número de ciclos de limpeza, uma para o comportamento inicial e outra para quando o mesmo tende a se estabilizar, calculando-se então o ponto de interseção das mesmas e tomando o valor da perda de massa para este ponto.

3 CIMENTO PORTLAND E SUA INFLUÊNCIA NA CORROSÃO DAS ARMADURAS

3.1 HISTÓRICO

Cimento Portland é um tipo de cimento hidráulico cuja patente foi registrada em 1824 por Joseph Aspdin (STANLEY, 198?), um construtor de Leeds, Reino Unido. Esse cimento era fabricado aquecendo-se uma mistura de argila finamente dividida e calcário num forno, até eliminar o CO₂, a uma temperatura bem inferior à necessária para formação do clínquer. Este foi o melhor cimento de seu tempo, tendo havido melhoras no processo de produção até a presente data, permanecendo o nome e os ingredientes básicos. O protótipo de cimento moderno foi criado por Isaac Johnson, que melhorou o processo aumentando a temperatura de queima até a formação do clínquer, possibilitando a ocorrência das reações necessárias à formação de compostos de alta resistência no cimento. O nome de cimento Portland, originalmente devido à semelhança de cor e de qualidade do cimento hidratado com a pedra de Portland – um calcário extraído de Dorset – é usado até hoje para designar um cimento obtido pela mistura apropriada de materiais calcários e argilosos, ou outros materiais contendo sílica, alumina ou óxidos de ferro, aquecendo tudo a uma temperatura necessária para a clinquerização e moendo-se o clínquer resultante.

3.2 COMPOSIÇÃO DO CIMENTO PORTLAND E TIPOS DISPONÍVEIS NO BRASIL

O cimento Portland é o aglomerante hidráulico constituído de uma mistura de clínquer Portland e uma pequena quantidade de sulfato de cálcio. Clínquer Portland é o produto granulado obtido da queima em forno, geralmente rotativo, de uma mistura adequada de calcário e argila. É formado, em sua maior parte, de silicatos de cálcio e em menor proporção de aluminatos e ferroaluminatos cálcicos e está presente em todos os tipos de cimento Portland. As adições são outras matérias-primas que, misturadas ao clínquer normalmente na fase de moagem, permitem a fabricação dos diversos tipos de cimento Portland disponíveis no mercado. Essas outras matérias-primas são as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos.

Inicialmente as razões da adição de materiais de natureza inorgânica às misturas de concreto eram de ordem econômica (MEHTA & MONTEIRO, 1994): eles custavam menos

do que o cimento Portland, muitas vezes porque existiam em depósitos naturais, necessitando pouco ou nenhum processamento; outras vezes porque eram subprodutos ou rejeitos de processo industriais. Um impulso adicional deveu-se ao aumento brusco do custo da energia na década de 1970, visto que a principal parcela do custo da produção do clínquer é o custo da energia. Outro fator que incentivou seu uso foi de cunho ecológico, haja vista os estragos causados ao ambiente com a abertura de cavas e pedreiras para a obtenção das matérias-primas, com os meios de disposição dos resíduos industriais como escória de alto-forno, cinzas volantes ou sílica ativa e com a quantidade de dióxido de carbono emitido para a atmosfera na produção do cimento.

Diversos países espalhados pelo mundo, por meio de seus centros de pesquisa, vêm realizando estudos sobre o uso de materiais suplementares em substituição ao cimento no concreto, como por exemplo, a Itália (MASSAZZA, 1993), os Estados Unidos (MEHTA, 1989 e ROY, 1989), o Canadá (CANMET, 1987) e também o Brasil. MEHTA (1989) fornece uma visão geral do uso de sub-produtos pozolânicos e cimentantes no concreto, inclusive da produção e utilização de cinzas volantes, microssílica e escórias no mundo inteiro: Austrália, Canadá, China, Dinamarca, França, Alemanha, Índia, Japão, Holanda, Noruega, África do Sul, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos). O Centro Canadense para Tecnologia Mineral e Energia (CANMET, 1987) do Departamento de Energia, Minas e Recursos do Canadá tem se voltado, a partir da década de 1980, à pesquisa de materiais suplementares porque o uso de pozolanas e escórias como substituição para o cimento no concreto não somente contribui para a conservação de energia, mas também auxilia na solução, em um certo grau, do problema de disposição de sub-produtos industriais. No Brasil, a contribuição sobre o tema vem de pesquisas realizadas em diversos departamentos de universidades como o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC.), o Curso de Pós-Graduação de Construção Civil/PCC – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), o Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG), o Núcleo Orientado à Inovação da Edificação - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), entre outros.

Atualmente, além das razões acima citadas, as adições são utilizadas por razões técnicas para modificar propriedades específicas como reduzir a permeabilidade, diminuir a porosidade capilar, aumentar a resistência a sulfatos, diminuir o calor de hidratação, inibir a reação álcali-agregado e aumentar a durabilidade.

No Brasil existem vários tipos de cimento Portland normalizados, diferentes entre si, principalmente em função de sua composição: cimento Portland Comum, cimento Portland Composto, cimento Portland de Alto-Forno, cimento Portland Pozolânico, cimento Portland de Alta Resistência Inicial, cimento Portland Resistente aos Sulfatos, cimento Portland Branco, cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação e cimento Portland para Poços Petrolíferos, todos regidos por normas da ABNT.

Conforme a norma NBR 13116, cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação são os cimentos Portland dos tipos CPI, CPII, CPIII, CPIV ou CPV-ARI, que atendam à condição de baixa liberação de calor durante a sua hidratação, e que devem ser designados pelas siglas e classes originais de seu tipo, acrescidas de BC. Sua composição deve ser aquela prescrita para o seu tipo original, indicada pelas normas NBR 5732, NBR 5733, NBR 5735, NBR 5736 ou NBR 11578, conforme o tipo de cimento usado.

Os cimentos Portland resistentes aos sulfatos são aqueles, como o próprio nome diz, que têm a propriedade de oferecer resistência aos meios agressivos sulfatados, tais como os encontrados nas redes de esgotos de águas servidas ou industriais, na água do mar e em alguns tipos de solos. De acordo com a norma NBR 5737, qualquer um dos cinco tipos básicos (CPI, CPII, CPIII, CPIV e CPV-ARI) pode ser considerado resistente aos sulfatos, desde que atenda à norma específica do seu tipo básico e obedeça pelo menos a uma das seguintes condições:

- teor de aluminato tricálcico (C_3A) do clínquer e teor de adições carbonáticas de, no máximo, 8% e 5% em massa, respectivamente;
- cimentos do tipo alto-forno que contiverem entre 60 e 70% de escória granulada de alto-forno em massa;
- cimentos tipo pozolânico, que contiverem entre 25 e 40% de material pozolânico em massa;
- cimentos que tiverem antecedentes de resultados de ensaios de longa duração ou de obras que comprovem resistência aos sulfatos.

No Quadro 3 são apresentados todos os tipos de cimentos Portland normalizados no Brasil, sua composição característica e a norma correspondente.

QUADRO 3: Composição dos cimentos Portland normalizados no Brasil

Tipo de Cimento Portland	Composição (% de massa)					Norma Brasileira
	Sigla	Clínquer + Gesso	Escória granulada de alto-forno (sigla E)	Material pozolânico (sigla Z)	Material carbonático (sigla F)	
Comum	CPI CPI-S	100 99-95	-	1 - 5	-	NBR 5732
Composto	CPII-E	94-56	6-34	-	0-10	NBR 11578
	CPII-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CPII-F	94-90	-	-	6-10	
Alto-Forno	CPIII	65-25	35-70	-	0-5	NBR 5735
Pozolânico	CPIV	85-45	-	15-50	0-5	NBR 5736
Alta Resistência Inicial	CPV-ARI	100-95	-	-	0-5	NBR 5733
Branco Estrutural	CPB	100-75	-	-	0-25	NBR 12989
Branco não-estrutural	CPB	74-50	-	-	26-50	
Para Poços Petrolíferos	CPP	100	-	-	-	NBR 9831

3.3 INFLUÊNCIA DO TIPO DE CIMENTO PORTLAND NA CORROSÃO DAS ARMADURAS INDUZIDA POR CLORETOS

A resistência do concreto a agentes agressivos é governada principalmente pela permeabilidade do mesmo. A permeabilidade pode ser definida como a facilidade com que um fluido pode escoar através de um sólido. O tamanho dos poros e a sua continuidade determinam a permeabilidade do material. Para o caso específico de cloretos, a estrutura dos poros do concreto e suas características de difusão governam a disponibilidade dos mesmos próximo à armadura. Estas propriedades do concreto também influenciam a taxa de difusão de oxigênio e a disponibilidade de umidade, fatores importantes no desenvolvimento do processo da corrosão.

A utilização de adições minerais ao cimento visa aproveitar o efeito positivo das mesmas, principalmente sua influência na redução permeabilidade do concreto devido ao refinamento dos poros e, especificamente no caso de corrosão induzida por cloretos, a capacidade de combinação dos cloretos com seus produtos de hidratação. Consta-se que a influência mais marcante das adições na durabilidade consiste no significativo refinamento da

porosidade (MEHTA, 1994) e, uma vez que a estrutura dos poros define e influencia os mecanismos de transporte de substâncias agressivas (CEB, 1989), ao se conseguir uma estrutura interna com poros de menor tamanho, teremos reflexos diretos na durabilidade.

Os íons cloreto combinam ou com o aluminato tricálcico (C_3A), formando o cloroaluminato de cálcio ou sal de Friedl ($C_3A.CaCl_2.10H_2O$), ou com o ferroaluminato tetracálcico (C_4AF) resultando cloroferrato de cálcio ($3CaO.Fe_2O_3.CaCl_2.10H_2O$), diminuindo, assim, o teor de cloretos livres na solução dos poros do concreto. Rasheeduzzafar et al (1992) indicam um melhor desempenho de cimentos com maior porcentagem de C_3A com relação à combinação de cloretos e ao tempo de iniciação da corrosão. Arya e Newman (1990) encontraram resultados que indicam uma maior capacidade de combinar cloretos para os cimentos com adição de cinza volante e de escória de alto-forno, quando comparados aos cimentos sem adição. O efeito negativo da utilização de adições minerais é a redução da alcalinidade do fluido dos poros causada pela diminuição da concentração de íons hidroxila (OH^-).

Diversas pesquisas, estudando o efeito da utilização de adições minerais, têm sido realizadas no mundo inteiro (MANGAT e MOLLOY, 1991; KOULOUMBI e BATIS, 1994; HAQUE e KAWAMURA, 1992; AL-AMOUDI et al, 1996). O objetivo é avaliar o desempenho do concreto com e sem adições em relação à corrosão das armaduras induzida por cloretos, principalmente com relação à difusão dos íons cloreto.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Na parte experimental deste estudo procurou-se avaliar os concretos moldados com os diferentes tipos de cimento utilizados com relação à resistência à corrosão das armaduras devida aos íons cloreto. Para isso, foram realizados ciclos de imersão dos corpos-de-prova em solução contendo cloretos visando à aceleração do processo de corrosão com o acompanhamento ao longo do tempo utilizando o método de potencial de eletrodo e com testes complementares de resistência à compressão em corpos-de-prova específicos para este fim e de avaliação da perda de massa gravimétrica nas barras de aço utilizadas e do teor de cloretos livres na espessura de revestimento. A seguir são apresentados todos os procedimentos realizados.

4.1 VARIÁVEIS ESTUDADAS

Neste estudo foram escolhidas duas variáveis para serem estudadas: a relação água/cimento e o tipo de cimento Portland utilizado. A relação água/cimento variou de 0,30 a 0,80, em cinco níveis diferentes (0,30; 0,35; 0,45; 0,60; 0,80), e cinco também foram os tipos de cimentos utilizados: CII-E32 (NBR11578 - Cimento Portland composto com escória); CII-F32 (NBR 11578 - Cimento Portland composto com filler); CIII-32 (NBR 5736 - Cimento Portland Pozolânico); CPV ARI (NBR 5733 - Cimento Portland de Alta Resistência Inicial) e CPV ARI-RS (NBR 5737 - Cimento Portland Resistente a Sulfatos).

Os níveis da relação água/cimento foram determinados dentro de um experimento mais amplo, do qual este estudo faz parte, que objetiva estudar a durabilidade do concreto de forma mais abrangente, levando em conta as diferentes variáveis que influenciam o processo de degradação do mesmo. Além dos mesmos níveis para a relação água/cimento, este experimento mais amplo utilizou também os mesmos materiais (areia, brita, cimentos do mesmo lote, água, aditivo superplastificante) para a confecção dos corpos-de-prova de ensaio, além dos mesmos equipamentos para moldagem e rompimento dos corpos-de-prova e do mesmo procedimento e local para a cura dos mesmos.

A escolha dos tipos de cimentos visou abranger a mais variada gama de materiais utilizados na fabricação dos mesmos. Variou de um cimento praticamente sem adições (CPV-ARI), passando pelos cimentos com adições de escória de alto-forno, de material carbonático

e de cinza volante (CPII-E, CPII-F e CPIV), sendo que este último é o mais utilizado nesta região, e finalizando com um cimento resistente a sulfatos.

Foi definida uma repetição para cada cruzamento das variáveis do estudo, totalizando cinquenta (50) corpos-de-prova a serem ensaiados. A numeração dos corpos-de-prova que é apresentada nos capítulos seguintes não é seqüencial, isto é, não vai de 01 a 50 porque o projeto do experimento foi concebido para que houvesse o ensaio acelerado em laboratório, que é o objeto deste trabalho, e também ensaios de corpos-de-prova submetidos a situações reais em três diferentes ambientes: ambiente urbano, ambiente marinho (sujeito à maresia) e ambiente sujeito à maré (molhagem e secagem dos corpos-de-prova pela maré). Os resultados deste último seriam utilizados para tentar estabelecer uma correlação com os dados obtidos nos ensaios acelerados.

Porém, esses corpos-de-prova foram moldados somente nas relações a/c de 0,30; 0,45 e 0,80. Dessa forma, para cada betonada de concreto com essas relações a/c foram moldados 4 (quatro) corpos-de-prova enquanto que para as relações a/c de 0,35 e 0,60 foi moldado somente 1 (um) corpo-de-prova para cada betonada. Como a numeração foi colocada na medida em que eram moldados os corpos-de-prova, os números apresentados nos ensaios acelerados não são seqüenciais pois somente um entre quatro moldados para as relações a/c de 0,30; 0,45 e 0,80 foi utilizado neste trabalho.

Então, para cada cruzamento das variáveis do estudo – 5 (cinco) tipos de cimento e 5(cinco) relações a/c, foram realizadas duas betonadas, observando-se as condições anteriormente explicadas. Assim, temos uma repetição para cada cruzamento das variáveis que, desprezando-se os corpos-de-prova para ensaios em situações reais, totalizaram 50 (cinquenta) corpos-de-prova a serem ensaiados de forma acelerada.

Permaneceram constantes a porcentagem de argamassa (46%) e a espessura de cobertura da armadura (1,7cm). Esse valor de 1,7cm para o cobertura da barra de aço deveu-se à utilização de uma forma de madeira retangular de madeira, quando da moldagem dos corpos de prova, que continha em uma das suas extremidades menores um furo no qual era colocada a barra e que tinha a função de apoiar a mesma para garantir uma espessura de cobertura uniforme em todo o seu comprimento. Na prática, porém, o furo que deveria ficar a 1,5cm (mais usualmente utilizado) acabou ficando em 1,7cm em todos os corpos de prova. A porcentagem de argamassa ideal foi determinada experimentalmente para a relação água cimento de 0,45 e utilizando o cimento CPV ARI.

4.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Os materiais empregados na confecção dos corpos-de-prova estão descritos e caracterizados a seguir.

4.2.1 Agregados

Utilizou-se areia quartzosa, como agregado miúdo, e pedra basáltica britada, como agregado graúdo, sendo ambos caracterizados granulometricamente através das normas NBR 7211 e NBR 7217, conforme Tabela 1.

TABELA 1: Características físicas dos agregados

# (mm)	Agregado miúdo		Agregado graúdo	
	% m.r	% m.r.a.	% m.r	% m.r.a.
19	00	0	07	7
12.5	00	0	57	64
9.5	00	0	30	94
6.3	00	0	06	99
4.8	00	0	00	100
2.4	05	5	00	100
1.2	10	15	00	100
0.6	21	36	00	100
0.3	48	84	00	100
0.15	16	99	00	100
Fundo	00	100	00	100
Dimensão máxima característica	2,4 mm		25 mm	
Módulo de finura	2,39		7,01	
Graduação	2		Brita 1	

%m.r. = porcentagem média retido

%m.r.a.= porcentagem média retido acumulado

4.2.2 Cimentos

As características químicas, físicas e mecânicas dos cimentos utilizados são apresentadas na Tabela 2. Os valores foram obtidos junto aos fabricantes dos cimentos utilizados.

TABELA 2: Caracterização química, física e mecânica dos cimentos

Características	Determinações	CP V-ARI	CP IV	ARI-RS	CP II-E	CP II-F
Químicas	SiO ₂ (%)	19,72	36,40	22,89	21,96	19,45
	Al ₂ O ₃ (%)	4,42	9,58	6,66	5,93	4,59
	CaO (%)	64,13	38,33	58,03	58,19	58,19
	SO ₃ (%)	2,80	1,99	2,40	2,22	2,38
	MgO (%)	1,38	4,82	2,41	3,11	2,96
	Na ₂ O (%)	0,08	0,11	---	---	---
	K ₂ O (%)	0,83	1,30	---	---	---
	Fe ₂ O ₃ (%)	3,27	---	2,58	2,61	2,88
	CaO livre (%)	1,02	---	0,82	---	---
	perda ao fogo (%)	2,44	2,72	2,84	4,51	4,72
	resíduo insolúvel (%)	0,46	34,72	0,52	0,87	1,42
	anidrido carbônico	---	1,79	---	---	---
	Equivalente alcalino	---	0,97	---	---	---
	C ₃ S (%)	64,69	---	---	---	---
	C ₂ S (%)	7,73	---	---	---	---
	C ₃ A (%)	6,17	---	---	---	---
	C ₄ AF (%)	9,95	---	---	---	---
CaSO ₄ (%)	4,76	---	---	---	---	
Físicas	resíduo # 200 (%)	---	0,60	0,08	---	---
	resíduo # 325 (%)	2,30	4,50	0,90	2,30	2,80
	Água de	28,10	36,10	34,10	26,8	26,8
	Consistência normal (%)					
	massa específica (g/cm ³)	3,14	2,70	---	3,04	3,09
	área específica - Blaine (cm ² /g)	4510	4160	4830	3860	3550
	início de pega (min)	110	540	276	198	178
	fim de pega (min)	197	650	349	263	242
	expansibilidade a frio (mm)	--	---	---	---	---
expansibilidade a quente (mm)	0,00	0,00	0,00	---	---	
Mecânicas	resistência à compressão 1 dia (MPa)	24,3	---	16,0	---	---
	resistência à compressão 3 dias (MPa)	36,1	16,8	35,6	21,8	23,1
	resistência à compressão 7 dias (MPa)	41,1	21,8	45,9	30,0	29,1
	resistência à compressão 28 dias (MPa)	48,2	36,8	56,2	40,0	36,0

4.2.3 Aditivo Superplastificante

Foi utilizado aditivo superplastificante (SP) à base de condensado de formaldeído naftaleno sulfonado.

4.2.4 Água

Para a confecção dos corpos-de-prova foi utilizada água da rede de abastecimento local e para o ensaio água deionizada.

4.3 DOSAGEM

A dosagem dos traços é apresentada na Tabela 3. Um dos corpos-de-prova, o de nº 64, moldado com o cimento CII-F, com relação a/c de 0,30 foi desconsiderado porque devido a uma falha na concretagem, o mesmo ficou com a relação a/c diferente do previsto (0,27), impossibilitando a utilização dos seus resultados.

TABELA 3: Consumo de materiais para cada traço

Traço	a/c	cimento kg/m ³	tipo cimento	aditivo SP % massa cim.		água kg/m ³	areia kg/m ³	brita kg/m ³	abatimento mm	
1			CII-E	0,30	0,30				65	75
2			CII-F	0,13	---				65	---
3	0,30	661	CP-IV	1,05	0,86	198	370	1206	50	45
4			CP-V ARI	0,65	0,67				60	65
5			CP-V ARI/RS	0,10	0,67				95	100
6			CII-E	0,00	0,15				50	70
7			CII-F	0,13	0,00				85	55
8	0,35	547	CP-IV	0,75	0,63	191	481	1206	85	65
9			CP-V ARI	0,29	0,44				50	99
10			CP-V ARI/RS	0,56	0,22				50	95
11			CII-E	0,00	0,00				70	70
12			CII-F	0,00	0,00				80	125
13	0,45	406	CP-IV	0,00	0,00	183	621	1206	40	45
14			CP-V ARI	0,00	0,00				65	70
15			CP-V ARI/RS	0,25	0,00				70	50
16			CII-E	0,00	0,00				105	170
17			CII-F	0,00	0,00				55	55
18	0,60	293	CP-IV	0,00	0,00	176	733	1206	60	60
19			CP-V ARI	0,00	0,00				58	55
20			CP-V ARI/RS	0,00	0,00				70	145
21			CII-E	1,43	0,53				75	45
22			CII-F	0,00	0,00				50	55
23	0,80	214	CP-IV	0,56	0,50	171	813	1206	65	60
24			CP-V ARI	0,25	0,82				50	45
25			CP-V ARI/RS	1,07	0,76				110	60

4.4 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS-DE-PROVA

Para o ensaio de resistência à compressão foram moldados corpos-de-prova cilíndricos com dimensões nominais de 10cm de diâmetro e 20cm de altura, segundo a norma NBR 5738/94. O agregado graúdo utilizado (brita 1) permite, pela sua dimensão máxima, a utilização desses corpos-de-prova. Para os demais ensaios foram moldados corpos-de-prova

com as seguintes dimensões: 10 x 10 x 15cm (Figura1). Foram imersas nestes corpos-de-prova de concreto, com um cobrimento de 1,7cm, barras de aço de 12,5mm de diâmetro e 20cm de comprimento, sendo que destes, 7cm ficaram externos ao corpo-de-prova e serviram para a conexão elétrica com o voltímetro para a realização do ensaio de potencial de eletrodo. Durante o ensaio essa extremidade da barra foi protegida por uma fita “tape” impermeável e, na interface com o concreto, por uma camada de silicone, ambas aplicadas logo após a desmoldagem dos corpos-de-prova. Antes de sua utilização, as barras de aço foram escovadas com escova de cerdas de aço, pesadas e então colocadas no molde, ficando posicionadas com a ajuda de uma fôrma auxiliar que garantiu a espessura uniforme do cobrimento estabelecido. O adensamento, tanto dos corpos-de-prova utilizados no ensaio de compressão simples como nos utilizados nos demais ensaios, foi realizado utilizando um vibrador de agulha (imersão).

A ordem e o dia de moldagem dos corpos-de-prova foram devidamente aleatorizados para minimizar os fatores de ruído (ANEXO A).

Após a moldagem, os corpos-de-prova permaneceram nas fôrmas cobertos por estopas molhadas durante um período de vinte e quatro (24) horas, quando então foram desmoldados e colocados em câmara úmida (umidade relativa $\geq 95\%$ e temperatura de $23\pm 2^\circ\text{C}$) até completar vinte e oito (28) dias de cura. A partir desse dia, começaram a ser ensaiados de acordo com as diversas metodologias descritas a seguir.

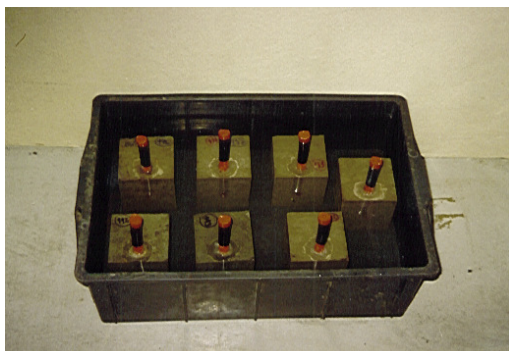
4.5 ENSAIOS

4.5.1 Processo de aceleração da corrosão

Os ensaios de imersão total do concreto (CASCUDO, 1991; GENTIL, 1996; KRÖPP e HILSDORF, 1995) em solução de água deionizada contendo 3,5% de cloreto de sódio em massa, visando à aceleração do processo de corrosão dos ensaios de laboratório, compreenderam duas partes. Nas duas, a parte do concreto dos corpos-de-prova permanecia imersa durante dois dias e ficava secando durante cinco dias. As medidas de potencial de eletrodo foram tomadas após sua emersão para secagem, quando estavam saturados.

Na primeira parte do experimento todos os procedimentos, inclusive a secagem, foram realizados em uma câmara climatizada com temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $70 \pm 2\%$ (Figura 8). Na segunda parte a secagem dos corpos-de-prova foi realizada utilizando-se um painel de lâmpadas (Figura 9), com temperatura em torno de 55°C na parte inferior dos

corpos-de-prova que ficava voltada para o painel de lâmpadas (Figura 9b), com o objetivo de acelerar o processo de secagem, pois a secagem a uma profundidade maior permite que uma molhagem subsequente leve os cloretos mais para o interior do concreto. Foi utilizado um painel de lâmpadas por uma questão essencialmente prática, pois o número de corpos-de-prova com a dimensão utilizada não permitiu a utilização de estufas (não havia disponibilidade de estufas com espaço necessário), mas recomenda-se o seu uso caso seja possível.



(a)

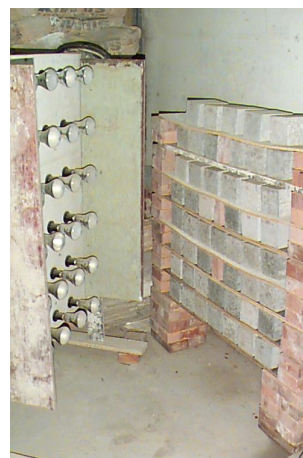


(b)

FIGURA 8: (a) Imersão e
(b) secagem dos corpos-de-prova em câmara climatizada.



(a)



(b)

FIGURA 9: (a) Imersão e
(b) secagem acelerada dos corpos-de-prova com painel de lâmpadas

4.5.2 Medidas de Potencial de Eletrodo

As medidas de potencial de eletrodo (ASTM C876-87) foram tomadas utilizando-se um eletrodo de referência de cobre/sulfato de cobre (ESC) e um voltímetro de alta impedância interna ($>10M\Omega$) e resolução em nível de milivolts, conforme pode ser visualizado na Figura 10. Para melhorar o contato entre o eletrodo e o corpo-de-prova utilizou-se uma esponja umedecida com solução de 0,5% de detergente em água deionizada. As medidas foram realizadas a cada 7 (sete) dias, quando da emersão do corpo-de-prova dos banhos (umidade do corpo = 100%).

Para cada ponto foram tomadas duas medidas de potencial intercaladas por um intervalo de tempo de aproximadamente 1 (um) minuto, atendendo assim à norma ASTM C876-87 que determina que para medidas no mesmo ponto em tempos próximos não deve haver diferença superior a 10mV. As medidas foram tomadas em dois pontos, conforme pode ser visto na Figura 11, sendo que as medidas do ponto 2 serviram apenas para verificar uma possível diferença significativa nos valores de potencial devido ao diferente local de medida no corpo-de-prova (mais próximo da borda), o que não aconteceu na quase totalidade dos casos. Entre medidas subseqüentes no mesmo ponto, em tempos próximos, não foram verificados valores maiores do que 10mV e entre medidas nos dois pontos distintos não foi verificada diferença significativa. Dessa forma, os valores utilizados na avaliação dos resultados foram sempre a primeira medida tomada no ponto 1 do corpo-de-prova.

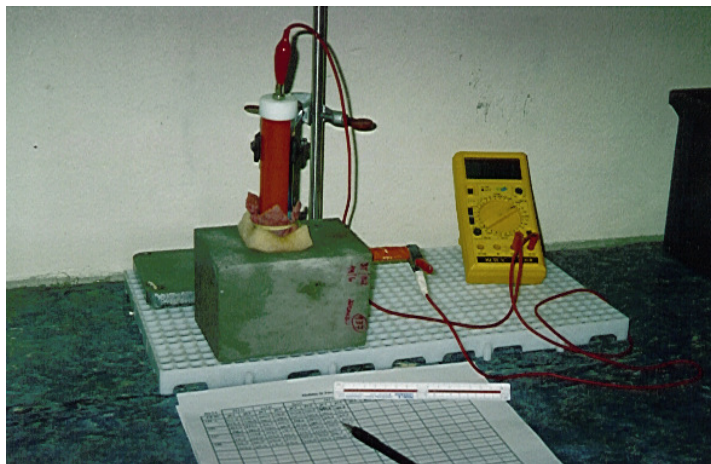


FIGURA 10: Esquema utilizado para medida do Potencial de Eletrodo

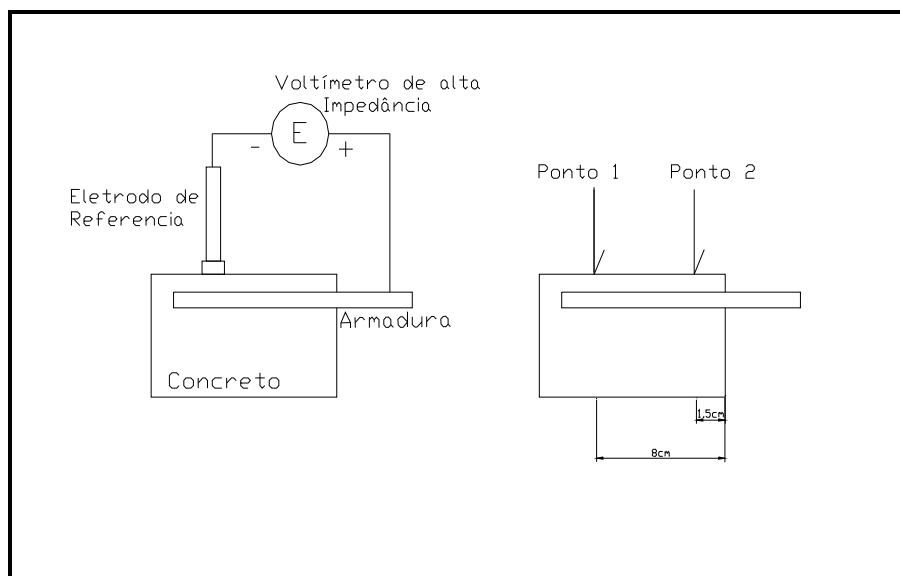


FIGURA 11: Esquema do ensaio de potencial de eletrodo e posição das medidas.

4.5.3 Ensaio de Perda de Massa Gravimétrica

Ao final dos ciclos de imersão dos corpos-de-prova em solução contendo cloretos, a barra de aço foi retirada para a análise da perda de massa gravimétrica, conforme metodologia descrita no item 2.3. Os resultados obtidos ciclo a ciclo, até a constância de massa, são apresentados no ANEXO B.

4.5.4 Avaliação do Teor de Cloretos Livres

Depois de rompido o corpo-de-prova de concreto (Figura 13) para a retirada da barra de aço, foi feita a retirada da amostra de concreto que seria utilizada para a análise do teor de cloretos livres do cobrimento da armadura. Essa amostra foi retirada de toda a espessura do cobrimento de concreto logo acima da posição da barra, sendo moída até a passagem pela peneira #200 (Figura 12). Esse pó resultante do peneiramento foi utilizado para a determinação do teor de cloretos livres, conforme procedimento descrito no item 4.5.4.1.

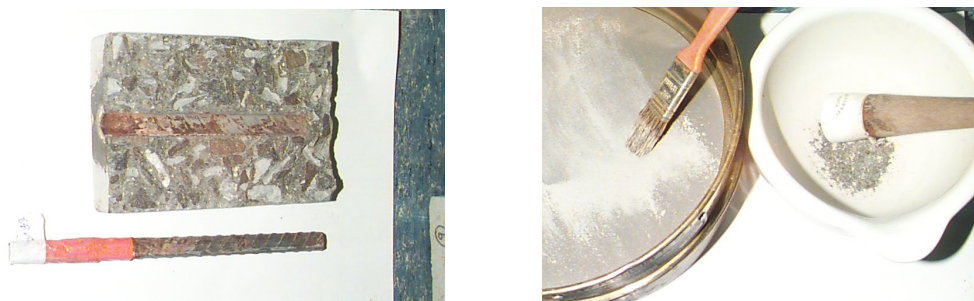


FIGURA 12: Moagem para retirada de amostras para a análise de cloretos livres.



FIGURA 13: Rompimento do corpo-de-prova para a retirada da barra de aço.

Baseado nos resultados obtidos pelo NBI (1992), conforme apresentado no item 2.2.3 e na bibliografia (DHIR et al., 1990), que indica o uso bastante difundido e a facilidade e rapidez do método, além da sua confiabilidade, optou-se por utilizar o eletrodo de íons seletivos para determinar o teor de cloretos livres das amostras de concreto do experimento.

4.5.4.1 Procedimento Experimental

4.5.4.1.1 Procedimento de extração (NBR 9917/87)

Foram seguidos os procedimentos constantes na Norma NBR 9917/87.

4.5.4.1.2 Análise das soluções

O método de eletrodo de íons seletivos se baseia na medida do potencial de uma célula galvânica composta por dois eletrodos (o eletrodo íon-seletivo e o eletrodo de referência), que é diretamente relacionado com a concentração do íon para o qual o íon-seletivo é sensível, no caso, o íon cloreto.

A aparelhagem é composta de um eletrodo íon-seletivo ao cloreto, um eletrodo de referência com junção dupla, com o compartimento externo preenchido com nitrato de sódio 1M, um medidor de potencial ou Íon-Analisador e um agitador magnético. Os reagentes utilizados são cloreto de sódio P.A. e nitrato de sódio P.A.

A calibração é feita utilizando-se três padrões de concentrações iguais a potências inteiras de dez (0,1; 1,0 e 10,0 meq/l), preparadas a partir da solução estoque de cloreto de sódio 0,1 eq/l.

Para realizar as medidas foram seguidos os seguintes passos:

- tomar aproximadamente 150ml da solução-problema em um “Becker” e adicionar o ajustador (2ml a cada 100ml);
- ativar o menu leitura do íon-analisador e seguir as orientações indicadas no visor;
- após cada medida, deixar o aparelho em “stand by”, retirar da solução os eletrodos e lavá-los com água deionizada para depois iniciar uma nova medida.

Deve-se tomar o cuidado de efetuar a calibragem e todas as análises mantendo as mesmas condições de trabalho (temperatura, velocidade do agitador, barra de agitação) e utilizando sempre soluções-padrão novas. Com relação ao problema das variações de temperatura, usa-se um termocompensador que é mergulhado na solução juntamente com os eletrodos.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O objetivo principal do trabalho é estudar o desempenho dos diferentes tipos de cimento com relação à corrosão das armaduras no concreto devida à ação de íons cloreto. Para isso, foram obtidos resultados de potencial de eletrodo (ESC) ao longo do tempo de ensaio, de resistência à compressão aos 28 dias (f_{c28}), de perda de massa gravimétrica e de teor de cloretos livres, todos conforme metodologias apresentadas no capítulo 4. As curvas de acompanhamento de potenciais ao longo do tempo são analisadas quanto à sua forma e quanto à possibilidade de determinação do momento da desp passivação da armadura. Para os valores finais de potencial (do dia 233) e para os demais resultados dos outros ensaios é feita uma análise estatística tendo como fatores controláveis o tipo de cimento e a relação água/cimento, para os quais é determinado se as diferenças encontradas são significativas ou não.

Como o experimento objetiva estudar dois fatores (tipo de cimento e relação água/cimento, ambos em cinco níveis) e todas as combinações dos mesmos, tem-se um projeto fatorial completo com uma repetição (dois exemplares para cada combinação), totalizando 50 ensaios. Esse tipo de projeto tem as vantagens de ser mais econômico e de permitir que se avaliem as interações entre os fatores. A tabela com todos os valores utilizados nesta análise é apresentada no ANEXO D.

A análise de variância testa a significância da diferença entre as médias dos grupos, baseando-se na relação da variabilidade das médias entre os grupos e da variabilidade das observações dentro dos grupos. A hipótese de nulidade é a de que as médias são todas iguais. No presente trabalho, todas as hipóteses são testadas com um nível de confiança de 95%, ou seja, existe uma probabilidade de erro de 5% (Ribeiro, 1995). Após esta análise é verificada a existência de correlações entre as variáveis de resposta.

5.2 POTENCIAL DE ELETRODO AO LONGO DO TEMPO DE ENSAIO

As Figuras 14 a 18 mostram o comportamento dos potenciais eletroquímicos, em relação ao eletrodo de referência de cobre/sulfato de cobre (ESC), ao longo do tempo de ensaio para cada tipo de cimento utilizado. Até o dia 163 a secagem dos corpos-de-prova foi

realizada à temperatura ambiente em sala com temperatura e umidade controladas (temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade de $70 \pm 2\%$). A partir daí, a secagem começou a ser realizada com o auxílio de um painel de lâmpadas. As tabelas do ANEXO D apresentam todos os valores medidos durante o ensaio. Os resultados utilizados para a montagem do gráfico de acompanhamento dos potenciais ao longo do tempo são sempre da primeira medida realizada no ponto 1 do corpo-de-prova.

Os resultados estão agrupados por tipo de cimento, ou seja, cada gráfico apresenta o desempenho dos corpos-de-prova de um determinado tipo de cimento, com dois exemplares para cada relação água/cimento.

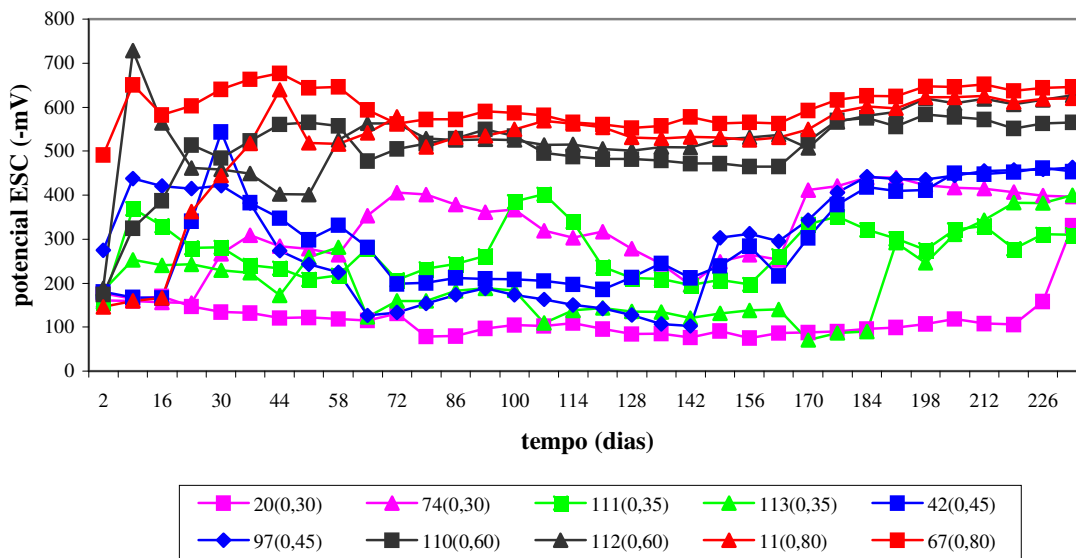


FIGURA 14: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPV-ARI
Legenda: n° do corpo-de-prova(relação água/cimento)

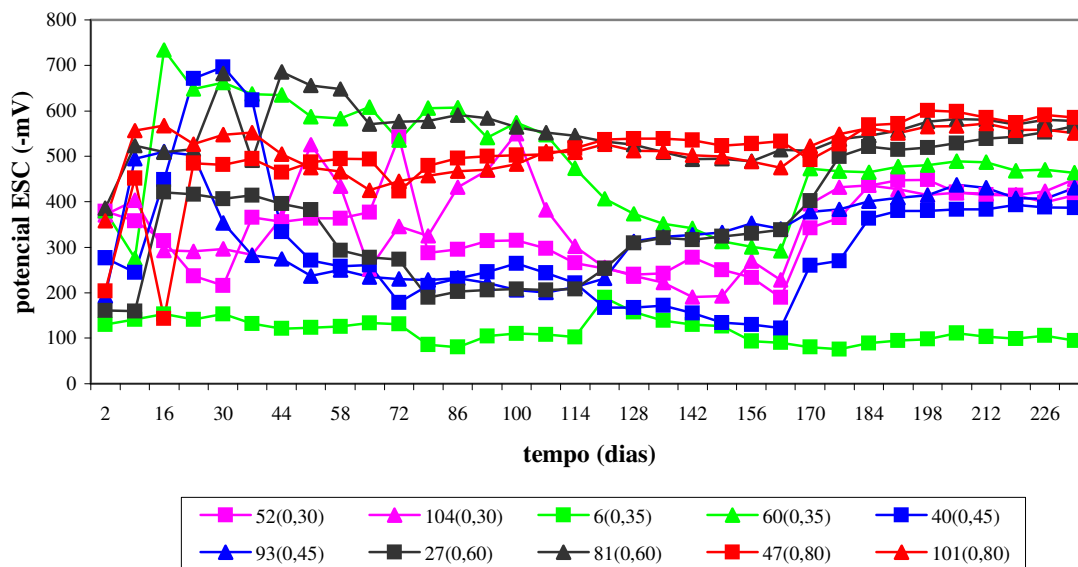


FIGURA 15: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPV ARI-RS
Legenda: n° do corpo-de-prova(relação água/cimento)

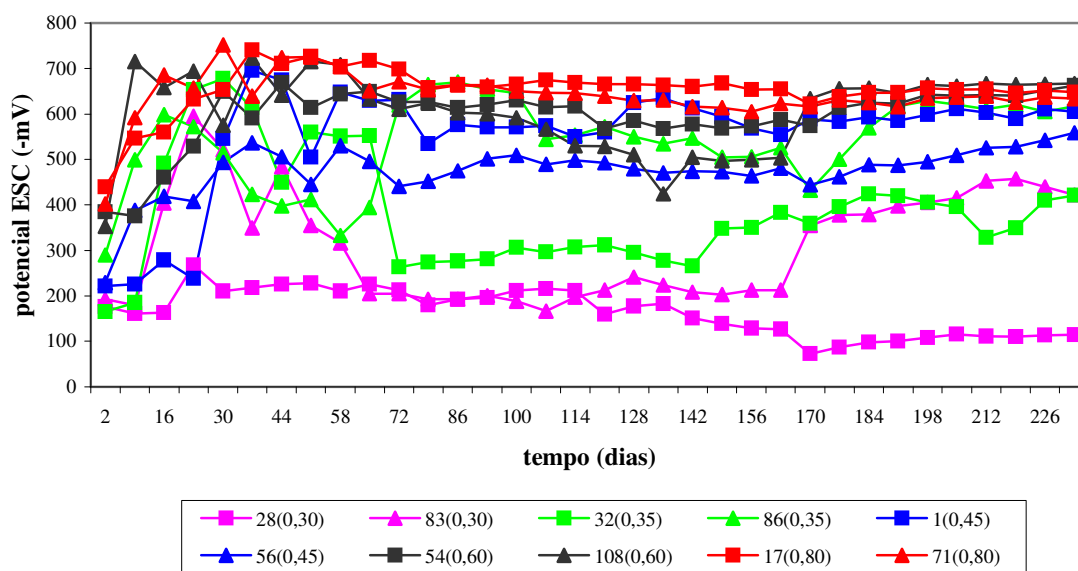


FIGURA 16: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CPII-E
Legenda: n° do corpo-de-prova(relação água/cimento)

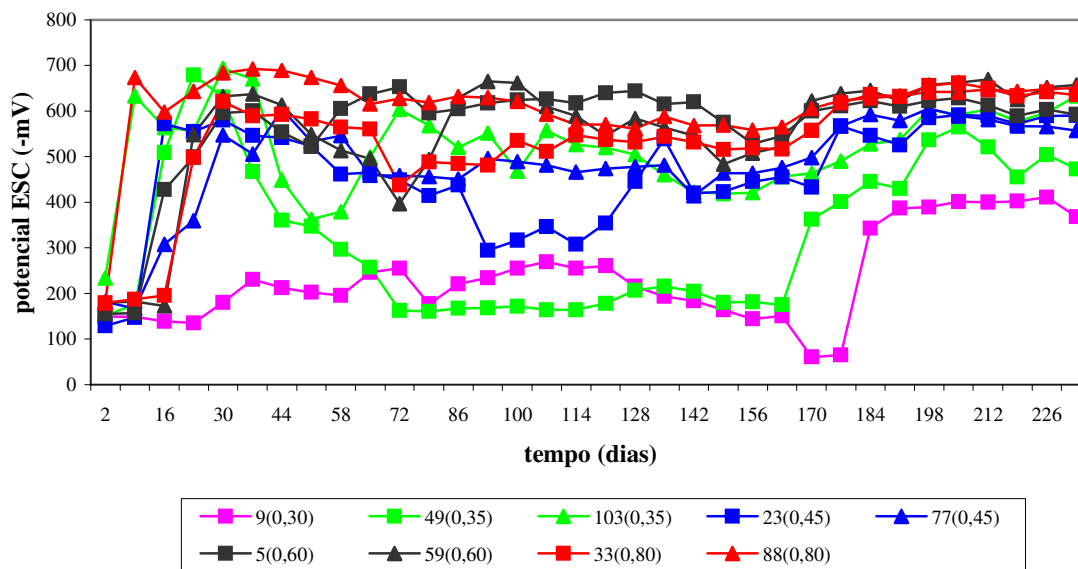


FIGURA 17: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CII-F
Legenda: n° do corpo-de-prova(relação água/cimento)

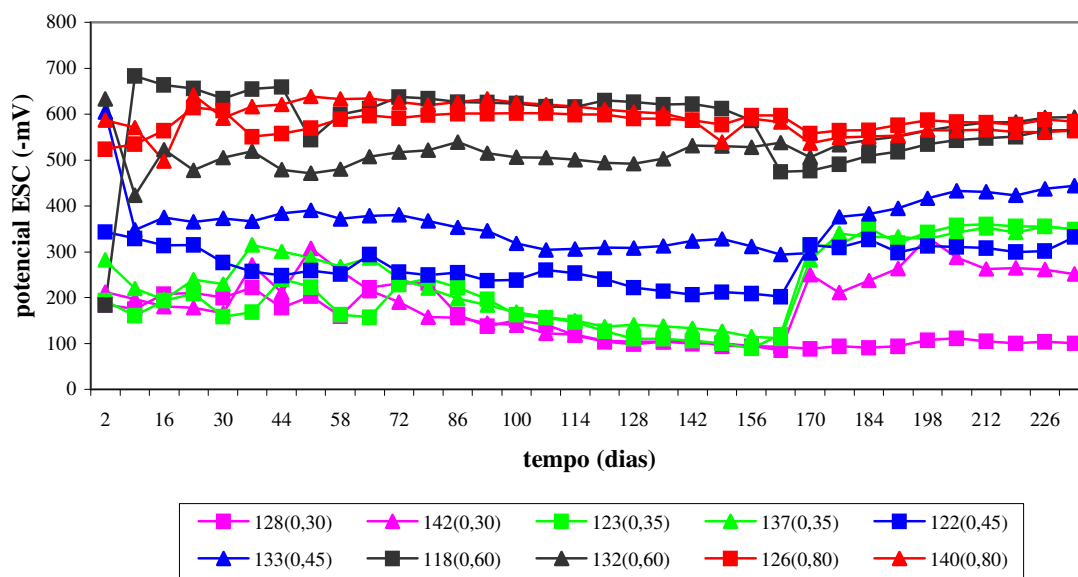


FIGURA 18: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova fabricados com o cimento CIII-V
Legenda: n° do corpo-de-prova(relação água/cimento)

De uma maneira geral pode-se notar nos gráficos anteriores que nas medidas iniciais ocorre uma dispersão dos valores, tendendo geralmente a valores mais negativos. Isto acontece porque quando uma barra de aço é imersa em um eletrólito, o potencial de corrosão muda até atingir um potencial estável que corresponde ao equilíbrio (WHEAT e ELIEZER, 1985). Essas variações iniciais dos valores de potencial provavelmente são devidas à formação do filme passivo de proteção da armadura, situação verificada também por Haque e Kawamura (1992), Grimaldi et al. (1986) e Cascudo (1991). Após o período inicial onde os potenciais variam bastante, as curvas entram em um período de razoável estabilidade em faixas de valores muito variadas, desde valores mais negativos até valores menos negativos. Para todos os tipos de cimento, a estabilização dos valores de potencial em níveis mais negativos ocorreu com os corpos-de-prova de maior relação a/c (0,60 e 0,80) e para o cimento CPII também com os corpos-de-prova de relação a/c igual a 0,45. Esse comportamento pode ser tanto devido à passivação da armadura quanto a uma despassivação ocorrida já no início do processo, hipótese esta provável pois são os corpos-de-prova que teoricamente oferecem menor proteção à armadura devido à sua maior permeabilidade.

Ao iniciar a segunda fase dos ciclos de imersão, passando a uma situação de maior agressividade com secagem mais acelerada, observam-se comportamentos distintos dos corpos-de-prova que estabilizaram em valores mais negativos e dos corpos-de-prova que estabilizaram em valores menos negativos. Nestes últimos, de relações a/c menores, acontece talvez o rompimento da passividade da armadura da quase totalidade dos corpos-de-prova (exceção ao de nº 06, moldado com cimento CPV ARI-RS), indicada pela súbita mudança nos valores de potencial para valores mais negativos. Isso pode ser notado mais claramente para as relações água/cimento menores, onde os saltos nos valores foi grande. Após essa variação brusca as medidas estabilizaram-se nestas faixas de valores mais negativos. Esse fenômeno foi observado também por AL-TAYYIB et al. (1990) quando no seu trabalho o regime de imersão passa de água potável para solução contendo 5% de cloreto de sódio, mais agressiva que a primeira. Já com os primeiros nota-se somente uma pequena variação dos valores de potencial que estabilizam-se a seguir, não indicando, necessariamente, a despassivação da armadura, mas alguma variação nas condições da armadura imersa nos corpos-de-prova, como talvez o maior ingresso de oxigênio.

Alguns corpos-de-prova realizaram esta passagem do estado passivo para o ativo em um período de tempo maior do que o intervalo entre medidas sucessivas, situação também verificada em resultados apresentados por Wheat e Eliezer (1985), o que sugere que o aço no

concreto pode ir de um estado passivo para um ativo em uma série de passos intermediários. Esse comportamento também pode ser devido à sensibilidade do ensaio de potencial de eletrodo que somente detectaria potenciais de corrosão a partir da ocorrência de uma certa quantidade de corrosão.

Diversos estudos (RASHEEDUZZAFAR et al., 1990; HUSSAIN e RASHEEDUZZAFAR, 1994; CASCUDO, 1991) relatam a utilidade da técnica de potencial de eletrodo para o acompanhamento do estado das armaduras do concreto armado ao longo do tempo para a determinação do período em que ocorre a ruptura do filme protetor da armadura, ou seja, o período em que a armadura passa do estado passivo para o estado ativo de corrosão, ingressando na fase de propagação do diagrama de Tuuti. Esse período é identificado quando ocorrem mudanças súbitas nos potenciais que passam para valores mais negativos em um tempo relativamente curto, tendendo a uma certa estabilização.

Como os gráficos com os corpos-de-prova agrupados por tipo de cimento não apresentaram um comportamento homogêneo, optou-se por reuni-los com base nas relações água/cimento, onde o comportamento dos mesmos se assemelha mais, facilitando a identificação do momento em que possivelmente ocorreu a despassivação da armadura. As Figuras 19 a 23 a seguir apresentam os gráficos com resultados agrupados pelas diferentes relações água/cimento. O período provável da despassivação está indicado nos gráficos. Nota-se, também, que após a despassivação os valores medidos passaram a ter um comportamento mais estável que na primeira parte dos ciclos de imersão, quando as barras de aço estavam passivadas e apresentavam algumas variações nos resultados.

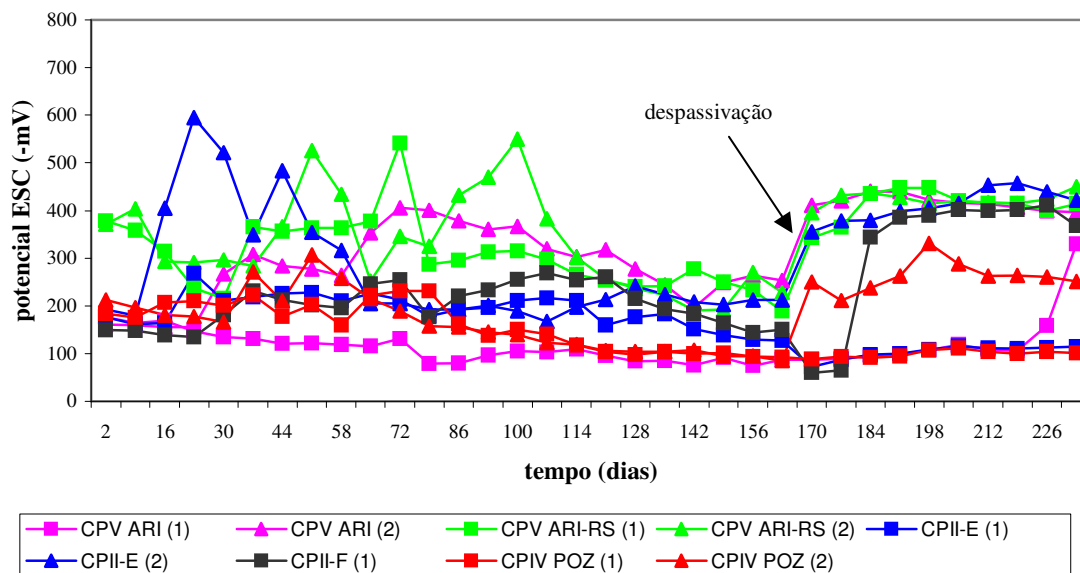


FIGURA 19: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,30

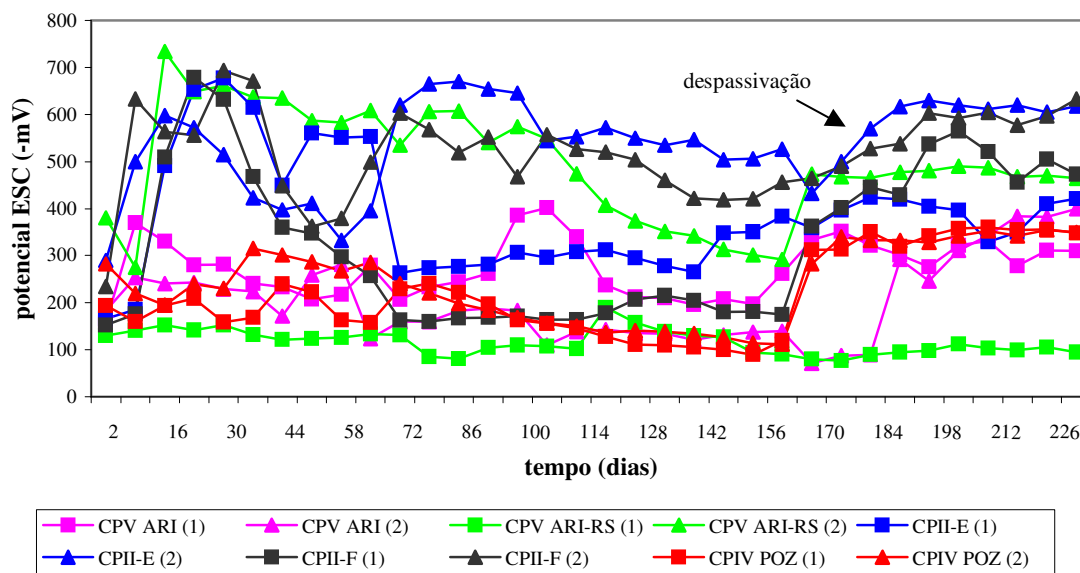


FIGURA 20: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,35

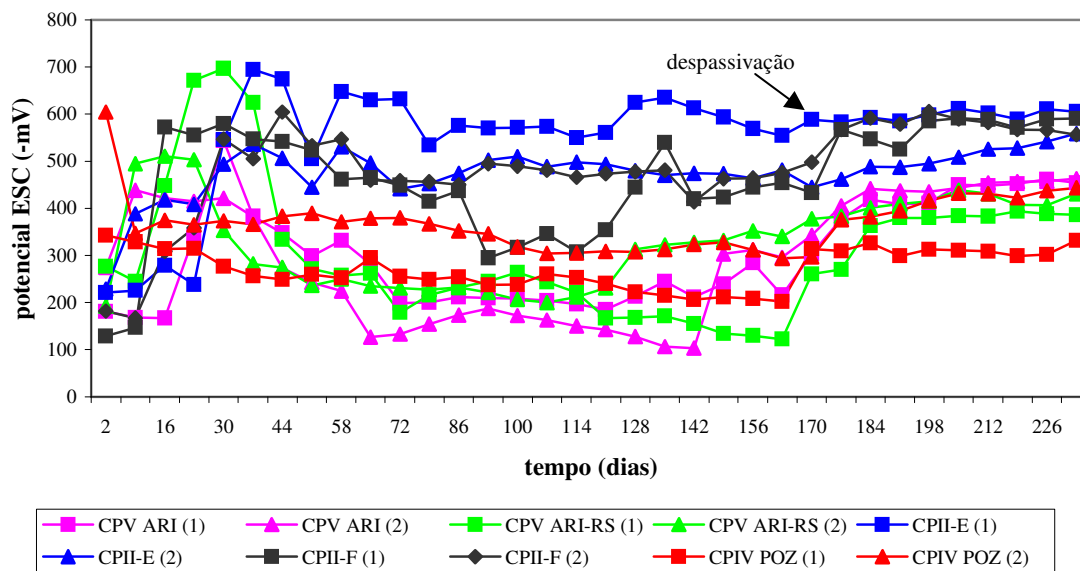


FIGURA 21: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,45

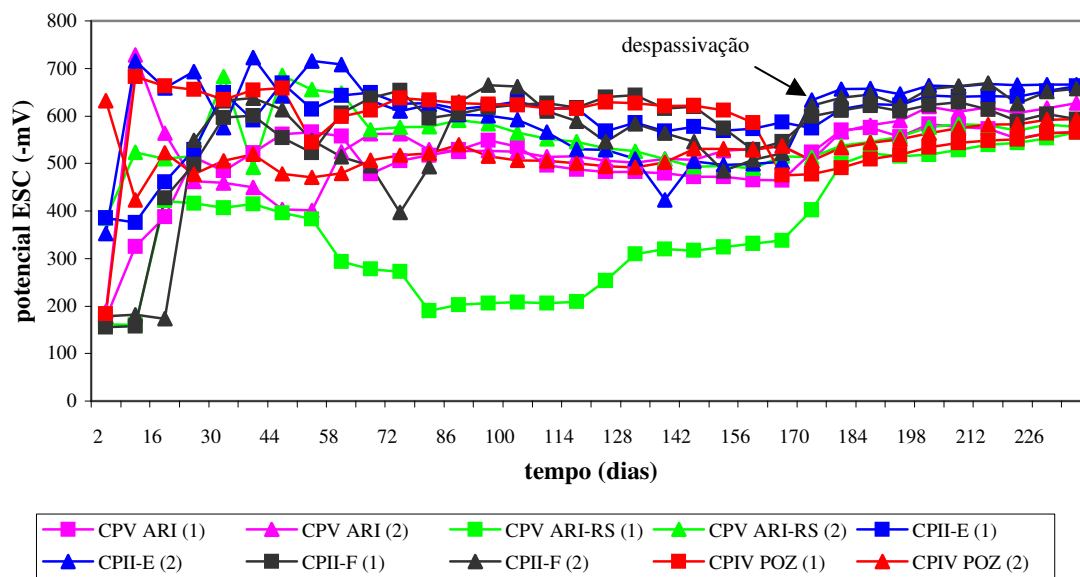


FIGURA 22: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,60

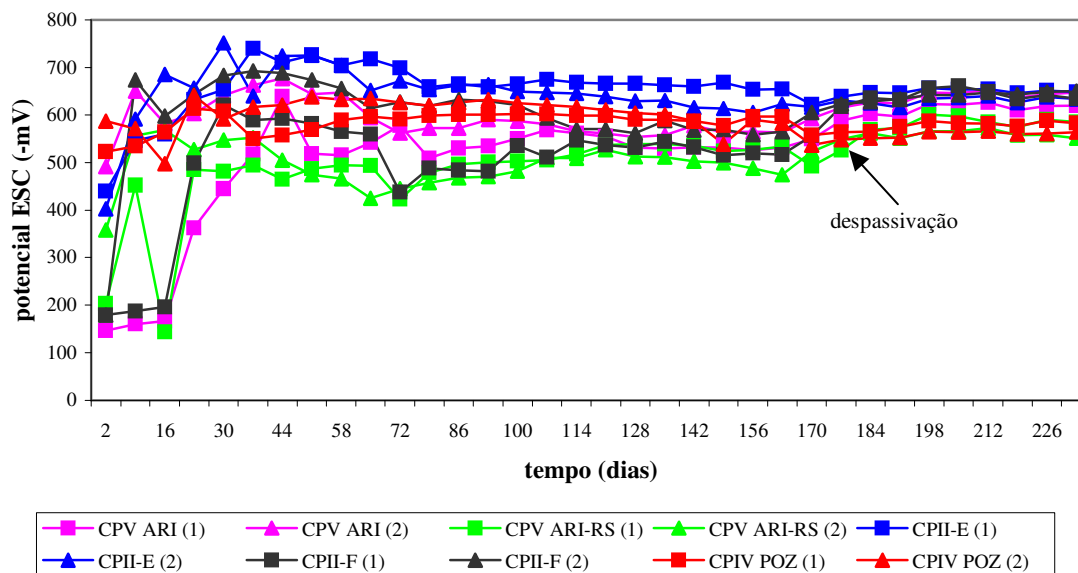


FIGURA 23: Potenciais de eletrodo ao longo do tempo para os corpos-de-prova com relação água/cimento de 0,80

Pode-se notar nas Figuras 19 a 23 comportamentos distintos para as diferentes relações água/cimento. Para a relação água/cimento de 0,30 os corpos-de-prova, de uma maneira geral, apresentaram valores menos negativos e abaixo do limite de -350mV , abaixo do qual há grande probabilidade de ocorrência de corrosão, até o momento da despassivação, quando então passaram a apresentar valores mais negativos que esse limite. Para a relação água/cimento de 0,35, os corpos-de-prova apresentaram valores tanto na faixa de menor probabilidade de ocorrência da corrosão como na de incerteza e na de grande probabilidade de ocorrência e os exemplares feitos com os diversos tipos de cimento não tiveram comportamento uniforme. Para a relação água/cimento de 0,45, apesar de os valores também estarem dispersos, pode-se notar que os cimentos compostos apresentaram valores mais negativos que -350mV ao longo de todo o tempo, enquanto os outros tipos de cimento permaneceram abaixo desta faixa até a despassivação. Para as relações água/cimento de 0,60 e 0,80, os gráficos de acompanhamento de potencial ao longo do tempo apresentam formas semelhantes com valores mais negativos que -350mV e muito semelhantes para todos os tipos de cimento.

5.3 POTENCIAL DE ELETRODO ÚLTIMO

Faz-se aqui uma observação de que todos os gráficos de médias que serão apresentados foram obtidos por meio de um software denominado Estatística que não oferece

opções de ajuste de formatação dos gráficos, motivo pelo qual a escala do eixo X, quando representando a relação a/c, não é a escala real.

A Tabela 4 apresenta os resultados na análise de variância dos resultados de potencial de eletrodo (mV - ESC) ao final dos ciclos de imersão (dia 233) e define a significância dos fatores e de suas interações.

TABELA 4: Análise de variância (ANOVA) para potencial de eletrodo aos 233 dias

Fonte	GDL	MQ	F _{calc}	F _{0,05}	SIGNIF.
Tipo de cimento (A)	4	31345,80	4,16775	2,78	S
Relação água/cimento (B)	4	146278,10	19,44922	2,78	S
AB	16	9276,70	1,23344	2,09	NS
Erro	24	7521,029			

GDL – grau de liberdade; MQ – média quadrada calculada; F_{calc} – fator F calculado; F_{0,05} – valor de F tabelado para nível de significância de 5% (distribuição de Fisher); S – efeito significativo; NS – efeito não significativo.

Da análise acima, pode-se observar que são significativos os dois fatores isoladamente, sendo que a relação água/cimento apresenta maior importância. O efeito da interação entre os fatores não é significativo. A Figura 24 apresenta o gráfico de médias para a relação água/cimento.

Pode-se notar, na Figura 24, que os valores de potencial de eletrodo tendem a se tornar mais negativos à medida que aumenta a relação água/cimento. Para as relações água/cimento 0,60 e 0,80 a ordem de grandeza dos potenciais é praticamente a mesma, indicando condições idênticas de corrosão. De acordo com os valores propostos pela norma ASTM C876-87, somente para a relação água/cimento 0,30 os resultados se encontrariam na região de incerteza (entre -200 e -350mV), sendo que para todas as outras relações os resultados indicam probabilidade de 95% de estar ocorrendo corrosão. Nesse caso, como no caso da resistência à compressão, quanto menor o valor da relação água/cimento, melhor a resposta oferecida pela variável de resposta, que no caso é quanto maior, melhor.

Isso deve-se, provavelmente à melhor proteção oferecida à armadura contra a corrosão pelos concretos de melhor qualidade, ou seja, aqueles executados com relações água/cimento menores, que possuem uma estrutura mais densa, com menor porosidade capilar (MEHTA & MONTEIRO, 1994), o que dificulta o ingresso e a movimentação dos agentes agressivos, assim como da umidade e do oxigênio, ambos necessários no desenvolvimento do processo de corrosão. Cascudo (1991) apresenta resultados semelhantes com valores últimos de potencial mais negativos para relações água/cimento maiores, apesar de a diferença não ser estatisticamente significativa.

O gráfico de médias da Figura 25 mostra a diferença significativa apresentada na Tabela 4. Para todos os tipos de cimento os valores apresentados estão na faixa da norma ASTM C876-87 que indica probabilidade de 95% de estar ocorrendo corrosão. Dentre os cimentos, o que apresentou o melhor desempenho em relação à variável de resposta de potencial de eletrodo, com os valores menos negativos de potencial de eletrodo, foi o cimento pozolânico. Diversos autores (AL-AMOUDI et al, 1996; KOULOUMBI e BATIS, 1992; RASHEEDUZZAFAR et al, 1991) encontraram resultados que indicam melhor resistência à corrosão das armaduras de concretos feitos com a adição de cinza volante em relação aos concretos feitos com o cimento Portland de referência. Mangat e Molloy (1991), por outro lado, indicaram um aumento na taxa de corrosão com a adição de teores de cinza volante superiores a 25% e não encontraram influência na taxa de corrosão para adição de teores de até 45% de escória.

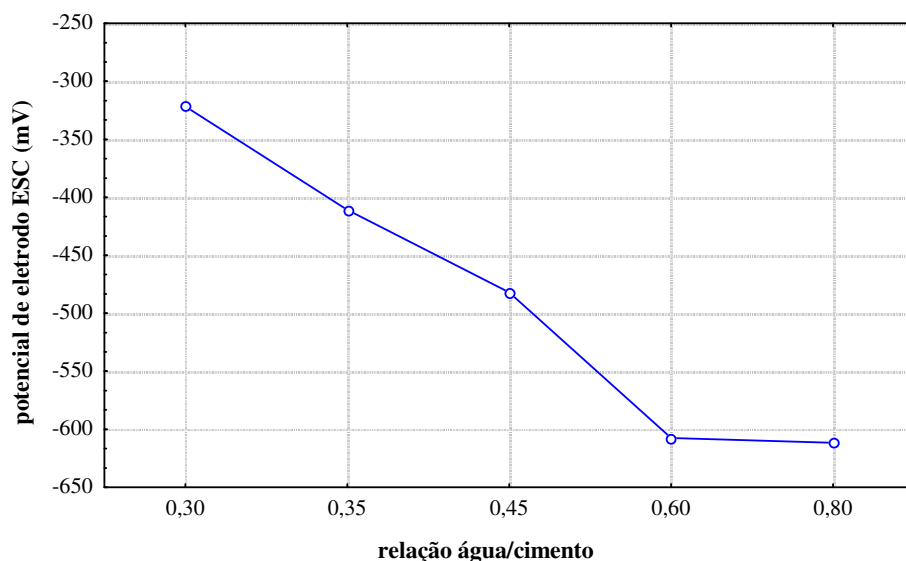


FIGURA 24: Efeito isolado da relação água/cimento no potencial de eletrodo

O gráfico da Figura 25 é condizente com os resultados encontrados na literatura, onde os concretos feitos com adição de cinza volante ao cimento melhoraram o desempenho dos mesmos em relação à corrosão das armaduras. Os cimentos CPV ARI e CPV ARI-RS apresentaram valores menos negativos do que os cimentos CII-E e CII-F, provavelmente devido à melhor estrutura interna do concreto que apresenta menor porosidade. Além disso, o cimento CPV ARI-RS tem adição de escória – apesar de a norma NBR 5735 não permitir - o que pode explicar os valores menos negativos que do CPV ARI.

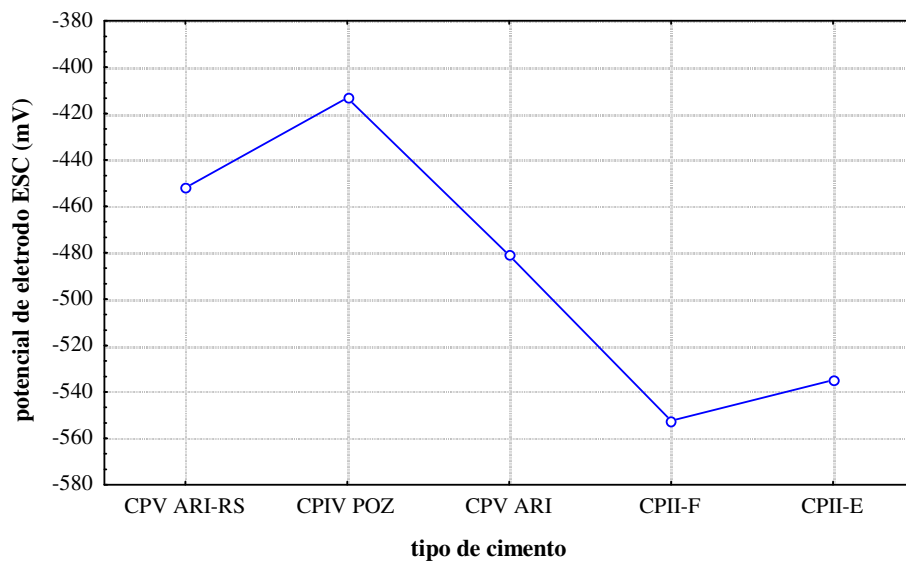


FIGURA 25: Efeito isolado do tipo de cimento no potencial de eletrodo

A Figura 26 apresenta o gráfico da interação entre os fatores tipo de cimento e resistência à compressão (f_{c28}). Embora a análise estatística tenha apresentado essa interação como não significativa (NS), o gráfico será apresentado apenas para dar uma visão e, por isso, não será analisado.

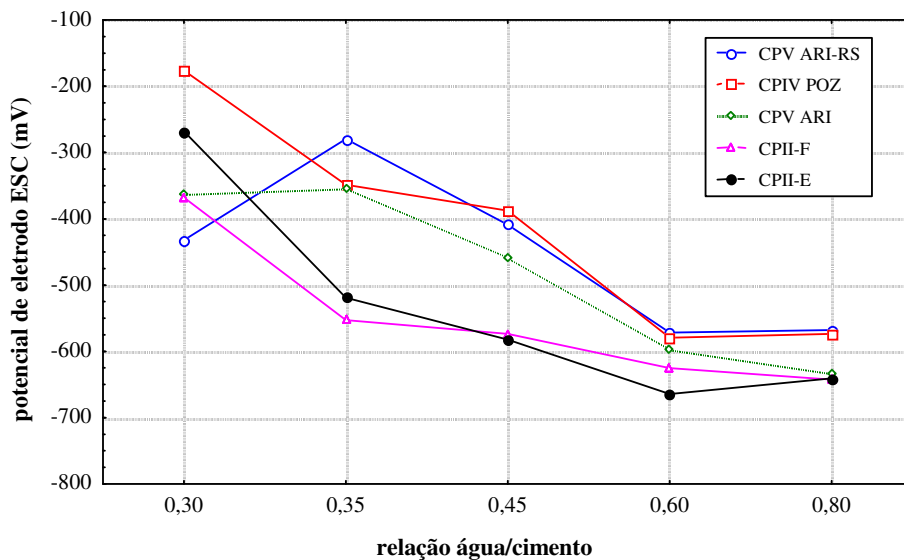


FIGURA 26: Efeito da interação entre a relação água/cimento e o tipo de cimento nos valores de potencial de eletrodo.

5.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (f_{c28})

A Tabela 5 apresenta os resultados da análise de variância dos resultados de resistência à compressão aos 28 dias de idade e define a significância dos fatores e de suas interações.

TABELA 5: Análise de variância (ANOVA) para resistência à compressão

Fonte	GDL	MQ	F _{calc}	F _{0,05}	SIGNIF.
Tipo de cimento (A)	4	195,339	20,2005	2,78	S
Relação água/cimento (B)	4	1909,151	197,4303	2,78	S
AB	16	16,807	1,7381	2,09	NS
Erro	24	9,670			

GDL – grau de liberdade; MQ – média quadrada calculada; F_{calc} – fator F calculado; F_{0,05} – valor de F tabelado para nível de significância de 5% (distribuição de Fisher); S – efeito significativo; NS – efeito não significativo.

Da análise acima, pode-se observar que são significativos os dois fatores isoladamente, sendo que a relação água/cimento apresenta maior importância (WERKEMA e AGUIAR, 1996 e DRUMOND, 1996). O efeito da interação entre os fatores não é significativo. A Figura 27 apresenta o gráfico de médias para a relação água/cimento.

Os resultados acima estão de acordo com o esperado e indicam que, à medida que aumenta a relação água/cimento, diminui a resistência à compressão. Então, quanto menor a relação água/cimento, melhor o desempenho da variável de resposta, que no caso é a resistência à compressão. Esses resultados são característicos da Lei de Abrams, na qual a resistência à compressão é representada por uma função exponencial, onde a relação água/cimento é o expoente (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

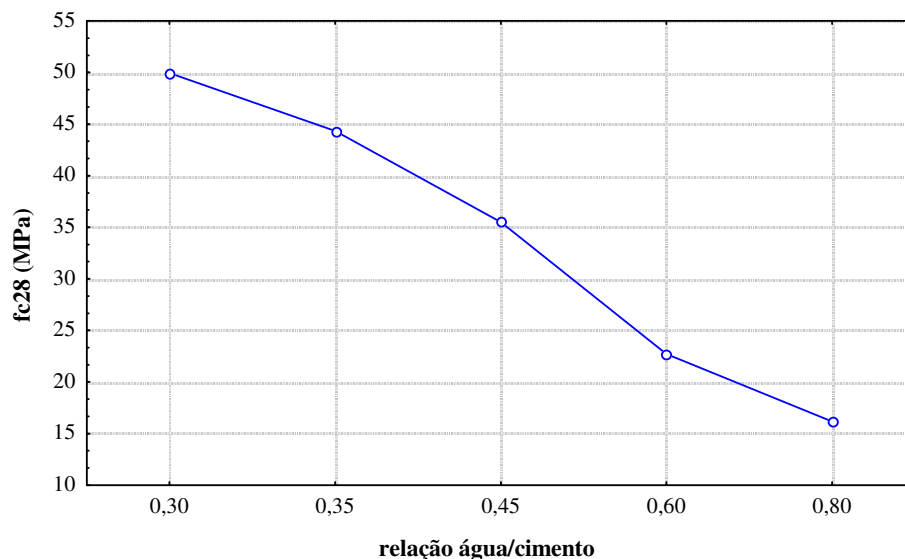


FIGURA 27: Efeito isolado da relação água/cimento na resistência à compressão

A Figura 28 apresenta o efeito médio do tipo de cimento na resistência à compressão.

A diferença na resistência à compressão entre os diferentes tipos de cimento era esperada, uma vez que cada tipo de cimento apresenta uma curva específica de desenvolvimento de resistência ao longo do tempo, com diferenças significativas entre as propriedades físicas dos diferentes tipos de cimento nos primeiros estágios da hidratação (NEVILLE, 1997, p.86-87). Além disso, se compararmos a Figura 28 com a Figura 29, podemos verificar que os resultados de resistência dos corpos-de-prova de concreto – para todas as relações a/c – seguem a mesma ordem de desempenho da resistência à compressão apresentada pelos tipos de cimento.

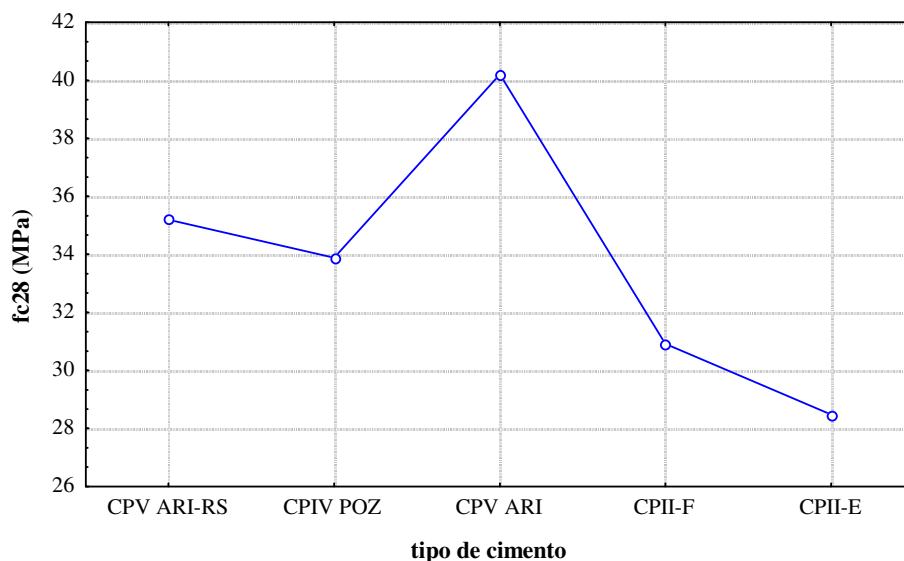


FIGURA 28: Efeito isolado do tipo de cimento na resistência à compressão

Dentre todos os tipos de cimento, o que apresentou o melhor resultado frente à resposta oferecida pela variável resistência à compressão aos 28 dias de idade foi o cimento CPV ARI, o que pode ser verificado pelo gráfico apresentado na Figura 28.

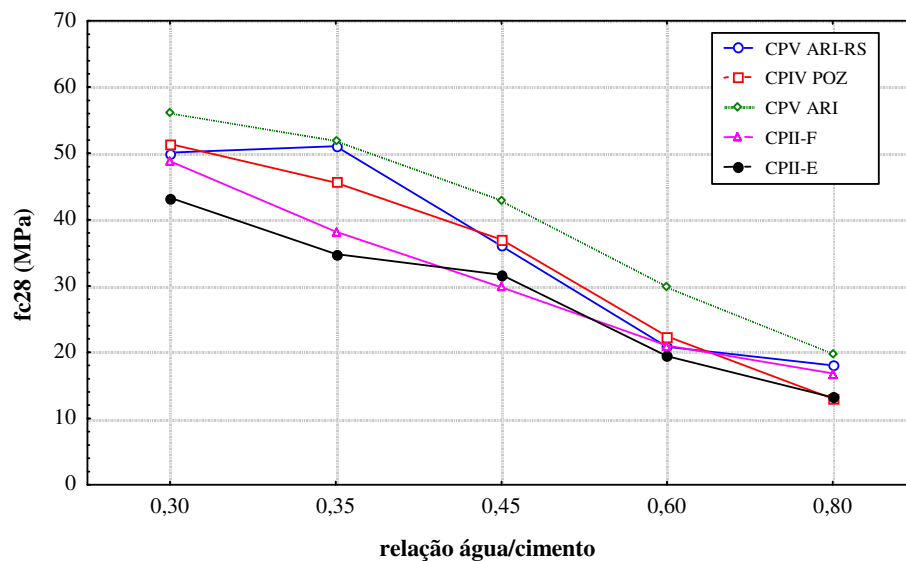


FIGURA 29: Efeito da interação entre tipo de cimento e relação água/cimento na resistência à compressão aos 28 dias

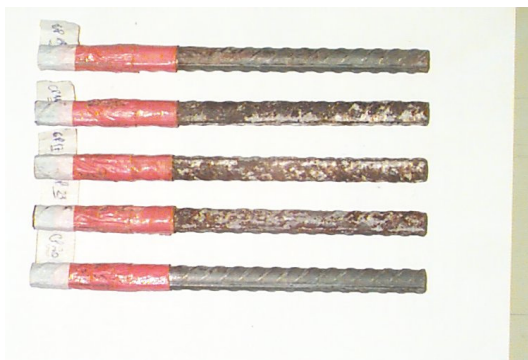
A Figura 29 apresenta o gráfico da interação entre os fatores tipo de cimento e resistência à compressão (f_{c28}). Embora a análise estatística tenha apresentado essa interação como não significativa (NS), o gráfico foi apresentado apenas para dar uma visão e, por isso, não será analisado.

5.5 PERDA DE MASSA GRAVIMÉTRICA DAS BARRAS DE AÇO

O aspecto das barras antes, durante e após a limpeza dos produtos de corrosão pode ser visualizado na Figura 30.

Para os corpos-de-prova número 5, 11, 17, 23, 33, 54, 59, 60, 67, 71, 88, 101, 108, 112, 118, 132 e 140 foi possível ajustar retas para diminuir o erro nas medidas devido ao grande número de ciclos de limpeza necessários, conforme descrito no item 2.3.2. O ajuste foi feito somente para os corpos-de-prova que tiveram um número de ciclos de limpeza com pelo menos três pontos na parte inicial da curva. Os gráficos de ajuste são apresentados no ANEXO C.

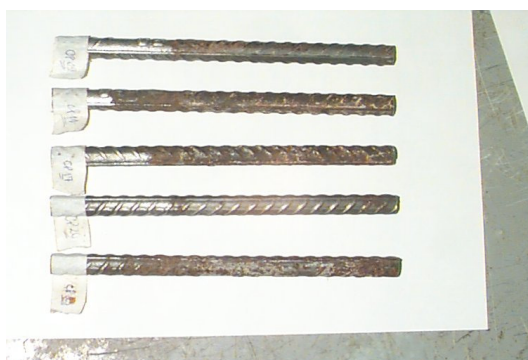
A Tabela 6 apresenta os resultados da análise de variância dos resultados de perda de massa, em porcentagem relativa à massa inicial da barra, ao final dos ciclos de imersão e define a significância dos fatores e de suas interações.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 30: Aspecto das barras de aço retiradas dos copos-de-prova (a) antes, (b) durante e (c) após o procedimento de limpeza para a determinação da perda de massa

Da análise da Tabela 6, pode-se observar que são significativos os dois fatores isoladamente, além da sua interação, sendo que a relação água/cimento apresenta maior importância. O efeito da interação entre os fatores, mesmo tendo menor importância em relação aos fatores isolados, deve ser considerado na análise dos resultados. A Figura 31 apresenta o gráfico de médias para a interação entre os fatores água/cimento e tipo de cimento.

TABELA 6: Análise de variância (ANOVA) para perda de massa

Fonte	GDL	MQ	F _{calc}	F _{0,05}	SIGNIF.
Tipo de cimento (A)	4	0,406307	19,3121	2,78	S
Relação água/cimento (B)	4	2,556726	121,5232	2,78	S
AB	16	0,071819	3,4136	2,09	S
Erro	24	0,021039			

GDL – grau de liberdade; MQ – média quadrada calculada; F_{calc} – fator F calculado; F_{0,05} – valor de F tabelado para nível de significância de 5% (distribuição de Fisher); S – efeito significativo; NS – efeito não significativo.

Pode-se notar do gráfico da Figura 31 que há uma tendência ao aumento dos valores de perda de massa com o aumento da relação água/cimento, conforme esperado, pois concretos com relação água/cimento menores tendem a oferecer uma maior proteção à armadura em função da menor porosidade dos mesmos. Quanto ao tipo de cimento, para relações água/cimento menores o que apresentou melhores resultados, menores perdas de massa, foi o cimento pozolânico e o que apresentou piores resultados foi o cimento resistente a sulfatos. Já para relações água/cimento maiores, o cimento que apresentou os melhores resultados foi o resistente a sulfatos, sendo que o pozolânico continuou a apresentar resultados menores que os outros cimentos. Para a relação água/cimento de 0,30 os diversos tipos de cimento apresentaram valores com pequena dispersão. À medida que aumentou a relação água/cimento, os valores para os diferentes tipos de cimento passaram a apresentar valores mais dispersos. Isso pode ser uma indicação de que a influência do tipo de cimento utilizado frente à corrosão das armaduras é pequena para relações água/cimento baixas (concretos de melhor qualidade) e se destaca para relações mais altas, como é o caso das utilizadas na prática (maiores que 0,45).

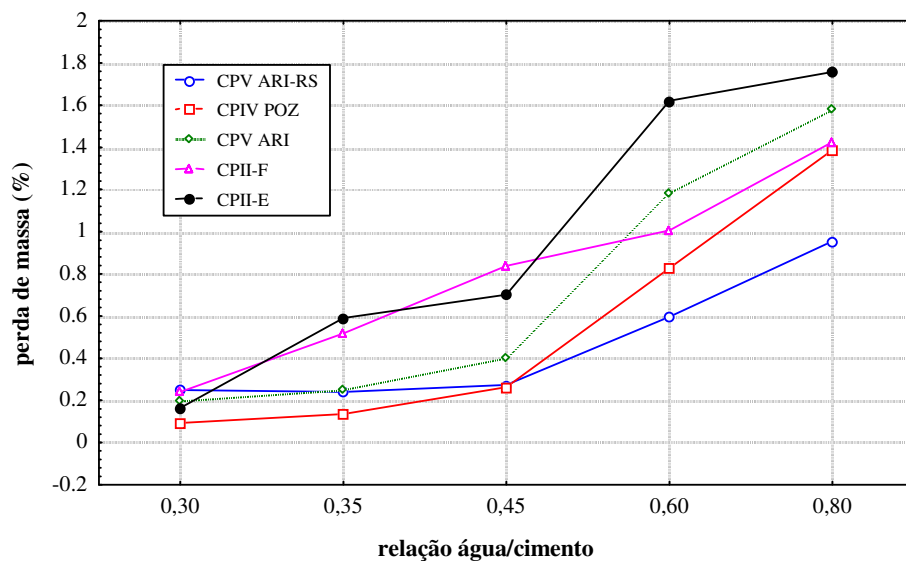


FIGURA 31: Efeito da interação entre tipo de cimento e relação água/cimento na perda de massa

Os resultados apresentados pelo cimento CPV ARI-RS possivelmente são pelo fato de o mesmo possuir, apesar de a norma NBR 5737 não permitir, alguma quantidade de escória de alto-forno na sua composição, que contribui para a combinação de cloretos pela sua reação com o aluminato tricálcico (C_3A), formando cloroaluminato de cálcio ou sal de Friedl. No caso do CPIV, o bom desempenho apresentado nos resultados de perda de massa gravimétrica (teve o melhor desempenho dentre todos os tipos de cimento para as relações $a/c \leq 0,45$) pode ser explicado em função da presença de elevados teores de cinza volante que, reagindo com o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) presente nos produtos de hidratação do cimento, precipita sob forma de C-S-H nos poros de maior tamanho, reduzindo sensivelmente a porosidade do sistema.

Para relações água/cimento mais usuais na prática ($> 0,45$), o cimento que apresentou o pior desempenho, com maiores valores de perda de massa, foi o CII-E.

As Figuras 32 e 33 apresentam os gráficos de médias do efeito isolado das variáveis tipo de cimento e relação água/cimento na perda de massa da barra.

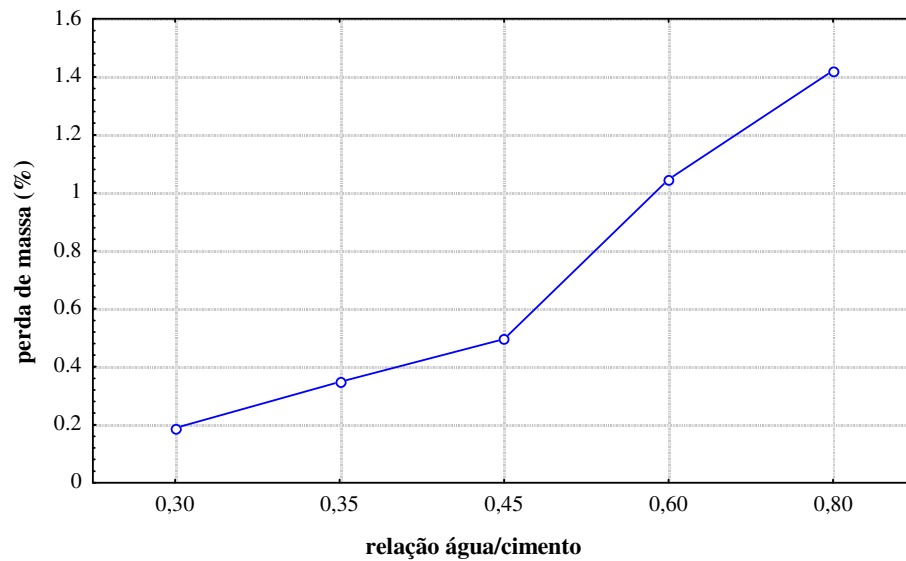


FIGURA 32: Efeito isolado da relação água/cimento na perda de massa.

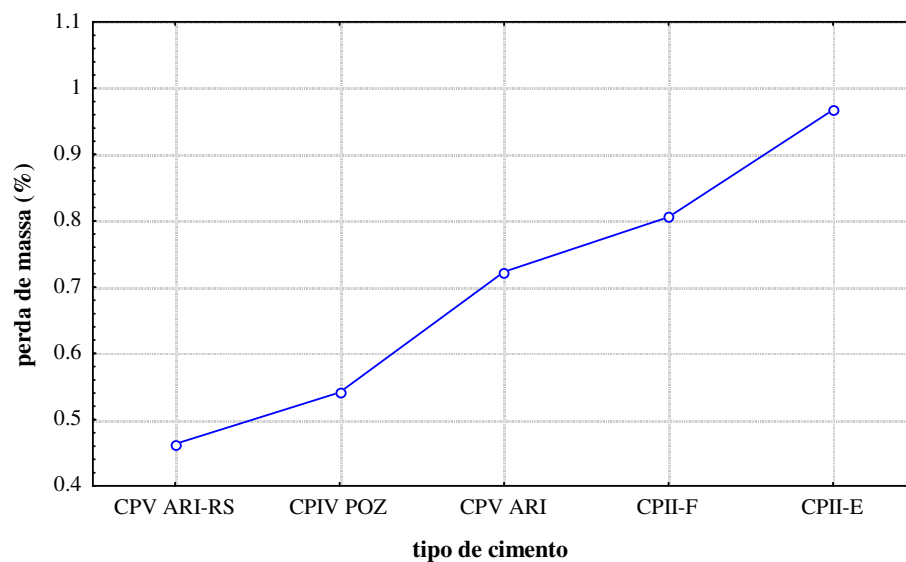


FIGURA 33: Efeito isolado do tipo de cimento na perda de massa.

5.6 TEOR DE CLORETOS LIVRES

A Tabela 7 apresenta os resultados na análise de variância dos resultados de teor de cloretos livres (extraídos com água deionizada a 80°C) em porcentagem relacionada à massa de cimento e define a significância dos fatores e de suas interações.

TABELA 7: Análise de variância (ANOVA) para teor de cloretos livres

Fonte	GDL	MQ	F _{calc}	F _{0,05}	SIGNIF.
Tipo de cimento (A)	4	0,001847	9,253219	2,78	S
Relação água/cimento (B)	4	0,000950	4,757940	2,78	S
AB	16	0,000631	3,158814	2,09	S
Erro	24	0,000200			

GDL – grau de liberdade; MQ – média quadrada calculada; F_{calc} – fator F calculado; F_{0,05} – valor de F tabelado para nível de significância de 5% (distribuição de Fisher); S – efeito significativo; NS – efeito não significativo.

Da análise acima, pode-se observar que são significativos os dois fatores isoladamente, além da sua interação, sendo que o tipo de cimento apresenta maior importância. O efeito da interação entre os fatores também é significativo mas em menor importância em relação aos dos fatores principais. A Figura 34 apresenta o gráfico de médias para a interação entre os fatores água/cimento e tipo de cimento.

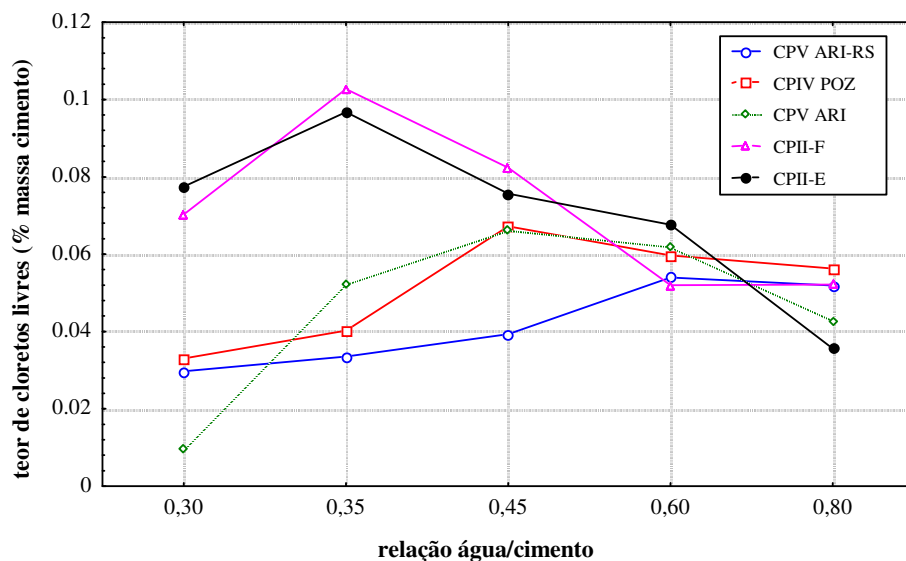


FIGURA 34: Efeito da interação entre tipo de cimento e relação água/cimento no teor de cloretos livres

Do gráfico da Figura 34 podem ser identificadas duas tendências opostas para os tipos de cimento. Uma de diminuir o teor de cloretos livres com o aumento da relação água/cimento, a partir da relação água/cimento de 0,35 apresentada pelos cimentos compostos, tanto com escória quanto com filer, e outra de aumentar o teor de cloretos livres com o aumento da relação água/cimento apresentada pelos demais cimentos, pelo menos até a relação água/cimento de 0,45, quando tiveram comportamento oposto.

Os valores de teor de cloretos livres dos diferentes tipos de cimento se apresentam mais dispersos para as relações água/cimento mais baixas, confundindo-se nas relações mais

altas. O cimento que apresentou o melhor desempenho para a relação água/cimento de 0,30 foi o CPV ARI, com o menor valor de teor de cloretos livres. Para as relações água/cimento de 0,35 e 0,45, os melhores resultados foram os do cimento CPV ARI-RS. E, para a relação água/cimento de 0,80, o melhor resultado foi apresentado pelo cimento CPII-E.

Essa tendência de diminuição do teor de cloretos para as relações água/cimento maiores (0,60 e 0,80) pode ser explicada pela maior porosidade da matriz de concreto, o que provavelmente fez com que os íons cloreto passassem pela espessura de cobrimento da armadura e continuassem sua migração em direção ao interior do concreto, não acumulando-se no entorno da barra. Como a amostra foi tirada da espessura de cobrimento, não se tem o valor exato de cloretos que penetrou no corpo-de-prova, mas sim o valor do teor de cloretos que permaneceu naquela espessura representada pelo cobrimento da barra. Esse fenômeno de migração de cloretos em concretos mais porosos também foi observado por Kulakowski (1994).

O resultado apresentado pelo cimento composto com escória (CPII-E) com relação ao teor de cloretos livres contraria a constatação de Bauer, citado por Monteiro (1996), de que a adição de escória ao cimento, no caso de ingresso de cloretos, tem um efeito benéfico da capacidade de fixação de cloretos para relações água/cimento menores que 0,50. Apesar de os resultados serem em termos de cloretos livres, os resultados deste trabalho são contrários à afirmação acima, com o cimento CPII-E apresentando os piores resultados justamente para as relações água/cimento menores que 0,50. Isso se deve, possivelmente, ao fato de o cimento CPII-E ter apresentado o menor valor médio de resistência à compressão, indicando que os concretos moldados com o mesmo apresentaram alta porosidade e, conseqüentemente, são mais suscetíveis à corrosão causada por íons cloreto.

O fraco desempenho apresentado pelo cimento composto com escória, cujo teor de adição de escória varia entre 6 e 34%, em relação às três variáveis de resposta que relacionam-se com a corrosão das armaduras (potencial de eletrodo, perda de massa e teor de cloretos livres) comprova a conclusão apresentada por Huang et al. (1996) de que a resistência à corrosão das armaduras de aço é significativamente reduzida para concreto com 15 e 30% de substituição do cimento por escória. Outros estudos (KUMAR e ROY, 1987) mostram que a adição de escória ao clínquer de cimento Portland melhoram o desempenho com relação à corrosão das armaduras pelo fato de diminuírem a difusão de cloretos pela diminuição da porosidade, porém foram constatados em experimentos que utilizavam adições de escória de

65%, valor bem superior ao encontrado nos cimentos compostos, podendo ser comparados aos teores de adição do cimento Portland de alto-forno.

As Figuras 35 e 36 apresentam os gráficos de médias do efeito isolado das variáveis tipo de cimento e relação água/cimento no teor de cloretos livres.

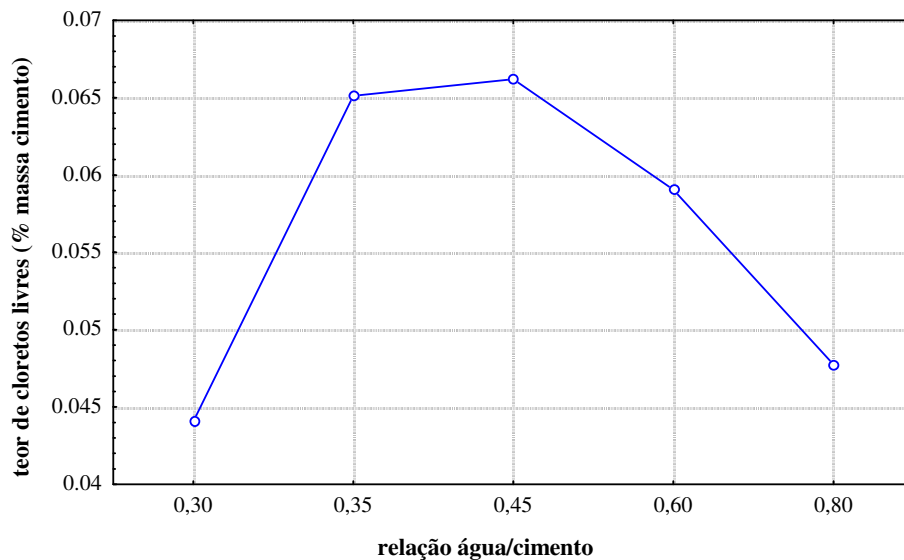


FIGURA 35: Efeito isolado da relação água/cimento no teor de cloretos livres.

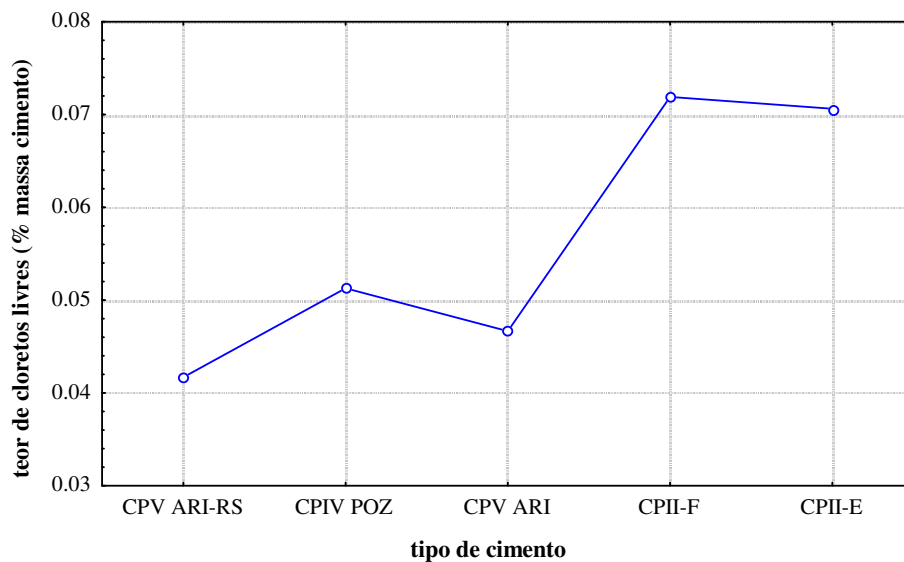


FIGURA 36: Efeito isolado do tipo de cimento no teor de cloretos livres.

Das Figuras 25 e 33, o que pode ser notado, de um modo geral, é o bom desempenho do cimento pozolânico com relação às variáveis potencial de eletrodo (melhor desempenho com os valores menos negativos dentre todos os tipos de cimento) e perda de massa (melhor desempenho apresentado para as relações água/cimento $\leq 0,45$, com os menores valores). Essa constatação do bom desempenho do cimento pozolânico (com adição de cinza volante ao clínquer) em relação à corrosão das armaduras no concreto frente à ação de íons cloreto comprova os resultados apresentados em diversos estudos de que a adição de cinza volante ao clínquer de cimento Portland melhora o desempenho do mesmo com relação à corrosão das armaduras (KUMAR e ROY, 1987; HUANG et al., 1996; HUSSAIN e RASHEEDUZZAFAR, 1994). Koulombi e Batis (1994), em um programa de exposição de corpos-de-prova de concreto à água do mar, concluíram pelo método de perda de massa gravimétrica que adições de cinza volante e de escória ao cimento resultam em menores taxas de corrosão e pelo teor de cloretos totais que essas adições combinam mais cloretos, resultando em menores conteúdos de cloretos nas soluções dos poros. Anos antes Koulombi e Batis (1992) haviam concluído que a adição de uma determinada cinza volante grega, apesar de causar um aumento no conteúdo de cloretos totais em relação ao cimento Portland sem adições, melhora o desempenho em relação à corrosão das barras de aço devido à redução do teor de cloretos livres. Outros pesquisadores apresentam resultados contrários (HAQUE, 1992), afirmando, com base em resultados práticos, que a substituição de 30% de cimento por mesma massa de cinza volante aumenta a sua suscetibilidade à corrosão.

Independente dos resultados similares encontrados em outros trabalhos, deve-se ter em conta que os cimentos aqui estudados tem adições que não necessariamente possuem características químicas idênticas às apresentadas nos demais trabalhos, não permitindo comparações automáticas entre esses resultados. Apesar disso, há uma indicação que a substituição do clínquer de cimento Portland por porcentagens adequadas desses materiais podem ser benéficas para o comportamento dos concretos fabricados com estes cimentos em relação à corrosão das armaduras no concreto armado devida à ação de íons cloreto.

5.7 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA

Nesta parte do trabalho será avaliado se existe alguma correlação entre as variáveis de resposta e, em caso afirmativo, qual é essa correlação. As possíveis correlações existentes serão discutidas e comparadas às apresentadas na bibliografia disponível.

5.7.1 Resistência à compressão e potencial de eletrodo

A análise do gráfico de correlação apresentado na Figura 37 indica a existência de uma relação linear entre a resistência à compressão e o potencial de eletrodo com coeficiente de determinação r de 0,80326. A relação é direta, ou seja, quanto maior o valor da resistência à compressão, maior (ou menos negativo) será o valor do potencial de eletrodo. Considerando que valores menos negativos de potencial de eletrodo significam menor possibilidade de corrosão, pode-se inferir que os concretos com maior resistência oferecem maior proteção à armadura, haja vista o maior tempo necessário para que se desenvolvam as condições para que ocorra a corrosão ativa.

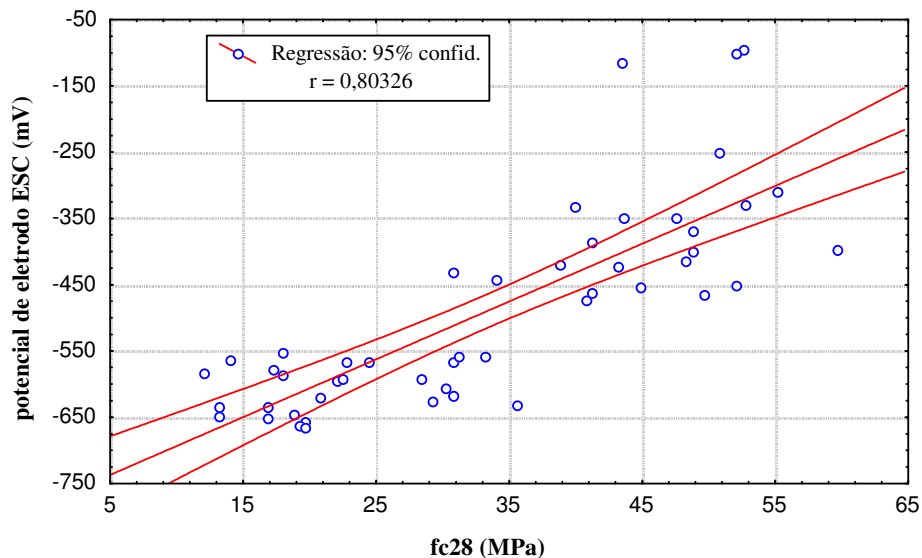


FIGURA 37: Correlação entre a resistência à compressão e o potencial de eletrodo

5.7.2 Resistência à compressão e perda de massa

A análise do gráfico de correlação apresentado na Figura 38 indica a existência de uma relação linear entre a resistência à compressão e a perda de massa com um valor absoluto do coeficiente de determinação r de 0,8574. A relação é inversa, ou seja, quanto maior o valor da resistência à compressão, menor será o valor da perda de massa. Considerando que a perda de massa é um indicativo preciso da atividade de corrosão que ocorreu durante o período de ensaio, pode-se inferir que concretos com maior resistência à compressão ofereceram melhor proteção à armadura frente à ação dos íons cloreto, haja vista a menor deterioração ocorrida

nas barras de aço ao final do ensaio. Analisando esses resultados em comparação aos da correlação existente entre a resistência à compressão e o potencial de eletrodo, pode-se inferir que os valores de potencial nos dão uma indicação confiável do estado da armadura no concreto, o que pode ser comprovado no item 5.7.4 que indica a existência de correlação entre o potencial de eletrodo e a perda de massa.

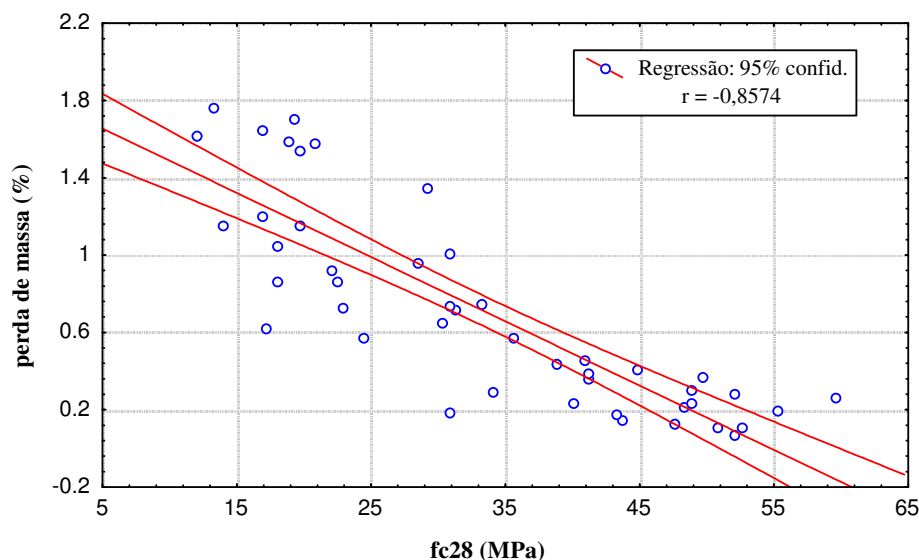


FIGURA 38: Correlação entre a resistência à compressão e a perda de massa

5.7.3 Resistência à compressão e teor de cloretos livres

Para a metodologia de avaliação do teor de cloretos livres utilizada neste estudo, extraídos apenas da camada de cobrimento e em toda a superfície dessa camada, a análise do valor do coeficiente de correlação (r próximo de zero) apresentado na Figura 39 indica que estatisticamente não existe uma relação linear entre as variáveis aleatórias resistência à compressão e o teor de cloretos livres. Este comportamento pode se justificar em virtude da determinação do teor de cloretos ter sido feita no concreto de cobrimento e, possivelmente, em concretos mais porosos o ingresso de cloretos é facilitado, sendo os mesmos encontrados em toda a espessura do concreto, e não apenas retidos nas camadas superficiais onde a análise foi realizada. Assim, não é possível estabelecer uma correlação onde, por um lado, considere-se a porosidade total do concreto (resistência à compressão) e, por outro, uma característica particular da camada de cobrimento, que pode alterar dependendo da relação água/cimento avaliada, não apresentando um comportamento linear.

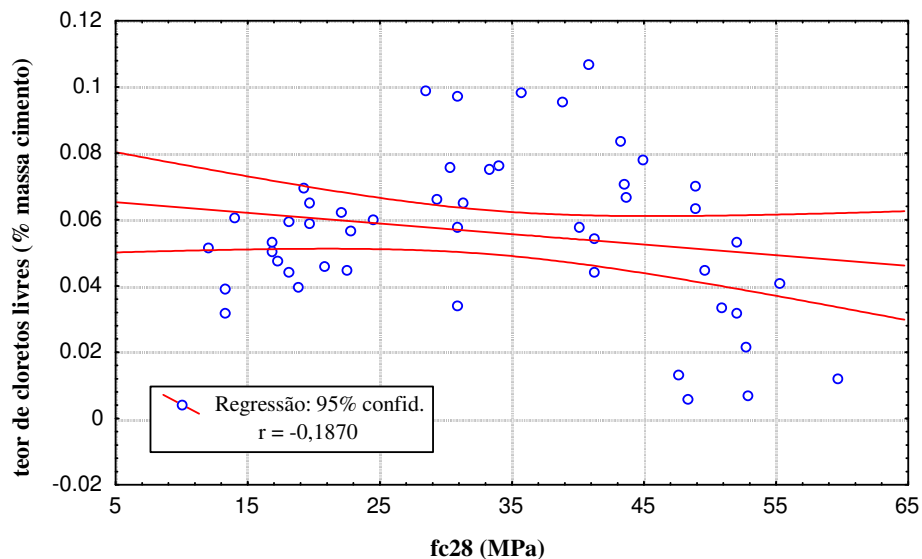


FIGURA 39: Correlação entre a resistência à compressão e o teor de cloretos livres

5.7.4 Potencial de eletrodo e perda de massa

Conforme esperado, devido aos resultados anteriores, a análise do gráfico de correlação apresentado na Figura 40 indica a existência de uma relação linear entre o potencial de eletrodo e a perda de massa com um valor absoluto de r de 0,8009. A relação é inversa, ou seja, quanto menor o valor da perda de massa, maior (ou menos negativo) será o valor do potencial de eletrodo, indicando que os valores obtidos por meio do uso da técnica eletroquímica de potencial de eletrodo podem dar uma resposta satisfatória sobre a condição da armadura imersa no concreto, com a vantagem de ser não destrutiva. Resultados de correlação semelhantes foram encontrados também por Cascudo (1991) e Cabral (2000).

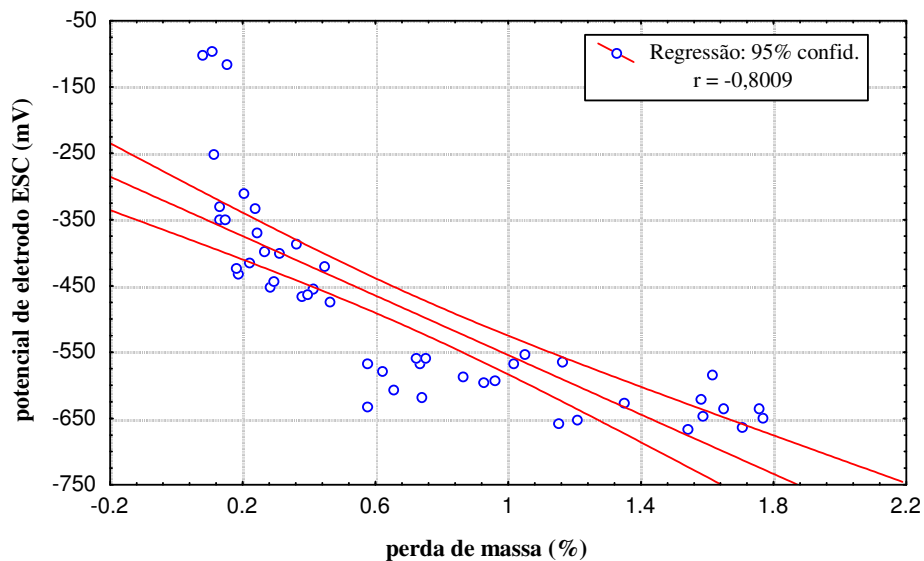


FIGURA 40: Correlação entre o potencial de eletrodo e a perda de massa

5.7.5 Potencial de eletrodo e teor de cloretos livres

A análise do valor do coeficiente de correlação (r próximo de zero) apresentado na Figura 41 indica que estatisticamente não existe uma relação linear entre as variáveis aleatórias potencial de eletrodo e teor de cloretos.

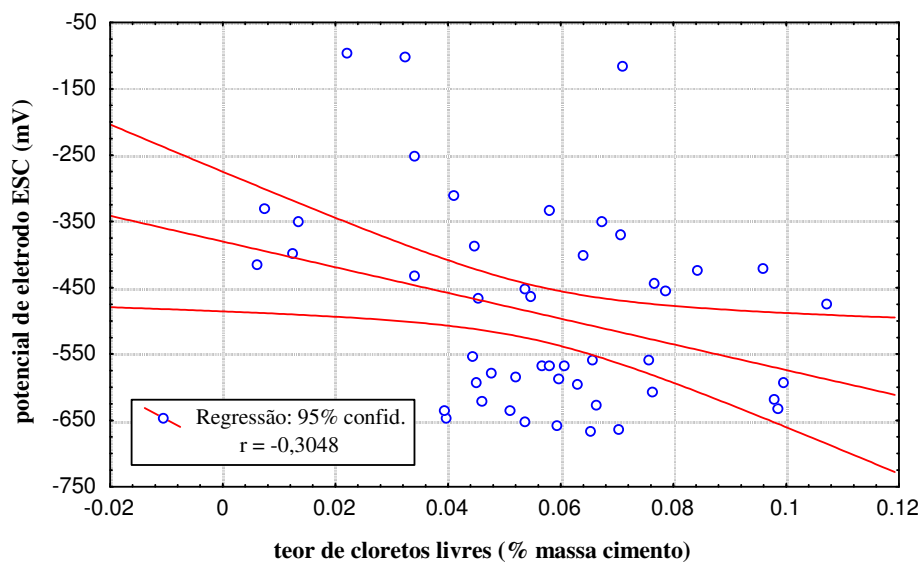


FIGURA 41: Correlação entre o potencial de eletrodo e o teor de cloretos livres

5.7.6 Perda de massa e teor de cloretos livres

A análise do valor do coeficiente de correlação (r próximo de zero) apresentado na Figura 42 indica que estatisticamente não existe uma relação linear entre as variáveis aleatórias teor de cloretos e perda de massa.

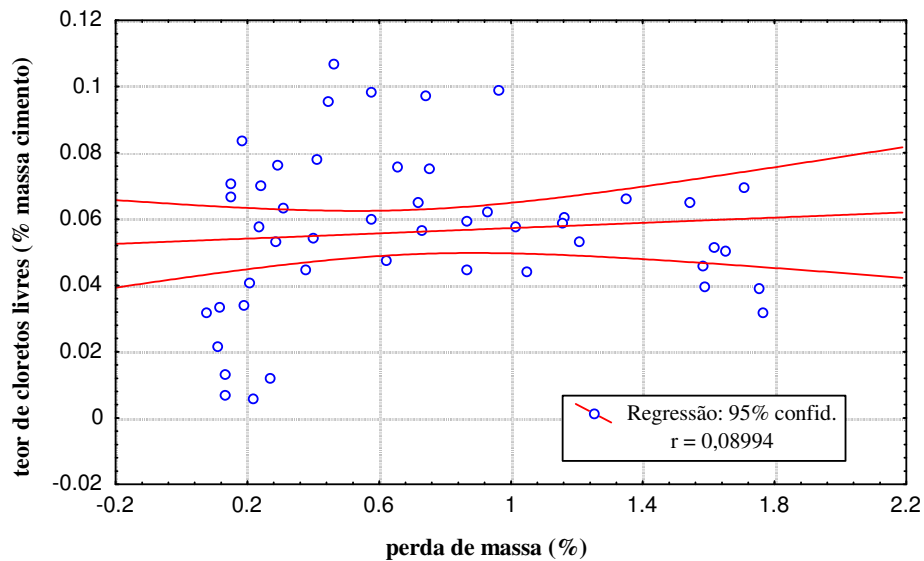


FIGURA 42: Correlação entre a perda de massa e o teor de cloretos livres

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

Diante dos dados e resultados obtidos neste estudo podemos afirmar que os objetivos propostos no início do mesmo foram plenamente atingidos e, baseados na análise e consideração dos resultados, conforme apresentado anteriormente, e levando em consideração suas limitações, podemos delinear as seguintes conclusões:

- Com relação ao potencial de eletrodo, o concreto que apresentou os melhores resultados foi o confeccionado com o cimento CPIV.
- Com relação ao teor de cloretos livres, para relações água/cimento de até 0,45, os cimentos CPV ARI, CPV ARI-RS e CPIV apresentaram os melhores resultados (menores valores). Já para as relações água/cimento maiores os valores se confundem.
- Com relação à perda de massa, para as relações água/cimento maiores que 0,45, o cimento que apresentou os melhores resultados foi o cimento CPV ARI-RS. Já para as relações água/cimento de 0,30; 0,35 e 0,45 o cimento CPIV foi o que apresentou os melhores resultados.
- Foram encontradas correlações lineares entre as variáveis resistência à compressão e potencial de eletrodo, entre a resistência à compressão e a perda de massa e entre o potencial de eletrodo e a perda de massa.
- Não foi encontrada correlação linear (valores de r muito pequenos) entre a resistência à compressão e o teor de cloretos, entre o potencial de eletrodo e o teor de cloretos e entre o teor de cloretos e a perda de massa. Talvez seja pela metodologia utilizada, somente da camada de cobrimento da armadura, mas fica como sugestão para trabalhos futuros, conforme indicado no item 6.2.
- Os resultados do monitoramento do potencial de eletrodo ao longo do tempo, de um modo geral, comprovaram a sensibilidade da técnica em detectar, pelas

súbitas mudanças nos valores de potencial de eletrodo para patamares mais negativos, o período em que ocorre alguma mudança significativa ou no estado superficial da armadura – indicando a despassivação do aço embebido no concreto ou nas condições de entorno da armadura – como o aumento do oxigênio disponível ou do teor de cloretos livres próximo à superfície da mesma.

- Os resultados de potencial de eletrodo obtidos indicam que os valores-limite sugeridos pela norma ASTM C876-87 para avaliar a probabilidade de ocorrência da corrosão não devem ser tomados como absolutos, uma vez que foram obtidos valores de potencial mais eletronegativos que o limite apresentado para a probabilidade de 95% de ocorrência de corrosão (-350 mV ESC), sendo que a armadura poderia estar no estado passivo ou com pequena atividade de corrosão.
- A correlação obtida entre o potencial de eletrodo e a perda de massa é uma indicação de que esta técnica eletroquímica não-destrutiva pode ser útil na avaliação da corrosão das armaduras em concreto.
- Tendo a determinação da perda de massa gravimétrica como a indicação mais precisa da corrosão das barras de aço, pode-se concluir que a escolha do tipo de cimento a ser utilizado tem maior influência, com relação à corrosão das armaduras devida à ação de íons cloreto ingressantes do ambiente, nas relações água/cimento maiores que 0,45, valores estes usuais na prática da construção.
- Com relação à resistência à compressão, o concreto que apresentou melhor resultado foi o confeccionado com o cimento CPV ARI.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar a aplicação da técnica de potencial de eletrodo em conjunto com outras técnicas não destrutivas para possibilitar a determinação da taxa de corrosão, pois ela apresenta facilidade de aplicação, resultados confiáveis e dispõe de equipamentos apropriados para utilização em estruturas reais.
- Estudar o porquê de não ter sido verificada correlação linear entre o teor de cloretos livres e as demais variáveis estudadas – resistência à compressão, potencial de eletrodo e perda de massa gravimétrica.

- Dando continuidade ao trabalho poderiam ser determinados os cloretos totais e, conseqüentemente, os cloretos combinados para averiguar se há alguma relação entre o teor dos mesmos e os diferentes tipos de cimento.
- Estudar características do concreto como permeabilidade à água e a gases e difusão de íons cloreto para concretos feitos com os diferentes tipos de cimento nacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-AMOUDY, O. S. B.; MASLEHUDDIN, M. e ASI, I. M. Performance and correlation of the properties of fly ash cement concrete. **Cement, Concrete and Aggregates**. p.71-77, 1996.
- AL-HUSSAINI, M. J.; SANGHA, C. M.; PLUNKETT, B. A. e WALDEN, P. J. The effect of chloride ion source on the free chloride ion percentages in OPC mortars. **Cement and Concrete Research**. v.20, p.739-745, 1990.
- AL-TAYYIB, A. J.; KHAN, S. e ALLAM, I. M. Corrosion behavior of pre-rusted rebars after placement in concrete. **Cement and Concrete Research**. v.20, p.955-960, 1990.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete**. C876-87. Annual Book of ASTM Standard, V.04.02, p.429-433, 1990.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens**. G1-90. Annual Book of ASTM Standard, v.03.02, p.15-21, 1994.
- ANDRADE, C. e GONZÁLEZ, J. A. Tendencias actuales en la investigación sobre corrosión de armaduras. **Informes de la Construcción**, v.40, n.398, p.7-14, nov.-dic. 1988.
- ANDRADE, J.J.O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado**: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Porto Alegre, 1997. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
- ANDRADE, J. J. O. DAL MOLIN, D. Influência da agressividade ambiental nas patologias em estruturas de concreto armado nas cidades de Porto Alegre (RS) e Recife (PE). In: **WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES**, 1997, São Leopoldo. **Anais do Workshop Durabilidade das Construções**. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos UNISINOS e ANTAC, p.127-134, 1997.

- ANDRADE, M. C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras.** São Paulo: PINI. 1992. 104p.
- ANDRADE, M. C. Conceitos básicos sobre corrosão de armaduras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL – PREVENÇÃO, INSPEÇÃO E REPARO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ATACADAS PELA CORROSÃO DA ARMADURA. **Anais.** Porto Alegre, 1995.
- ARYA, C. e NEWMAN, J. B. Problem of predicting risk of corrosion of steel in chloride contaminated concrete. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers.** part.1, v.88, p.875-888. Oct. 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217 – **Agregados - Determinação da Composição Granulométrica.** CB-18, MB-7, 5p. 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – **Agregado para Concreto.** CB-18, EB-4, 4p.1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – **Agregados para Concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis.** CB-18, 3p.1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578 – **Cimento Portland Composto.** CB-18, EB-2138, 5p. 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733 – **Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.** CB-18, EB-2, 5p. 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7224 – **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da Área Específica.** CB-18, MB-348, 10p. 1984a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6474 – **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da Massa Específica.** CB-18, MB-346, 4p. 1984b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736 – **Cimento Portland Pozolânico.** CB-18, EB-578, 5p. 1991.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5737 – **Cimento Portland Resistente a Sulfatos**. CB-18, EB-903, 4p. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7223 – **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. CB-18, MB-256, 4p. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 – **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. CB-18, MB-3, 4p. 1994a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 – **Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. CB-18, MB-2, 9p. 1994b.
- BROOMFIELDS, J.P. Strategic highway research programme on corrosion of steel in concrete. **Bulletin of Electrochemistry**, v.11, n.4, p.169-177, Apr. 1995.
- CABRAL, A. E. **Avaliação da eficiência de sistemas de reparo no combate à iniciação e à propagação da corrosão da armadura por cloretos**. Porto Alegre, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
- CANADIAN CENTRE FOR MINERAL AND ENERGY TECHNOLOGY (CANMET); MALHORTA, V. M. (Ed.) **Supplementary cementing materials for concrete**. Ottawa, Canadá: Canadian Government Publishing Centre, 1987. 429p.
- CASCUDO, O. **Contribuição ao estudo e emprego de técnicas eletroquímicas no controle da corrosão de armaduras em concreto armado**. São Paulo, 1991. 230p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP. São Paulo.
- CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: Inspeção e técnicas eletroquímicas**. 1.ed. São Paulo: PINI. 1994. 237p.
- CHENG, T. P.; LEE, J. T. and TSAI, W. T.. Corrosion of reinforcements in artificial sea water. **Cement and Concrete Research**, v.20, p.243-252, 1990.
- COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON (CEB). **Diagnosis and assessment of concrete structures** – State of the art report. Bulletin D'information n° 192. Jan. 1989. 94p.

COPPETEC FUNDAÇÃO. **Avaliação do Estado de Corrosão da Cobertura dos Pavilhões da CEASA – RS**. Estudo Técnico ET 140616. 1995. 33p.

CRAIG, J.R.; O'CONNOR, D.S. e AHLISKOG, J.J. Economics of bridge deck protection methods. **Materials Performance**. p.32-34, Nov. 1982.

DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1988; 220p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.

DAL MOLIN et al. Estudo de concretos com adição de sílica ativa frente ao ataque de agentes agressivos para emprego em pisos especiais. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE CONCRET, AND PERFORMANCE AND QUALITY OG CONCRETE STRUCTURES. **Proceedings**. UFSC/UFRGS/USP. Florianópolis, Brasil. p.590-598, 1996.

DHIR, R. K.; JONES, M. R. e AHMED, H. E. H. Determination of total and soluble chloride in concrete. **Cement and Concrete Research**. v.20, p.579-590, 1990.

DRUMOND, F. B. **Análise de Variância: comparação de várias situações**. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996. 302 p. (série ferramentas da qualidade; 6).

FRANÇOIS, R.; ARLIGUIE, G. e BARDY, D. Electrode potential measurements of concrete reinforcement for corrosion evaluation. **Cement and Concrete Research**. v.24, n. 3, p.401-412, 1994.

GAVILÁN, G. M. **Contribuição ao estudo do comportamento da aderência concreto-armadura resultante da adição de sílica ativa e da corrosão da armadura em presença de cloretos**. Porto Alegre, 2000; p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996. 345p.

GJØRV, O.E. e KASHINO, N. Durability of a 60-year-old reinforced concrete pier in Oslo Harbor. **Materials Performance**. v.25, n. 2, p.18-26, Feb. 1986.

- GJØRV, O.E., VENNESLAND, O. e EL-BUSAIDY, H.S. Diffusion of dissolved oxygen through concrete. **Materials Performance**. v.25, n.12, p.39-44, Dec. 1986.
- GLASS, G. K.; HASSANEIN, N. M. e BUENFELD, N. R. Neural network modelling of chloride binding. **Magazine of Concrete Research**. v.49, n.181, p.323-335, Dec. 1997.
- GRAN, H. C.. Measurement of chlorides in concrete: An evaluation of three different analysis techniques. Norwegian Building Research Institute. NBI Project Report, 1992. 24p.
- GRIMALDI, G.; BREVET, P.; PANNIER, G. e RAHARINAIVO, A. Factors influencing electrode potential of steel in concrete. **British Corrosion Journal**. v.21, n.1, p.55-62, 1986.
- HAQUE, M. N. e KAWAMURA, M. Carbonatation and chloride-induced corrosion of reinforcement in fly ash concretes. **ACI Materials Journal**. v.89, n.1, p.41-48, Jan.-Feb. 1992.
- HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. 1.ed. São Paulo: PINI. 1986. 47p.
- HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993. 231p. Tese (Livre Docência) - EPUSP - Departamento de Engenharia Civil.
- HUANG, R.; CHANG, J.J. e WU, J. K. Correlation between corrosion potential and polarization resistance of rebar in concrete. **Materials Letters**. v.28, p.445-450, Oct. 1996.
- HUSSAIN, S. E. e RASHEEDUZZAFAR. Corrosion resistance performance of fly ash blended cement concrete. **ACI Materials Journal**. v.91, n.3, p.264-272, May.-June, 1994.
- IBRACON – COLOQUIA'99 – Seminário e Workshop Internacional sobre Materiais e Estruturas. **Anais**. São José dos Campos - SP. mar. 1999.
- IBRACON – II International Conference on High-Performance Concrete, and Performance and Quality of Concrete Structures. **Anais**. Gramado - RS. jun. 1999.
- IBRACON - 41º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais**. Salvador – BA. set. 1999.

- IBRACON – CONPAT 99 – V Congresso Iberoamericano de Patologia de las Construcciones/VII Congreso de Control de Calidad. **Anais**. Montevideo - Uruguai. out. 1999.
- IBRACON - 42º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais**. Fortaleza – CE. ago. 2000.
- KATTAR, J. E. e ALMEIDA, N.J. **Cimento Portland**. 2.ed. Santo André: Holdercim Brasil. 1998. 44p.
- KAYYALI, O.A. e HAQUE, M.N. The Cl⁻/OH⁻ ratio in chloride-contaminated concrete – a most important criterion. **Magazine of Concrete Research**. v.47, n.172, p.235-242, Sep. 1995.
- KILARESKI, W.P. Corrosion induced deterioration of reinforced concrete – an overview. **Materials Performance**. v.19, n.3, p.48-50, Mar. 1980.
- KOULOUMBI, N. e BATIS, G. Chloride corrosion of steel rebars in mortars with fly ash admixtures. **Cement and Concrete Composites**. v.14, p.199-207, 1992.
- KOULOUMBI, N. e BATIS, G. The anticorrosive effect of fly ash, slag and a greek pozzolan in reinforced concrete. **Cement and Concrete Composites**. v.16, p.253-260, 1994.
- KRÖPP, J. e HILSDORF, H. K. Performance criteria for concrete durability. **RILEM Report**, 12. Londres, 1ª ed, 1995.
- KULAKOWSKI, M. P. **Argamassa com adição de microssílica para reparos estruturais: estudo da penetração de cloretos**. Porto Alegre, 1994; p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
- KULAKOWSKI, M. P.; VIEIRA, F. M. P.; DAL MOLIN, D. C. C. e VILELA, A. C. F. Estudo da ação do ácido fórmico em concretos com adição de sílica ativa com vistas ao emprego em ambiente industrial. In: 39ª REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Anais**. São Paulo, ago. 1997.
- KUMAR, A. e ROY, D. M. Diffusion through concrete. **Concrete**. v.21, n.1, p.31-32. Jan. 1987.
- LIAM, K. C.; ROY, S. K. e NORTHWOOD, D. O. Chloride ingress measurements and corrosion potential mapping study of a 24-year-old reinforced concrete jetty structure in a

- tropical marine environment. **Magazine of Concrete Research**. v.44, n.160, p.205-215, Sep. 1992.
- MALHORTA, V. M. and HEMMINGS, R. T. Blended cements in North America – A review. **Cement and Concrete Composites**. v.17, p.23-35; 1995.
- MANGAT, P. S. and MOLLOY, B. T.. Influence of PFA, slag and microsilica on chloride induced corrosion of reinforcement in concrete. **Cement and Concrete Research**. v.21, p.819-834, 1991.
- MASSAZZA, F. Pozzolanic Cements. **Cement and Concrete Composites**. v.15, p.185-214, 1993.
- MEHTA, P. K. Pozzolanic and Cementitious By-Products in Concret – Another Look. TRONDHEIM CONFERENCE. **SP 114-1**. p.1-43, 1989.
- MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1ed. São Paulo: PINI. 1994. 573p.
- MONTGOMERY, D. C.. **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley & Sons, c1997. xiii, 704 p. : graficos, tabelas
- MONTEIRO, E. C. B. **Estudo da capacidade de proteção de alguns tipos de cimentos nacionais, em relação à corrosão de armaduras, sob a ação conjunta de CO₂ e íons cloreto**. Brasília, 1996; 138p. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2.ed. São Paulo: PINI. 1997. 828p.
- OZYLDIRIM, C. and HALSTEAD, J. W.. Improved concrete quality with combination of fly ash and silica fume. **ACI Materials Journal**. n.91-M59, p.587-594, Nov.-Dec. 1994.
- PCC - USP. Workshop sobre Recuperação de Estruturas de Concreto. **Anais**. Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica da USP. São Paulo- SP. mar. 2000.
- RASHEEDUZZAFAR; .AL-SAADOUN, S. S.; AL-GAHTANI, A. S. e DAKHIL, F. H. Effect of tricalcium aluminate content of cement on corrosion of reinforcing steel in concrete. **Cement and Concrete Research**. v.20, p.723-738, 1990.

- RASHEEDUZZAFAR, S.; EHTESHAM, H. e AL-SAADOUN, S. S. Effect of cement composition on chloride binding and corrosion of reinforcing steel in concrete. **Cement and Concrete Research**. v.21, p.777-794, 1991.
- RASHEEDUZZAFAR, S.; EHTESHAM, H. e AL-SAADOUN, S. S. Effect of tricalcium aluminate content of cement on chloride binding and corrosion of reinforcing steel in concrete. **ACI Materials Journal**. v.89, n.1, p.3-12, Jan.-Feb. 1992.
- RIBEIRO, J. L. D. **Projeto de Experimentos na Otimização de Produtos e Processos**. Notas de Aula. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFRGS. 186p. Junho 1996.
- RINCON, O. T.; SANCHEZ, M. A. G.; PEREZ, O.; CONTRERAS, D. E GARCIA, O. A study of practical cases of steel corrosion in reinforced concrete – causes and solutions. **Materials Performance**. v.30, n.8, Aug. 1991.
- RODRÍGUEZ, P.; RAMÍREZ, E. e GONZÁLEZ, J. A. Methods for studying corrosion in reinforced concrete. **Magazine of Concrete Research**. v.46, n.167, p.81-90, June 1994.
- ROY, D. M. Fly ash and silica fume chemistry and hydration. TRONDHEIM CONFERENCE. **Anais**. p.117-137, 1989.
- SAGOE-CRENTSIL, K. K. and GLASSER, F. P.. Steel in concrete: Part I – A review of the electrochemical and thermodynamic aspects. **Magazine of Concrete Research**. v.41, n.149, p.202-212, Dec. 1989.
- SLATER, J.E. Corrosion of reinforcing steel in concrete: magnitude of problem. **Materials Performance**. v.18, n. 6, p. 34-37, Jun. 1979.
- STANLEY, C. C. **Highlights in The History of Concrete**. University of Salford Library, 198?. 45p. Cement and Concrete Association.
- SWARUP, J e SHARMA, P. C. Electrochemical techniques for the monitoring of corrosion of reinforcement in concrete structures. **Bulletin of Electrochemistry**. v.12, n.1-2, p.103-108, Jan.-Feb. 1996.
- VAN DAVEER, R. Techniques for evaluating reinforced concrete bridge decks. **Journal of the American Concrete Institute**. v.72, n.12, p.697-704, Dec. 1975.

WERKEMA, M. C. C. e AGUIAR, S. **Planejamento e Análise de Experimentos: como identificar as principais variáveis influentes em um processo.** Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996. 294 p. (série Ferramentas da Qualidade; 8).

WHEAT, H. G. e ELIEZER, Z. Some electrochemical aspects of corrosion of steel in concrete. **Corrosion.** v.41, n.11, p.640-645, Nov. 1985.

**ANEXO A - ALEATORIZAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA
E CRONOGRAMA DE MOLDAGEM**

ALEATORIZAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA E CRONOGRAMA DE MOLDAGEM

moldagem	CP nº	relação a/c	tipo de cimento
09/05 (sexta)	01	0,45	CPII-E
	05	0,60	CPII-F
	06	0,35	CPV ARI-RS
12/05 (segunda)	09	0,30	CPII-F
	11	0,80	CPV ARI
13/05 (terça)	17	0,80	CPII-E
	20	0,30	CPV ARI
14/05 (quarta)	23	0,45	CPII-F
	27	0,60	CPV ARI-RS
	28	0,30	CPII-E
16/05 (sexta)	33	0,80	CPII-F
	32	0,35	CPII-E
	40	0,45	CPV ARI-RS
	42	0,45	CPV ARI
	47	0,80	CPV ARI-RS
19/05 (segunda)	49	0,35	CPII-F
	52	0,30	CPV ARI-RS
20/05 (terça)	54	0,60	CPII-E
	59	0,60	CPII-F
	60	0,35	CPV ARI-RS
21/05 (quarta)	56	0,45	CPII-E
	64	0,30	CPII-F
22/05 (quinta)	67	0,80	CPV ARI
	74	0,30	CPV ARI
23/05 (sexta)	71	0,80	CPII-E
	83	0,30	CPII-E
	77	0,45	CPII-F
26/05 (segunda)	81	0,60	CPV ARI-RS
	86	0,35	CPII-E
	93	0,45	CPV ARI-RS
	88	0,80	CPII-F
27/05 (terça)	110	0,60	CPV ARI
	101	0,80	CPV ARI-RS
	103	0,35	CPII-F
	97	0,45	CPV ARI
28/05 (quarta)	111	0,35	CPV ARI
	108	0,60	CPII-E
	104	0,30	CPV ARI-RS
	112	0,60	CPV ARI
10/06	113	0,35	CPV ARI
11/06	118	0,60	CPIV
12/06	122	0,45	CPIV
13/06	123	0,35	CPIV
16/06	126	0,80	CPIV
17/06	128	0,30	CPIV
18/06	132	0,60	CPIV
19/06	133	0,45	CPIV
20/06	137	0,35	CPIV
23/06	140	0,80	CPIV
	142	0,30	CPIV

**ANEXO B – LEITURA DO PESO DAS BARRAS DE AÇO ATÉ
ATINGIREM A CONSTÂNCIA DE MASSA**

CP n°	Pi (g)	P ₁ (g)	P ₂ (g)	P ₃ (g)	P ₄ (g)	P ₅ (g)	P ₆ (g)	P ₇ (g)	P ₈ (g)	P ₉ (g)	P ₁₀ (g)	P ₁₁ (g)	P ₁₂ (g)	Perda de massa (g)
1	189,20	188,19	188,05	187,99	187,96	187,96	-	-	-	-	-	-	-	1,24
5*	189,30	188,14	187,91	187,72	187,64	187,60	187,60	-	-	-	-	-	-	1,70
6	188,10	188,00	187,90	187,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20
9	187,70	187,25	187,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45
11*	188,90	186,66	186,36	186,18	186,04	185,91	185,86	185,80	185,76	185,73	185,73	-	-	3,17
17*	187,60	185,04	184,77	184,59	184,46	184,36	184,23	184,17	184,13	184,08	184,08	-	-	3,52
20	187,70	187,48	187,46	187,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24
23*	187,80	186,33	186,24	186,10	186,00	185,96	185,91	185,86	185,83	185,83	-	-	-	1,97
27	186,70	185,88	185,78	185,75	185,71	185,68	185,63	185,63	-	-	-	-	-	1,07
28	189,30	189,02	189,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28
32	187,20	186,51	186,41	186,37	186,37	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83
33*	188,30	186,62	186,10	185,52	185,32	185,19	185,09	185,04	185,00	185,00	-	-	-	3,30
40	188,00	187,40	187,32	187,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68
42	187,10	186,50	186,40	186,37	186,36	186,33	186,33	-	-	-	-	-	-	0,77
47	186,80	185,40	185,27	185,22	185,19	185,19	-	-	-	-	-	-	-	1,61
49	187,10	186,34	186,28	186,25	186,24	186,24	-	-	-	-	-	-	-	0,86
52	193,30	192,88	192,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42
54*	187,30	185,38	184,91	184,66	184,42	184,24	183,99	183,90	183,80	183,72	183,67	183,67	-	3,63
56	187,10	186,11	185,98	185,91	185,85	185,82	185,77	185,75	185,70	185,70	-	-	-	1,40
59*	189,20	187,66	187,42	187,13	187,05	186,97	186,95	186,90	186,87	186,85	186,85	-	-	2,35
60*	189,30	188,81	188,71	188,63	188,57	188,55	188,52	188,52	-	-	-	-	-	0,78
64	188,90	188,63	188,57	188,51	188,51	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39
67*	187,90	185,67	185,27	185,04	184,91	184,80	184,72	184,63	184,54	184,51	184,51	-	-	3,39
71*	188,40	185,80	185,45	185,23	185,05	184,94	184,87	184,77	184,77	-	-	-	-	3,63
74	189,20	188,77	188,74	188,70	188,70	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50

Pi peso inicial da barra
P₁₋₁₂ pesagem após cada ciclo de limpeza
***** corpos-de-prova cujo valor foi definido por meio dos gráficos do ANEXO C

CP n°	Pi (g)	P ₁ (g)	P ₂ (g)	P ₃ (g)	P ₄ (g)	P ₅ (g)	P ₆ (g)	P ₇ (g)	P ₈ (g)	P ₉ (g)	P ₁₀ (g)	P ₁₁ (g)	P ₁₂ (g)	Perda de massa (g)
77	187,90	186,83	186,66	186,62	186,59	186,55	186,55	-	-	-	-	-	-	1,35
81	188,30	187,35	187,25	187,13	187,13	-	-	-	-	-	-	-	-	1,17
83	188,30	188,04	188,01	187,97	187,96	187,96	-	-	-	-	-	-	-	0,34
86	186,90	186,18	185,89	185,78	185,72	185,68	185,62	185,58	185,55	185,52	185,52	-	-	1,38
88*	187,40	185,60	185,32	185,17	185,09	185,04	184,99	184,99	-	-	-	-	-	2,41
93	188,80	188,54	188,47	188,45	188,45	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35
97	187,20	186,54	186,46	186,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74
101*	188,10	186,55	186,32	186,21	186,11	186,03	186,00	185,93	185,91	185,91	-	-	-	2,19
103	187,90	187,24	187,13	187,04	187,00	186,95	186,92	186,85	186,82	186,82	-	-	-	1,08
104	188,20	187,82	187,74	187,71	187,67	187,67	-	-	-	-	-	-	-	0,53
108*	189,20	187,51	187,04	186,74	186,56	186,45	186,32	186,23	186,16	186,11	186,09	186,05	186,05	3,15
110	188,50	187,15	186,94	186,86	186,79	186,73	186,67	186,60	186,59	186,59	-	-	-	1,91
111	188,80	188,51	188,48	188,44	188,42	188,42	-	-	-	-	-	-	-	0,38
112*	187,90	186,08	185,77	185,57	185,45	185,34	185,23	185,16	185,11	185,04	185,04	-	-	2,86
113	188,70	188,35	188,26	188,24	188,22	188,19	188,16	188,12	188,12	-	-	-	-	0,58
118*	187,80	186,83	186,63	186,46	186,39	186,35	186,30	186,30	-	-	-	-	-	1,50
122	188,30	187,98	187,94	187,91	187,88	187,86	187,86	-	-	-	-	-	-	0,44
123	188,10	187,89	187,88	187,86	187,86	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24
126	187,60	185,32	185,05	184,91	184,78	184,71	184,67	184,61	184,57	184,57	-	-	-	3,03
128	187,60	187,52	187,48	187,46	187,46	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14
132*	187,20	185,83	185,59	185,48	185,41	185,37	185,31	185,31	-	-	-	-	-	1,89
133	189,30	188,84	188,80	188,75	188,75	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55
137	187,20	186,96	186,94	186,93	186,93	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27
140*	188,10	186,57	186,22	186,00	185,86	185,79	185,071	185,71	-	-	-	-	-	2,39
142	188,60	188,46	188,44	188,42	188,39	188,39	-	-	-	-	-	-	-	0,21

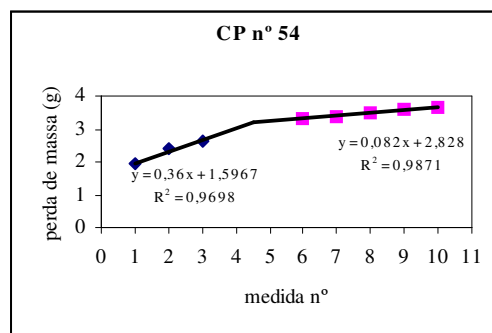
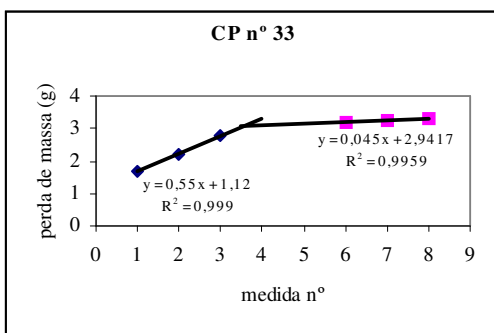
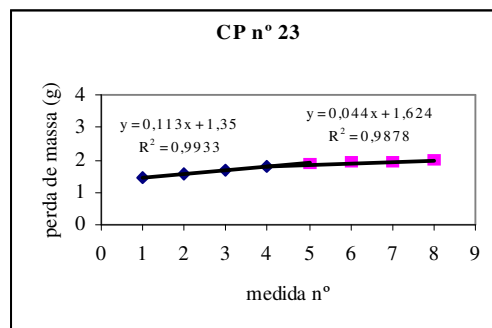
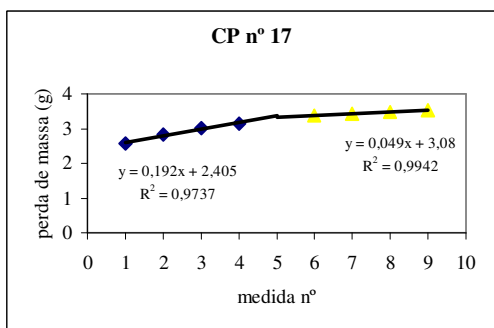
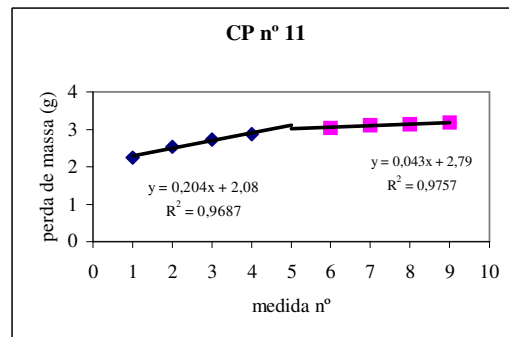
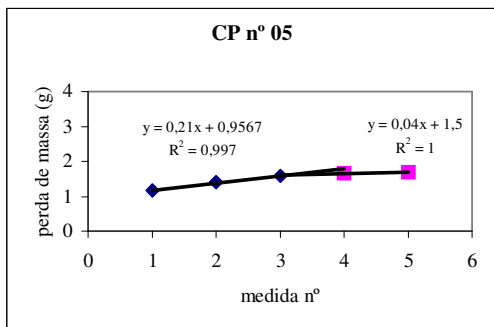
Pi – peso inicial da barra

P₁₋₁₂ – pesagem após cada ciclo de limpeza

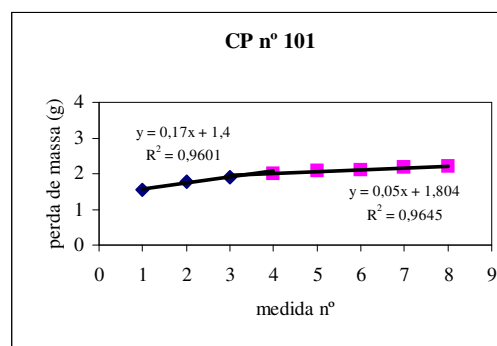
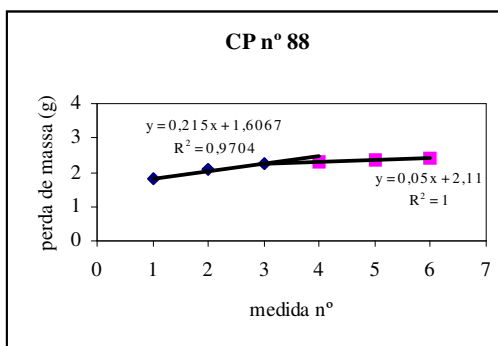
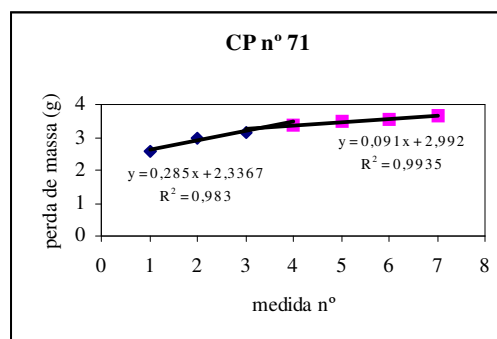
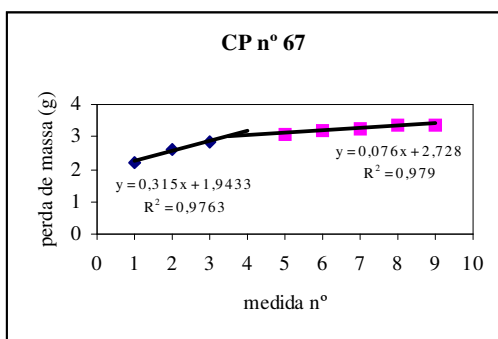
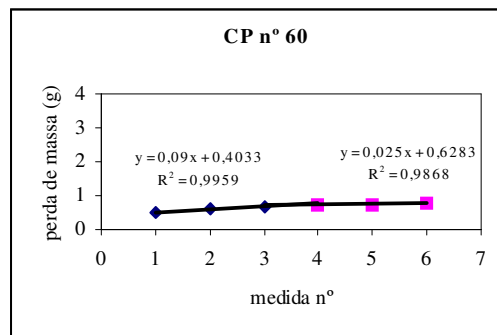
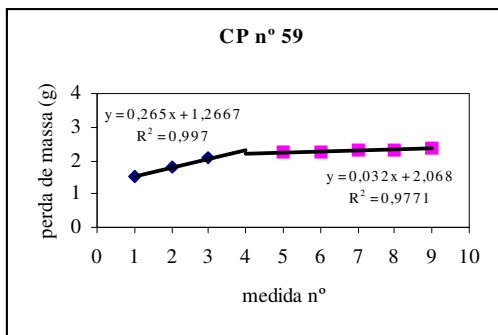
***** corpos-de-prova cujo valor foi definido por meio dos gráficos do ANEXO C

ANEXO C – GRÁFICOS DE AJUSTE DA PERDA DE MASSA

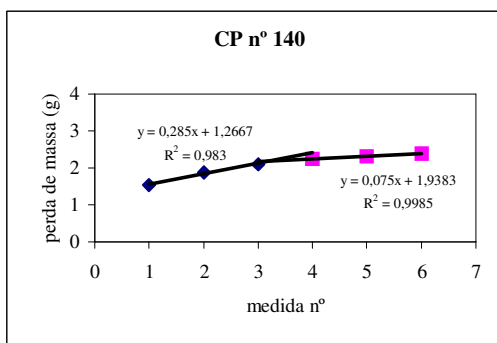
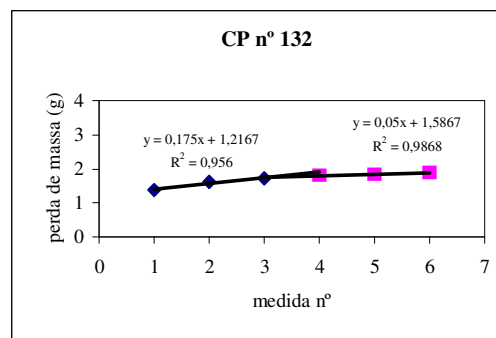
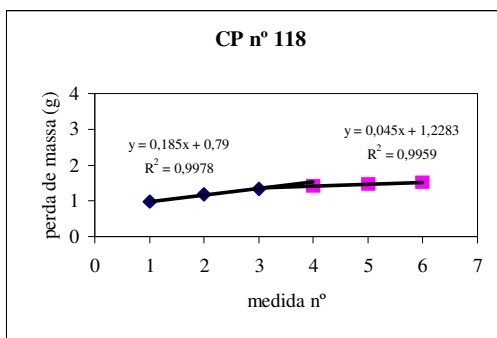
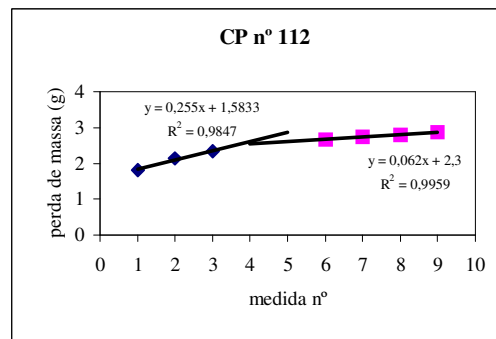
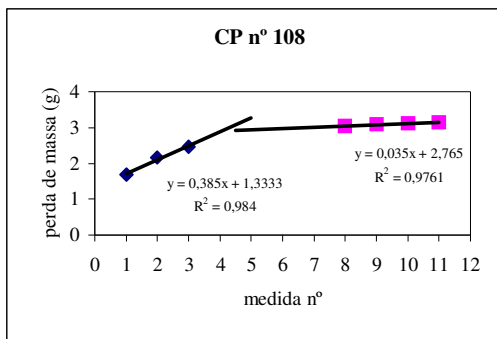
GRÁFICOS DE AJUSTE DA PERDA DE MASSA



GRÁFICOS DE AJUSTE DA PERDA DE MASSA



GRÁFICOS DE AJUSTE DA PERDA DE MASSA



ANEXO D – TABELA COM OS RESULTADOS DOS ENSAIOS

CP	tipo ci	a/c	E ESC (mV)	fck ₂₈ (Mpa)	perda de massa (%)	CI (% ci)
52	ARI-RS	0,30	-414,7	48,2	0,2173	0,0061
104	ARI-RS	0,30	-449,5	52,0	0,2816	0,0533
6	ARI-RS	0,35	-94,8	52,6	0,1063	0,0220
60	ARI-RS	0,35	-464,2	49,6	0,3751	0,0451
40	ARI-RS	0,45	-386,5	41,2	0,3617	0,0446
93	ARI-RS	0,45	-430,8	30,8	0,1854	0,0340
27	ARI-RS	0,60	-566,0	24,4	0,5731	0,0604
81	ARI-RS	0,60	-577,7	17,2	0,6213	0,0475
47	ARI-RS	0,80	-584,9	18,0	0,8619	0,0594
101	ARI-RS	0,80	-551,0	18,0	1,0473	0,0443
128	POZ	0,30	-100,8	52,0	0,0746	0,0322
142	POZ	0,30	-251,6	50,8	0,1113	0,0338
123	POZ	0,35	-348,2	47,6	0,1276	0,0132
137	POZ	0,35	-349,1	43,6	0,1442	0,0672
122	POZ	0,45	-331,7	40,0	0,2337	0,0579
133	POZ	0,45	-443,6	34,0	0,2905	0,0765
118	POZ	0,60	-565,4	22,8	0,7295	0,0566
132	POZ	0,60	-593,6	22,0	0,9241	0,0627
126	POZ	0,80	-583,3	12,0	1,6151	0,0518
140	POZ	0,80	-564,2	14,0	1,1590	0,0608
20	ARI	0,30	-330,3	52,8	0,1279	0,0073
74	ARI	0,30	-396,4	59,6	0,2643	0,0123
111	ARI	0,35	-309,5	55,2	0,2013	0,0409
113	ARI	0,35	-399,7	48,8	0,3074	0,0637
42	ARI	0,45	-453,9	44,8	0,4115	0,0785
97	ARI	0,45	-462,3	41,2	0,3953	0,0543
110	ARI	0,60	-565,4	30,8	1,0133	0,0578
112	ARI	0,60	-627,0	29,2	1,3465	0,0662
11	ARI	0,80	-619,5	20,8	1,5776	0,0459
67	ARI	0,80	-646,7	18,8	1,5859	0,0396
9	II-F	0,30	-368,0	48,8	0,2397	0,0703
64	II-F	0,30	-341,2	**	0,2065	0,0122
49	II-F	0,35	-472,9	40,8	0,4596	0,1071
103	II-F	0,35	-632,7	35,6	0,5748	0,0984
23	II-F	0,45	-590,5	28,4	0,9585	0,0993
77	II-F	0,45	-556,9	31,2	0,7185	0,0654
5	II-F	0,60	-592,8	22,4	0,8611	0,0448
59	II-F	0,60	-657,3	19,6	1,1522	0,0592
33	II-F	0,80	-634,8	16,8	1,6463	0,0507
88	II-F	0,80	-650,1	16,8	1,2060	0,0536
28	II-E	0,30	-114,6	43,4	0,1479	0,0708
83	II-E	0,30	-421,6	43,2	0,1806	0,0841
32	II-E	0,35	-420,4	38,8	0,4434	0,0959
86	II-E	0,35	-617,6	30,8	0,7384	0,0977
1	II-E	0,45	-605,1	30,2	0,6554	0,0760
56	II-E	0,45	-559,0	33,2	0,7483	0,0753
54	II-E	0,60	-662,6	19,2	1,7032	0,0700
108	II-E	0,60	-666,3	19,6	1,5381	0,0653
17	II-E	0,80	-648,3	13,2	1,7644	0,0320
71	II-E	0,80	-633,3	13,2	1,7516	0,0392

Obs.: os resultados do corpo-de-prova n° 64 foram descartados pois foi verificado que o mesmo foi moldado equivocadamente com uma relação água/cimento de 0,24. Este fato foi notado somente com o resultado do ensaio de compressão que revelou um valor muito

elevado, o que está de acordo com MEHTA e MONTEIRO (1994) que afirmam que “para relações água/cimento abaixo de 0,30, aumentos desproporcionalmente elevados na resistência à compressão podem ser conseguidos para pequenas reduções no relação água/cimento”. Essa constatação nos levou a eliminação dos resultados deste exemplar na análise estatística.

ANEXO E – MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV)

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo CP N ^o	2 dias		9 dias		16 dias		23 dias		30 dias		37 dias		44 dias		51 dias	
	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2
01	-221.0	-238.0	-226.0	-232.2	-278.7	-283.7	-237.8	-239.0	-545.3	-542.2	-695.2	-684.0	-674.4	-685.2	-505.0	-515.4
45/E	-219.0	-233.0	-219.6	-227.6	-269.3	-271.2	-234.1	-231.9	-531.3	-542.3	-679.5	-691.9	-669.3	-681.5	-493.8	-507.0
05	-155.1	-165.3	-157.2	-157.2	-427.4	-440.4	-498.4	-505.3	-596.0	-590.6	-600.4	-594.4	-554.3	-550.2	-522.1	-529.8
60/F	-153.2	-161.2	-152.5	-154.7	-424.3	-436.4	-496.6	-503.6	-571.6	-580.2	-589.1	-590.1	-543.5	-545.1	-515.5	-528.5
06	-130.0	-138.0	-140.5	-139.6	-152.7	-150.4	-141.4	-144.3	-152.7	-154.4	-132.6	-134.3	-121.1	-124.4	-123.6	-138.5
35/RS	-125.3	-135.4	-135.3	-136.4	-144.7	-145.2	-139.4	-141.1	-148.6	-151.7	-129.9	-134.2	-117.4	-122.2	-121.2	-138.8
09	-149.5	-173.1	-148.4	-155.6	-138.5	-145.8	-135.0	-139.7	-180.7	-196.7	-231.1	-233.7	-212.3	-214.2	-201.9	-201.3
30/F	-140.0	-176.5	-136.9	-158.2	-130.5	-147.9	-128.7	-140.4	-174.1	-191.8	-222.1	-236.4	-206.1	-217.3	-198.0	-202.0
11	-146.2	-170.5	-159.9	-162.4	-166.6	-170.4	-362.4	-365.1	-444.8	-436.8	-517.1	-508.8	-639.1	-646.2	-518.2	-518.8
80/0	-146.1	-170.9	-155.0	-158.7	-158.9	-167.3	-360.1	-363.4	-444.4	-436.0	-514.3	-509.0	-638.9	-645.0	-516.2	-518.6
17	-440.0	-458.0	-546.3	-543.8	-559.3	-555.7	-632.0	-630.8	-653.7	-652.0	-740.0	-737.8	-710.4	-708.1	-726.0	-721.5
80/E	-426.0	-455.0	-538.5	-537.0	-555.2	-553.8	-626.4	-626.9	-651.3	-650.9	-737.0	-738.3	-711.1	-709.8	-725.3	-721.5
20	-176.7	-186.8	-164.1	-163.0	-169.4	-170.5	-146.9	-147.9	-134.7	-138.8	-131.8	-135.8	-120.7	-123.1	-122.2	-120.5
30/0	-163.8	-193.0	-157.4	-160.8	-167.1	-170.4	-144.5	-146.6	-132.4	-139.1	-129.4	-136.2	-121.0	-124.7	-117.8	-120.6
23	-128.3	-150.7	-147.1	-145.2	-571.9	-577.8	-555.0	-563.2	-580.2	-584.8	-546.7	-546.2	-541.7	-545.7	-523.3	-522.5
45/F	-127.4	-146.3	-141.9	-141.5	-565.4	-569.7	-550.0	-558.7	-579.5	-584.2	-544.5	-547.3	-540.5	-543.4	-522.2	-520.4
27	-161.1	-172.1	-160.2	-159.0	-421.3	-426.3	-416.2	-418.9	-406.2	-409.2	-414.4	-412.6	-395.6	-397.0	-382.6	-384.9
60/RS	-157.2	-169.9	-158.2	-157.9	-420.5	-427.2	-415.9	-418.3	-406.8	-409.4	-414.3	-418.0	-395.7	-399.5	-383.1	-388.6
28	-176.7	-184.7	-161.4	-164.5	-163.6	-168.0	-268.2	-272.0	-210.9	-211.1	-218.3	-218.0	-225.7	-229.0	-228.1	-228.0
30/E	-173.5	-188.0	-158.2	-163.1	-162.1	-168.3	-265.6	-270.2	-210.8	-211.0	-217.7	-220.8	-225.4	-229.8	-228.5	-229.4
32	-165.7	-169.2	-185.4	-189.4	-491.2	-499.0	-653.0	-661.0	-677.5	-677.9	-614.3	-617.0	-449.7	-475.6	-559.9	-562.1
35/E	-162.6	-163.3	-181.8	-187.2	-488.1	-497.0	-642.7	-653.2	-667.5	-671.1	-602.3	-608.3	-446.2	-475.8	-548.4	-554.4
33	-179.6	-181.4	-187.1	-186.0	-195.6	-194.4	-498.1	-515.8	-620.9	-629.0	-588.7	-606.4	-592.8	-607.4	-582.0	-595.2
80/F	-178.0	-175.4	-186.6	-185.8	-193.2	-193.0	-495.0	-513.5	-619.0	-628.8	-586.9	-605.4	-592.2	-609.2	-581.3	-595.5
40	-276.3	-280.1	-244.5	-240.2	-448.3	-461.0	-671.6	-675.9	-696.3	-695.3	-624.0	-631.4	-334.0	-365.0	-271.4	-275.5
45/RS	-266.2	-273.3	-235.2	-236.2	-448.8	-461.4	-670.3	-674.6	-692.6	-696.1	-624.1	-631.9	-335.5	-367.2	-270.9	-276.2
42	-180.6	-188.2	-167.6	-169.9	-166.5	-167.2	-340.9	-353.7	-543.8	-549.2	-383.1	-398.4	-347.6	-364.0	-299.0	-302.0
45/0	-177.4	-183.7	-166.0	-166.7	-164.6	-165.3	-336.3	-349.0	-539.2	-545.5	-381.6	-395.0	-343.3	-360.8	-294.3	-299.1
47	-203.6	-208.5	-452.3	-441.8	-143.2	-139.3	-485.0	-475.6	-481.6	-468.1	-494.4	-479.2	-465.3	-452.7	-486.7	-476.5
80/RS	-200.3	-210.0	-450.5	-440.4	-140.0	-136.7	-484.1	-476.5	-478.6	-466.7	-491.8	-479.1	-465.4	-454.5	-484.3	-475.1
49	-151.9	-155.4	-175.4	-173.5	-508.9	-496.2	-678.7	-681.0	-631.3	-636.3	-467.2	-473.6	-360.2	-373.3	-346.9	-351.8
35/F	-145.3	-148.7	-169.8	-167.5	-507.3	-494.3	-674.3	-670.4	-627.7	-631.4	-462.5	-470.1	-357.0	-369.7	-341.3	-346.2
52	-378.9	-378.9	-358.5	-363.0	-314.3	-316.9	-237.4	-239.5	-215.8	-216.7	-366.3	-409.7	-355.9	-392.2	-363.7	-402.5
30/RS	-377.1	-377.6	-360.6	-367.1	-315.2	-316.6	-235.9	-240.5	-216.2	-217.4	-366.2	-405.3	-359.7	-394.2	-365.0	-403.1

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo CP N ^o	2 dias		9 dias		16 dias		23 dias		30 dias		37 dias		44 dias		51 dias	
	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2
54	-385.1	-394.2	-376.2	-389.6	-461.1	-471.8	-528.4	-525.6	-649.4	-645.3	-590.9	-582.2	-669.2	-662.2	-613.9	-612.0
60/E	-383.3	-394.5	-376.0	-391.5	-461.7	-472.2	-528.1	-526.9	-649.5	-648.0	-589.3	-585.5	-669.2	-663.6	-614.4	-613.7
56	-229.0	-243.4	-387.9	-411.1	-418.3	-433.6	-408.2	-423.5	-493.6	-517.5	-536.3	-549.5	-505.9	-516.3	-444.8	-458.3
45/E	-225.6	-242.0	-380.5	-409.6	-417.3	-432.5	-406.8	-424.7	-492.2	-516.3	-534.4	-548.6	-504.4	-516.5	-443.0	-456.1
59	-178.7	-185.4	-181.9	-186.9	-172.8	-173.4	-548.4	-559.2	-632.3	-641.5	-637.7	-649.2	-612.7	-624.0	-548.8	-558.7
60/F	-175.5	-183.1	-179.4	-183.8	-169.9	-170.7	-547.8	-557.4	-626.5	-635.0	-635.4	-645.0	-609.0	-618.7	-544.3	-553.7
60	-380.0	-389.6	-275.2	-278.0	-734.0	-734.9	-648.3	-652.3	-661.8	-665.7	-637.2	-636.1	-634.6	-638.5	-587.0	-595.7
35/RS	-372.5	-387.7	-272.8	-277.8	-731.5	-733.7	-646.7	-652.1	-660.3	-664.8	-635.4	-637.0	-634.3	-638.8	-587.4	-595.9
64	-158.4	-158.1	-147.2	-145.1	-242.1	-240.3	-196.5	-195.1	-157.7	-157.2	239.2	-243.2	-187.5	-196.9	-296.1	-305.9
30/F	-161.8	-162.5	-148.4	-148.0	-242.4	-242.4	-197.5	-196.3	-161.9	-161.6	-242.5	-246.0	-190.7	-187.7	-301.0	-308.9
67	-491.1	-487.2	-650.3	-648.1	-582.0	-583.1	-603.4	-601.0	-641.0	-636.5	-663.0	-659.1	-676.8	-672.0	-644.1	-640.5
80/0	-487.9	-483.3	-645.9	-645.9	-579.0	-580.9	-604.4	-602.0	-638.2	-636.8	-658.5	-658.3	-674.1	-671.4	-639.1	-639.0
71	-402.3	-407.1	-591.5	-597.7	-685.4	-681.1	-656.9	-655.4	-751.6	-743.1	-639.4	-630.1	-724.5	-719.3	-725.2	-721.2
80/E	-399.2	-402.7	-589.1	-590.2	-679.8	-675.4	-653.7	-653.5	-748.2	-742.1	-638.9	-630.6	-722.5	-718.5	-724.9	-721.5
74	-160.6	-168.0	-159.8	-165.6	-155.6	-157.3	-155.5	-160.4	-266.5	-272.1	-308.5	-328.0	-284.2	-292.4	-277.8	-284.5
30/0	-156.6	-166.8	-158.7	-163.5	-152.9	-156.6	-152.1	-158.7	-263.0	-270.4	-307.3	-326.2	-282.3	-291.2	-276.0	-284.5
77	-181.4	-179.7	-167.0	-166.8	-308.0	-308.8	-359.0	-362.7	-546.9	-535.5	-505.4	-508.0	-604.0	-601.6	-532.7	-531.4
45/F	-180.9	-178.2	-166.6	-166.7	-305.3	-305.8	-357.0	-359.4	-542.7	-530.8	-500.6	-499.0	-601.5	-598.7	-530.5	-527.7
81	-385.3	-372.8	-523.1	-519.6	-509.3	-498.0	-515.8	-509.8	-682.5	-667.1	-491.4	-482.0	-685.3	-676.3	-655.5	-650.8
60/RS	-385.5	-375.4	-522.7	-519.8	-498.7	-490.5	-511.8	-506.7	-672.8	-658.9	-492.0	-482.6	-681.9	-675.5	-655.2	-651.0
83	-192.4	-195.8	-179.3	-179.0	-404.8	-410.8	-594.7	-582.5	-521.2	-517.4	-349.4	-364.7	-483.9	-488.4	-354.5	-358.7
30/E	-187.1	-193.3	-180.4	-179.4	-403.9	-410.5	-570.4	-560.0	-509.0	-505.3	-349.4	-361.8	-483.8	-488.1	-354.2	-358.2
86	-289.7	-280.9	-499.1	-516.3	-597.9	-595.9	-572.4	-572.0	-514.5	-504.9	-423.3	-423.3	-397.4	-396.0	-411.6	-412.7
35/E	-287.5	-280.8	-494.4	-515.6	-596.7	-596.9	-564.4	-567.1	-497.2	-493.6	-422.3	-423.1	-395.3	-397.2	-410.2	-412.2
88	-179.5	-183.2	-673.8	-684.3	-598.0	-605.4	-643.3	-643.1	-683.1	-674.5	-692.6	-691.7	-688.7	-679.2	-673.1	-668.4
80/F	-174.2	-181.2	-673.3	-684.0	-588.1	-602.4	-637.0	-641.1	-676.5	-674.6	-689.7	-690.9	-680.9	-675.5	-668.3	-668.9
93	-192.8	-189.0	-494.7	-499.2	-510.3	-512.5	-502.8	-503.0	-353.2	-354.6	-281.6	-282.3	-274.8	-275.1	-236.6	-236.9
45/RS	-189.9	-186.9	-492.8	-498.6	-509.4	-512.1	-497.9	-500.7	-354.0	-356.0	-281.7	-283.8	-274.6	-276.4	-236.7	-238.7
97	-274.9	-279.9	-438.1	-467.8	-421.0	-443.5	-415.3	-442.1	-421.7	-445.4	-381.8	-405.6	-273.4	-276.4	-242.4	-244.2
45/0	-272.3	-279.7	-433.3	-463.8	-417.2	-439.8	-410.3	-439.1	-415.1	-440.8	-379.4	-401.9	-269.4	-270.9	-238.3	-242.1
101	-358.2	-354.1	-556.7	-549.2	-567.7	-561.5	-526.6	-528.3	-547.5	-542.5	-552.6	-544.8	-505.0	-496.2	-474.7	-468.3
80/RS	-357.6	-352.5	-556.5	-548.6	-566.7	561.7	-526.4	-528.8	-548.6	-543.7	-552.1	-545.1	-505.0	-496.6	-474.8	-468.8
103	-234.0	-235.0	-633.0	-640.7	-563.4	-565.5	-556.1	-560.6	-693.7	-696.4	-670.7	-674.4	-448.1	-452.1	-362.1	-363.9
35/F	-232.1	-233.3	-629.6	-638.2	-561.6	-564.8	-552.2	-556.8	-690.5	-695.3	-667.7	-674.7	-444.9	-451.4	-359.6	-364.7

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo CP N ^o	2 dias		9 dias		16 dias		23 dias		30 dias		37 dias		44 dias		51 dias	
	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2
104	-371.3	-400.2	-403.2	-417.5	-293.6	-318.4	-290.9	-307.3	-296.6	-311.6	-283.6	-296.8	-366.2	-395.4	-525.7	-542.7
30/RS	-368.8	-396.8	-400.1	-417.5	-291.2	-320.7	-290.8	-308.6	-298.0	-314.1	-283.5	-299.7	-368.0	-396.5	-525.6	-544.6
108	-352.3	-347.9	-715.7	-716.0	-658.1	-660.4	-693.8	-689.5	-575.4	-578.0	-723.4	-716.6	-641.4	-633.6	-715.1	-711.9
60/E	-349.3	-346.8	-714.5	-716.4	-657.5	-660.2	-693.7	-691.7	-568.1	-573.3	-722.2	-717.4	-637.3	-632.1	-715.1	-712.3
110	-173.8	-178.6	-325.1	-323.8	-387.6	-388.5	-513.4	-533.2	-484.8	-493.5	-522.8	-521.3	-561.2	-554.8	-565.5	-553.9
60/0	-172.4	-177.8	-322.6	-322.7	-387.2	-386.4	-511.2	-533.3	-483.4	-492.3	-518.5	-518.8	-557.3	-551.5	-564.4	-553.2
111	-157.3	-163.4	-369.2	-390.1	-330.7	-355.0	-280.3	-289.9	-281.6	-288.5	-240.4	-245.3	-233.3	-238.1	-208.2	-211.5
35/0	-154.3	-160.3	-365.7	-388.6	-328.1	-355.6	-279.3	-289.5	-277.7	-286.4	-238.1	-244.5	-229.8	-235.5	-206.7	-211.9
112	-188.5	-195.9	-728.1	-730.5	-563.9	-569.3	-461.9	-471.6	-458.6	-466.7	-449.1	-456.4	-402.7	-409.0	-400.7	-403.3
60/0	-185.4	-187.3	-725.0	-726.7	-564.3	-569.7	-460.5	-471.0	-453.2	-461.8	-446.8	-452.7	-401.3	-406.1	-400.2	-403.1
113	-183.2	-183.5	-253.3	-260.5	-240.3	-250.2	-243.2	-244.6	-228.9	-232.4	-223.7	-225.2	-172.0	-172.3	-259.1	-258.2
35/0	-178.4	-180.4	-248.1	-258.5	-240.1	-249.9	-239.8	-245.6	-226.2	-230.5	-221.3	-224.5	-168.3	-169.5	-256.5	-260.3
118	-183.9	-185.8	-682.7	-684.4	-663.0	-662.0	-655.6	-652.2	-634.1	-632.3	-654.3	-653.1	-658.9	-657.6	-544.4	-546.1
60/POZ	-183.2	-185.7	-682.1	-691.6	-661.3	-662.3	-653.2	-650.9	-634.0	-632.5	-654.6	-653.8	-659.1	-657.7	-544.7	-546.2
122	-342.8	-359.2	-328.6	-335.2	-313.6	-320.3	-314.8	-322.3	-276.5	-278.8	-256.4	-256.9	-248.6	-250.6	-259.5	-263.4
45/POZ	-343.1	-361.4	-329.1	-337.2	-313.3	-320.6	-314.4	-323.4	-276.1	-279.3	-256.7	-258.1	-249.1	-251.5	-259.8	-263.2
123	-193.8	-192.6	-160.2	-161.4	-193.5	-191.3	-208.8	-206.8	-158.4	-157.0	-168.1	-168.7	-239.9	-248.0	-222.8	-228.6
35/POZ	-189.6	-192.6	-158.3	-161.0	-193.1	-191.1	-208.6	-206.4	-158.6	-158.6	-168.6	-169.2	-241.2	-248.6	-222.9	-229.5
126	-523.1	-524.7	-534.8	-535.2	-563.8	-563.4	-613.8	-612.0	-607.8	-603.8	-550.5	-547.0	-557.3	-552.1	-569.3	-564.0
80/POZ	-520.4	-523.4	-532.6	-533.5	-563.3	-562.2	-613.7	-612.3	-607.4	-603.9	-550.4	-547.1	-557.2	-552.1	-569.6	-564.1
128	-184.2	-188.3	-175.1	-178.0	-207.2	-209.1	-210.3	-210.7	-200.3	-200.1	-222.4	-222.4	-177.8	-178.8	-203.1	-204.7
30/POZ	-180.3	-185.1	-173.8	-177.4	-207.5	-208.8	-210.8	-210.4	-201.1	-201.0	-222.2	-222.3	-178.0	-178.8	-203.2	-204.4
132	-632.4	-643.5	-423.0	-434.2	-522.1	-515.9	-477.2	-466.6	-505.4	-495.4	-519.6	-512.0	-478.5	-467.4	-471.2	-458.7
60/POZ	-632.3	-645.7	-421.7	-434.6	-518.8	-514.4	-476.3	-466.4	-504.1	-496.3	-519.7	-511.6	-478.4	-466.6	-471.3	-458.6
133	-603.9	-605.2	-347.2	-352.9	-374.7	-376.9	-364.6	-363.4	-373.2	-373.2	-366.0	-364.1	-383.2	-381.4	-389.8	-386.4
45/POZ	-600.1	-605.4	-347.3	-353.9	-374.3	-377.7	-364.8	-364.7	-373.2	-373.4	-366.2	-365.1	-383.1	-381.1	-389.9	-386.5
137	-282.4	-290.4	-219.3	-222.0	-195.1	-196.6	-239.5	-241.6	-230.0	-232.0	-314.8	-325.7	-301.0	-308.3	-286.2	-293.0
35/POZ	-284.8	-292.4	-220.8	-224.2	-196.7	-197.9	-240.8	-242.7	-230.9	-232.5	-314.6	-325.9	-301.6	-309.1	-287.2	-293.9
140	-587.0	-592.4	-570.8	-576.5	-497.7	-501.8	-641.2	-642.7	-591.1	-593.8	-616.9	-618.4	-620.4	-621.7	-638.2	-639.5
80/POZ	-584.1	-590.8	-571.8	-578.1	-495.8	-501.0	-641.4	-643.3	-591.5	-593.8	-616.8	-618.5	-620.6	-622.1	-638.3	-639.6
142	212.4	-220.4	-197.0	-199.4	-180.5	-180.1	-177.7	-179.0	-166.1	-165.7	-271.4	-276.9	-210.4	-215.0	-306.6	-318.4
30/POZ	-208.1	-216.1	-195.3	-198.1	-179.5	-178.7	-177.3	-178.6	-166.2	-166.0	-271.2	-276.7	-210.6	-215.2	-307.6	-318.6

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo	58 dias		65 dias		72 dias		79 dias		86 dias		93 dias		100 dias		107 dias	
CP N^o	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2
01	-647.9	-654.0	-629.3	-645.1	-631.5	-639.8	-534.3	-538.8	-576.0	-578.6	-570.5	-576.8	-570.9	-569.0	-573.6	-572.0
45/E	-641.7	-649.4	-621.8	-640.9	-625.1	-636.7	-528.2	-534.5	-568.9	-575.9	-564.0	-574.5	-567.3	-566.3	-570.5	-571.7
05	-605.4	-599.5	-637.4	-636.8	-652.9	-649.3	-595.4	-597.2	-604.3	-605.8	-617.5	-616.0	-624.1	-619.1	-626.8	-622.9
60/F	-594.5	-596.7	-630.7	-634.7	-643.2	-645.7	-590.0	-596.1	-600.7	-606.1	-613.6	-615.0	-620.5	-618.1	-624.8	-622.1
06	-125.9	-124.8	-133.0	-135.9	-131.0	-132.0	-85.5	-96.6	-80.6	-90.1	-104.7	-106.1	-109.8	-105.8	-107.6	-106.5
35/RS	-124.1	-123.3	-129.2	-135.1	-127.6	-132.0	-89.9	-98.2	-81.9	-90.1	-104.7	-106.1	-109.6	-106.5	-108.0	-106.4
09	-195.1	-198.6	-246.2	-247.4	-254.8	-254.1	-176.6	-177.1	-220.5	-225.9	-233.7	-236.5	-255.4	-254.8	-269.5	-265.4
30/F	-189.1	-197.1	-239.8	-250.4	-246.2	-258.9	-174.2	-179.9	-216.6	-228.0	-232.1	-237.9	-253.4	-255.6	-267.6	-269.3
11	-515.8	-514.1	-541.5	-536.0	-577.8	-570.4	-509.0	-492.9	-530.6	-520.7	-534.5	-520.8	-549.7	-537.1	-568.5	-559.0
80/0	-512.9	-512.2	-538.4	-536.7	-575.1	-569.2	-506.8	-492.8	-529.8	-519.0	-532.1	-520.1	-548.2	-536.3	-567.5	-558.5
17	-704.4	-702.8	-717.8	-717.7	-698.8	-699.7	-658.4	-656.4	-664.7	-663.8	-659.2	-657.4	-665.6	-663.1	-674.6	-671.8
80/E	-703.2	-703.4	-715.9	-719.5	-697.6	-700.4	-658.6	-657.0	-665.1	-664.1	-659.2	-657.6	-665.7	-663.4	-673.9	-672.7
20	-118.4	-117.1	-115.2	-117.2	-131.6	-128.3	-78.8	-81.8	-79.6	-86.7	-96.8	-97.4	-105.3	-100.2	-103.1	-97.0
30/0	-117.3	-118.3	-115.5	-119.0	-126.8	-129.3	-79.5	-83.9	-81.7	-88.3	-97.3	-98.5	-105.0	-105.4	-103.9	-97.5
23	-461.8	-462.7	-465.3	-469.7	-448.6	-452.4	-414.7	-415.9	-436.9	-439.4	-294.4	-296.0	-316.9	-317.0	-345.9	-345.3
45/F	-461.3	-461.3	-465.7	-469.7	-448.1	-450.8	-414.4	-416.5	-436.4	-439.4	-293.6	-295.5	-318.0	-318.2	-346.3	-345.3
27	-293.4	-294.8	-277.5	-278.8	-272.8	-274.4	-190.0	-191.4	-202.8	-204.2	-205.9	-206.7	-208.4	-210.3	-206.1	-207.0
60/RS	-293.9	-296.7	-278.0	-279.7	-273.5	-275.8	-190.6	-191.8	-204.6	-205.6	-206.4	-207.4	-210.6	-212.1	-206.9	-207.8
28	-210.3	-210.3	-225.6	-226.7	-213.2	-213.7	-179.2	-179.9	-192.4	-192.4	-196.6	-197.6	-211.5	-209.1	-216.5	-213.7
30/E	-209.9	-210.4	-226.1	-227.7	-213.0	-215.5	-179.2	-179.8	-193.2	-193.4	-197.7	-198.2	-213.0	-211.9	-217.4	-214.2
32	-551.1	-554.2	-552.4	-558.3	-263.3	-264.9	-274.1	-276.3	-276.5	-279.6	-280.8	-279.4	-306.7	-309.6	-295.9	-294.9
35/E	-544.0	-552.1	-549.8	-558.0	-262.1	-264.9	-274.7	-277.5	-276.7	-281.0	-279.5	-279.6	-302.6	-305.5	-295.3	-294.0
33	-564.5	-579.1	-560.2	-571.7	-437.9	-454.5	-488.3	-502.8	-484.1	-498.7	-481.4	-493.8	-535.4	-545.2	-511.5	-518.5
80/F	-562.4	-578.4	-559.6	-570.8	-435.8	-453.8	-488.6	-502.9	-484.6	-499.0	-481.6	-494.0	-535.2	-545.3	-511.4	-518.6
40	-257.8	-259.5	-261.4	-264.8	-178.7	-184.4	-215.5	-223.6	-231.9	-232.0	-245.2	-247.7	-264.1	-267.3	-243.3	-244.1
45/RS	-256.3	-261.0	-260.8	-265.7	-179.1	-185.0	-215.3	-223.1	-231.4	-236.7	-245.2	-247.9	-264.2	-267.5	-243.2	-244.2
42	-331.7	-335.1	-281.9	-286.0	-198.8	-195.3	-200.3	-200.3	-211.4	-214.4	-209.2	-207.4	-208.7	-211.8	-204.6	-204.9
45/0	-326.7	-332.7	-290.6	-285.2	-197.0	-194.7	-200.0	-200.2	-209.8	-212.9	-207.9	-207.1	-208.8	-211.8	-202.6	-204.8
47	-494.4	-486.5	-493.3	-484.9	-423.0	-416.8	-478.9	-471.8	-496.2	-485.8	-500.5	-491.0	-502.6	-491.8	-504.6	-493.1
80/RS	-494.8	-488.0	-492.8	-485.5	-423.1	-417.4	-479.5	-472.3	-496.3	-486.3	-501.4	-491.6	-503.3	-492.1	-505.6	-494.0
49	-297.2	-299.9	-257.0	-261.0	-162.8	-165.1	-159.9	-160.5	-167.3	-166.1	-168.5	-161.6	-171.8	-163.3	-163.7	-154.3
35/F	-293.1	-297.8	-257.2	-260.1	-161.1	-163.9	-160.8	-160.7	-167.0	-165.3	-166.9	-160.6	-171.5	-163.1	-162.8	-153.6
52	-363.9	-408.3	-377.2	-424.3	-541.6	-554.2	-287.1	-310.7	-295.2	-315.0	-313.7	-331.3	-314.9	-335.2	-297.4	-314.7
30/RS	-364.2	-409.1	-376.6	-423.8	-542.7	-554.9	-288.0	-311.3	-295.7	-315.1	-315.2	-333.8	-315.2	-335.2	-298.3	-314.9

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo	58 dias		65 dias		72 dias		79 dias		86 dias		93 dias		100 dias		107 dias			
	CP N ^o	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	
54	-643.0	-643.4	-649.2	-646.3	-625.5	-627.6	-626.6	-629.5	-613.8	-614.8	-620.7	-619.4	-630.1	-630.9	-615.1	-616.0		
60/E	-643.0	-644.0	-648.4	-646.7	-625.9	-628.1	-626.8	-629.5	-613.8	-614.8	-621.7	-621.3	-630.2	-631.5	-615.4	-616.2		
56	-530.4	-531.3	-495.5	-496.6	-441.1	-438.0	-452.0	-449.8	-474.7	-471.1	-501.8	-492.7	-509.2	-501.5	-488.8	-478.8		
45/E	-528.9	-531.4	-493.5	-496.1	-442.2	-438.0	-452.0	-450.0	-473.6	-470.2	-501.1	-494.0	-508.5	-501.7	-487.2	-478.8		
59	-513.7	-523.8	-495.1	-502.4	-397.1	-407.2	-493.1	-503.1	-628.8	-630.5	-664.4	-666.6	-661.6	-652.5	-610.3	-612.0		
60/F	-511.6	-522.7	-493.4	-502.3	-395.9	-406.8	-489.7	-499.9	-626.5	-628.9	-661.2	-664.3	-658.5	-652.1	-608.5	-610.9		
60	-582.5	-590.8	-608.5	-616.8	-535.1	-546.2	-606.1	-615.7	-607.2	-615.4	-540.5	-548.9	-574.6	-577.9	-548.2	-551.4		
35/RS	-582.6	-591.8	-607.8	-617.0	-535.6	-547.0	-606.2	-616.1	-607.3	-615.7	-541.0	-549.7	-575.1	-578.7	-548.6	-552.1		
64	-282.3	-293.6	-352.8	-368.1	-344.9	-362.0	-318.2	-336.1	-333.3	-346.1	-320.9	-333.5	-309.2	-319.2	-297.2	-306.2		
30/F	-283.7	-293.6	-351.7	-367.3	-342.2	-360.1	-318.3	-336.6	-333.6	-346.7	-323.4	-336.4	-310.5	-319.6	-297.8	-307.6		
67	-646.7	-648.4	-594.1	-592.8	-562.1	-563.3	-572.0	-571.9	-571.9	-571.5	-590.7	-590.0	-586.8	-584.8	-581.2	-578.9		
80/0	-645.1	-648.1	-592.0	-592.0	-562.3	-563.5	-571.3	-571.6	-571.3	-571.2	-589.9	-590.8	-586.8	-584.8	-579.7	-578.8		
71	-704.3	-702.5	-650.9	-651.6	-671.5	-671.8	-653.5	-653.5	-663.0	-663.9	-663.7	-665.9	-649.7	-647.2	-646.7	-644.1		
80/E	-702.7	-702.9	-650.5	-651.6	-671.3	-671.7	-653.3	-653.9	-663.3	-664.3	-664.7	-665.9	-651.4	-647.8	-647.4	-645.3		
74	-264.2	-270.3	-353.1	-373.9	-405.5	-442.5	-400.7	-434.7	-378.3	-398.6	-360.9	-371.5	-367.3	-381.5	-319.5	-322.7		
30/0	-264.3	-270.2	-354.4	-374.8	-406.6	-445.4	-401.5	-435.4	-378.2	-400.2	-361.0	-372.0	-367.5	-382.0	-319.9	-323.4		
77	-546.4	-540.9	-459.5	-448.1	-458.6	-456.3	-456.4	-450.4	-450.4	-444.6	-495.2	-487.0	-489.0	-479.3	-481.2	-472.7		
45/F	-546.5	-540.1	-460.1	-448.4	-459.2	-456.3	-455.9	-449.6	-450.0	-444.1	-495.5	-485.5	-488.8	-479.0	-481.4	-472.8		
81	-647.8	-644.7	-570.8	-562.6	-576.2	-568.3	-577.1	-572.3	-591.1	-585.1	-584.1	-576.8	-564.3	-556.3	-551.8	-545.1		
60/RS	-648.0	644.9	-570.9	-562.5	-576.0	-568.2	-577.2	-572.3	-591.5	-585.5	-584.3	-577.6	-564.4	-556.6	-553.0	-545.7		
83	-316.2	-317.9	-205.1	-203.0	-204.9	-204.7	-192.7	-192.8	-192.7	-191.6	-200.3	-198.9	-188.8	-186.8	-166.9	-165.4		
30/E	-316.1	-317.9	-205.3	-203.7	-205.6	-204.9	-193.0	-193.5	-193.0	-191.9	-201.4	-199.8	-189.3	-186.8	-167.8	-166.6		
86	-332.4	-333.6	-394.8	-404.4	-619.5	-623.7	-664.8	-666.9	-670.1	-671.6	-654.1	-654.3	-646.0	-647.2	-544.3	-548.4		
35/E	-331.3	-333.9	-395.1	-406.0	-619.9	-623.0	-664.9	-667.2	-670.9	-672.7	-654.2	-654.9	-644.5	-647.2	-544.5	-549.4		
88	-655.5	-658.0	-614.9	-607.8	-627.6	-624.8	-618.6	-619.0	-632.4	-636.3	-629.7	-629.8	-620.6	-622.1	-593.6	-595.3		
80/F	-654.4	-658.1	-612.2	-607.8	-625.6	-625.4	-617.4	-619.1	-631.6	-636.5	-629.2	-630.0	-617.4	-622.3	-590.5	-595.3		
93	-250.2	-249.9	-234.6	-237.1	-230.5	-235.6	-228.0	-229.9	-232.4	-235.2	-221.0	-218.7	-205.9	-205.6	-200.4	-199.6		
45/RS	-250.1	-251.2	-235.2	-237.8	-231.5	-236.1	-228.3	-230.6	-233.8	-236.4	-220.9	-218.9	-206.2	-206.4	-200.8	-199.9		
97	-224.1	-224.6	-126.9	-121.8	-132.9	-134.9	-153.8	-160.2	-173.0	-174.5	-187.6	-179.2	-172.8	-162.7	-162.8	-154.2		
45/0	-222.9	-224.2	-127.3	-121.9	-132.7	-134.8	-155.6	-157.3	-171.5	-172.9	-187.7	-178.8	-170.6	-161.5	-159.9	-152.6		
101	-466.3	-466.4	-425.1	-427.4	-445.1	-445.5	-457.4	-451.5	-467.7	-461.8	-470.3	-465.8	-482.2	-481.1	-510.5	-513.2		
80/RS	-466.1	-466.5	-425.2	-427.6	-445.3	-445.6	-457.9	-453.0	-468.0	-462.4	-470.3	-465.9	-482.5	-481.6	-511.0	-513.2		
103	-379.4	-387.2	-498.7	-507.4	-603.4	-611.7	-568.1	-576.4	-519.3	-527.6	-551.4	-556.7	-468.1	-474.7	-556.6	-563.6		
35/F	-379.1	-387.5	-498.9	-508.9	-603.4	-611.3	-567.8	-578.0	-518.5	-527.4	-550.9	-556.7	-466.5	-474.2	-555.9	-565.0		

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo	58 dias		65 dias		72 dias		79 dias		86 dias		93 dias		100 dias		107 dias	
	CP N ^o	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1
104	-433.8	-460.3	-252.1	-270.0	-345.5	-368.8	-325.3	-344.7	-432.5	-437.6	-469.7	-473.2	-550.3	-551.3	-382.2	-384.2
30/RS	-436.0	-461.6	-253.5	-270.6	-347.7	-371.0	-326.2	-345.0	-432.9	-438.9	-469.7	-479.4	-550.9	-552.4	-383.3	-385.5
108	-708.3	-703.3	-632.2	-630.8	-610.0	-606.6	-624.0	-622.1	-602.9	-598.2	-600.5	-592.8	-591.9	-582.9	-565.9	-557.3
60/E	-707.3	-703.8	-632.7	-630.9	-610.6	-607.0	-623.7	-622.4	-603.7	-599.3	-601.9	-595.0	-592.2	-583.3	-566.0	-557.7
110	-557.7	-548.7	-477.6	-465.8	-505.2	-492.8	-517.4	-506.7	-528.7	-516.9	-548.8	-535.5	-534.7	-515.8	-495.6	-479.3
60/0	-557.6	-548.7	-478.2	-465.6	-504.9	-492.2	-517.9	-506.7	-528.3	-516.5	-548.9	-535.2	-535.1	-516.2	-494.5	-479.7
111	-217.8	-220.6	-279.0	-286.7	-207.0	-215.1	-232.8	-238.2	-244.4	-247.3	-261.8	-267.6	-385.1	-399.4	-401.9	-418.4
35/0	-217.6	-220.8	-280.3	-287.9	-207.2	-215.4	-232.5	-239.4	-244.0	-247.9	-262.3	-267.6	-385.5	-400.1	-401.7	-419.6
112	-525.0	-510.8	-562.6	-544.4	-562.4	-550.0	-529.1	-517.4	-525.7	-515.0	-526.7	-517.1	-524.9	-517.3	-514.0	-509.9
60/0	-524.0	-509.1	-563.5	-545.2	-563.0	-550.7	-529.2	-517.2	-525.8	-516.0	-527.6	-518.4	-523.8	-516.4	-514.0	-509.8
113	-281.2	-284.3	-123.2	-125.1	-159.9	-159.6	-160.0	-159.5	-182.7	-178.3	-187.5	-182.6	-183.1	-177.7	-109.2	-104.8
35/0	-279.0	-284.4	-124.1	-125.5	-160.5	-160.0	-160.7	-159.6	-183.7	-180.3	-187.5	-183.6	-182.5	-177.8	-109.1	-105.6
118	-598.8	-600.4	-611.7	-613.5	-637.1	-637.2	-633.5	-633.4	-626.7	-627.7	-624.8	-624.0	-622.9	-622.9	-616.1	-616.1
60/POZ	-598.7	-600.4	-612.5	-614.1	-637.7	-638.1	-633.7	-633.3	-628.0	-628.4	-625.3	-624.6	-623.2	-623.0	-615.9	-616.3
122	-251.9	-254.3	-294.4	-252.3	-255.2	-256.8	-248.8	-251.3	-254.2	-257.6	-237.1	-239.8	-238.7	-239.4	-260.2	-264.3
45/POZ	-252.5	-254.8	-294.4	-252.6	-255.8	-257.2	-250.4	-252.6	-254.5	-257.8	-238.1	-240.3	-239.3	-240.3	-261.3	-265.2
123	-163.3	-164.8	-157.7	-157.4	-228.9	-232.1	-241.0	-244.6	-222.1	-223.0	-196.6	-195.0	-162.9	-162.8	-156.0	-155.2
35/POZ	-164.9	-165.8	-159.2	-158.4	-229.3	-232.6	-242.0	-245.0	-225.2	-224.1	-196.3	-195.0	-163.5	-163.0	-156.0	-155.1
126	-589.1	-585.0	-596.7	-592.3	-590.8	-585.1	-598.3	-594.0	-600.9	-595.1	-601.1	-596.3	-601.8	-597.6	-601.8	-597.1
80/POZ	-589.4	-586.0	-596.8	-592.3	-591.0	-585.8	-598.6	-593.7	-601.0	-595.5	-601.6	-596.8	-602.1	-597.5	-601.7	-597.5
128	-159.7	-160.5	-221.7	-222.5	-230.9	-231.4	-231.4	-230.8	-162.4	-160.5	-138.1	-134.8	-150.5	-148.3	-140.7	-138.7
30/POZ	-160.4	-161.1	-222.4	-223.0	-231.2	-231.3	-232.1	-231.0	-164.1	-161.7	-138.4	-135.6	-151.5	-149.3	-141.3	-139.0
132	-479.4	-466.4	-506.7	-496.6	-517.2	-508.8	-521.8	-512.9	-539.3	-532.0	-515.2	-505.6	-506.2	-496.1	-505.4	-494.4
60/POZ	-480.0	-466.0	-507.2	-497.0	-517.7	-508.9	-521.6	-511.7	-540.4	-532.6	-519.1	-506.9	-507.0	-496.3	-505.4	-494.2
133	-371.4	-368.0	-378.4	-373.5	-380.1	-376.2	-366.9	-362.6	-352.6	-349.1	-345.9	-343.1	-318.4	-316.2	-304.2	-304.6
45/POZ	-371.0	-368.5	-379.7	-374.6	-381.0	-377.2	-367.3	-363.0	-353.6	-349.1	-347.8	-344.4	-319.5	-317.1	-304.4	-305.0
137	-267.7	-270.9	-285.8	-291.9	-241.0	-243.0	-220.7	-221.2	-198.2	-198.6	-184.0	-183.9	-168.7	-168.4	-157.0	-156.3
35/POZ	-268.8	-272.2	-286.9	-292.9	-241.2	-243.2	-221.4	-222.4	-200.3	-200.0	-185.5	-184.8	-169.0	-168.7	-157.7	-156.5
140	-632.4	-633.3	-634.1	-634.6	-626.6	-627.1	-620.0	-321.0	-625.9	-626.2	-632.8	-633.3	-625.1	-626.2	-620.4	-621.3
80/POZ	-633.1	-633.7	-634.3	-634.6	-626.7	-627.3	-620.3	-321.2	-626.4	-627.0	-633.0	-633.0	-625.2	-626.2	-620.5	-621.4
142	-257.6	-260.8	-215.1	-215.3	-189.7	-189.0	-157.3	-156.3	-155.9	-152.9	-144.8	-143.9	-139.4	-137.8	-122.6	-121.7
30/POZ	-258.4	-261.5	-215.4	-215.7	-190.1	-189.2	-158.5	-157.4	-156.3	-153.5	-145.1	-144.5	-140.2	-138.5	-123.6	-122.5

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo CP N ^o	114 dias		121 dias		128 dias		135 dias		142 dias		149 dias		156 dias		163 dias	
	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2
01 45/E	-550.3	-544.5	-560.2	-556.0	-624.3	-629.6	-634.9	-644.1	-613.1	-621.9	-593.9	-598.1	-569.1	-576.0	-553.8	-582.3
	-548.1	-540.6	-557.4	-554.7	-619.4	-627.2	-630.2	-642.3	-609.1	-618.7	-589.6	-596.1	-565.6	-573.6	-552.5	-578.0
05 60/F	-617.8	-614.3	-639.6	-633.6	-644.1	-643.7	-614.9	-620.3	-619.4	-617.0	-574.4	-580.3	-528.5	-538.8	-545.5	-557.4
	-615.6	-614.2	-636.7	-633.0	-640.0	-643.3	-610.6	-620.7	-612.2	-616.7	-571.4	-579.7	-524.1	-537.1	-543.2	-555.7
06 35/RS	-102.6	-100.0	-189.3	-183.2	-157.7	-147.9	-138.3	-130.3	-130.1	-120.3	-126.8	-112.8	-94.2	-98.3	-90.8	-93.2
	-102.4	-100.8	-186.4	-183.0	-155.3	-148.6	-136.9	-131.0	-129.9	-117.9	-125.1	-110.6	-93.8	-98.8	-90.5	-93.3
09 30/F	-254.8	-251.6	-260.6	-259.9	-215.2	-208.5	-193.4	-186.8	-183.8	-180.5	-163.8	-155.1	-143.5	-133.5	-150.4	-140.8
	-252.3	-251.3	-258.3	-261.3	-211.9	-210.4	-191.4	-187.6	-181.5	-181.4	-160.9	-156.6	-142.7	-133.2	-146.5	-141.0
11 80/0	-561.9	-549.1	-553.9	-539.8	-531.5	-521.3	-528.6	-515.2	-532.2	-506.5	-531.4	-516.1	-525.9	-507.5	-531.6	-515.8
	-558.6	-547.9	-550.9	-539.2	-530.8	-521.2	-526.3	-514.4	-521.3	-505.8	-529.0	-515.1	-524.2	-507.3	-530.4	-514.8
17 80/E	-668.7	-664.7	-666.0	-663.6	-665.8	-662.4	-662.9	-660.7	-660.1	-658.0	-667.8	-666.3	-653.9	-649.9	-654.9	-654.3
	-668.7	-665.1	-665.8	-664.4	-666.0	-662.8	-663.8	-661.4	-660.4	-658.8	-668.0	-666.6	-654.4	-649.9	-655.6	-655.5
20 30/0	-109.8	-99.9	-96.0	-85.4	-84.3	-76.9	-85.3	-79.6	-75.9	-72.0	-91.4	-80.7	-74.8	-67.2	-87.1	-76.2
	-109.0	-100.4	-96.2	-85.8	-84.9	-77.7	-85.1	-80.0	-76.7	-73.4	-89.7	-81.5	-74.9	-68.0	-86.0	-76.6
23 45/F	-307.5	-307.0	-353.9	-354.8	-444.8	-457.2	-538.9	-552.8	-419.8	-434.4	-422.9	-444.8	-445.1	-467.1	-454.5	-477.6
	-307.7	-306.9	-353.8	-354.7	-447.0	-459.3	-539.6	-552.2	-419.4	-434.3	-424.2	-445.2	-445.7	-466.9	-455.4	-477.8
27 60/RS	-208.7	-208.5	-253.2	-254.3	-309.5	-316.9	-320.2	-325.9	-316.8	-322.3	-324.5	-331.9	-331.0	-339.2	-337.8	-347.2
	-208.4	-209.0	-253.6	-255.3	-312.2	-318.8	-321.4	-327.5	-317.7	-322.7	-326.0	-332.6	-332.1	-340.2	-338.9	-348.9
28 30/E	-211.8	-207.6	-160.2	-155.3	-176.9	-177.4	-183.4	-182.4	-151.1	-147.2	-139.0	-137.5	-128.9	-128.0	-126.7	-125.0
	-212.0	-207.6	-160.6	-156.3	-179.6	-179.7	-184.2	-183.8	-151.8	-147.6	-139.6	-138.3	-128.0	-128.5	-128.3	-126.2
32 35/E	-307.6	-307.4	-312.1	-313.5	-295.6	-297.1	-277.9	-277.4	-265.5	-265.1	-348.6	-367.8	-350.5	-366.5	-383.4	-391.8
	-305.4	-308.0	-310.3	-313.1	-295.2	-298.6	-276.4	-277.4	-265.7	-266.1	-347.9	-367.4	-350.2	-367.1	-381.5	-394.4
33 80/F	-547.1	-555.0	-536.9	-544.2	-531.6	-539.2	-543.8	-550.1	-532.3	-537.1	-515.8	-525.0	-519.2	-519.9	-516.8	-515.2
	-546.8	-555.6	-537.1	-544.9	-531.9	-539.6	-544.2	-550.5	-533.6	-538.4	-515.7	-524.3	-519.4	-519.7	-518.0	-516.1
40 45/RS	-221.8	-221.4	-167.5	-168.5	-167.6	-167.0	-171.6	-168.6	-155.6	-152.7	-134.5	-139.3	-129.9	-132.4	-122.1	-121.2
	-221.8	-221.8	-167.6	-169.6	-168.0	-167.9	-171.2	-169.0	-155.9	-153.5	-134.8	-139.7	-130.4	-133.0	-123.5	-122.5
42 45/0	-197.3	-198.1	-185.6	-188.8	-213.2	-214.7	-244.7	-242.1	-211.5	-214.2	-238.9	-250.1	-284.3	-298.2	-216.1	-215.3
	-195.8	-198.8	-184.7	-188.1	-211.6	-213.8	-242.2	-241.0	-210.0	-209.8	-237.4	-247.0	-284.8	-296.9	-215.6	-215.7
47 80/RS	-517.6	-507.5	-536.9	-525.8	-538.6	-528.1	-538.8	-529.7	-535.7	-524.1	-523.6	-512.0	-527.4	-517.9	-533.8	-522.5
	-518.7	-508.6	-537.4	-526.0	-539.0	-528.8	-539.5	-530.2	-535.7	-524.5	-524.1	-512.5	-528.8	-518.2	-534.6	-523.2
49 35/F	-163.6	-154.0	-177.6	-162.5	-206.5	-194.1	-215.1	-208.4	-204.7	-191.1	-179.9	-169.2	-181.3	-177.6	-174.6	-171.8
	-159.2	-152.9	-176.0	-161.8	-202.7	-192.9	-214.3	-208.0	-203.3	-191.4	-177.3	-168.2	-178.5	-176.9	-172.1	-171.5
52 30/RS	-265.5	-273.9	-253.7	-262.7	-240.3	-248.3	-242.1	-252.1	-277.3	-294.3	-250.1	-262.0	-233.8	-244.8	-189.2	-194.5
	-266.2	-274.4	-254.8	-263.8	-240.7	-248.8	-243.9	-253.8	-279.1	-295.2	-250.5	-263.2	-235.6	-245.9	-190.1	-195.8

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo CP N ^o	114 dias		121 dias		128 dias		135 dias		142 dias		149 dias		156 dias		163 dias	
	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2
54	-616.7	-619.1	-567.9	-577.8	-585.6	-590.2	-567.9	-574.6	-576.9	-579.4	-569.1	-574.2	-572.9	-576.1	-587.0	-589.2
60/E	-617.5	-619.8	-568.7	-578.4	-585.8	-590.7	-568.8	-575.0	-577.6	-580.6	-570.7	-575.0	-574.6	-577.7	-588.7	-590.7
56	-497.7	-490.6	-493.1	-490.1	-479.5	-475.3	-470.3	-464.5	-474.1	-466.2	-473.2	-463.6	-464.1	-454.2	-480.8	-476.3
45/E	-496.9	-490.1	-492.0	-490.9	-479.3	-475.6	-470.6	-464.7	-473.8	-467.1	-472.4	-464.4	-464.3	-454.7	-481.5	-477.1
59	-589.1	-590.8	-546.0	-549.4	-583.9	-581.2	-564.0	-561.6	-545.8	-552.5	-484.0	-479.0	-508.1	-506.7	-521.5	-519.7
60/F	-586.5	-589.4	-545.2	-549.2	-581.2	-580.8	-562.2	-561.9	-542.3	-550.7	-472.2	-477.2	-509.1	-508.5	-519.6	-518.7
60	-474.2	-481.2	-406.9	-414.9	-374.0	-381.8	-351.8	-358.1	-341.9	-348.9	-313.2	-317.4	-301.2	-303.5	-292.1	-295.0
35/RS	-474.3	-482.1	-406.7	-415.3	-374.4	-382.3	-351.6	-358.1	-342.5	-349.8	-314.2	-318.6	-302.2	-304.9	-293.5	-296.2
64	-269.0	-272.8	-259.7	-269.4	-242.1	-250.3	-203.0	-207.3	-217.4	-224.4	-198.9	-205.8	-208.0	-214.7	-238.9	-244.8
30/F	-270.5	-274.1	-263.5	-272.1	-244.0	-251.2	-203.7	-207.8	-218.5	-225.5	-200.4	-207.3	-210.7	-215.7	-241.2	-247.0
67	-565.5	-566.3	-560.4	-563.0	-553.2	-555.8	-557.2	-557.4	-577.5	-579.1	-563.3	-564.4	-564.9	-564.1	-562.5	-559.6
80/0	-564.2	-566.9	-560.7	-564.3	-553.0	-555.1	-556.8	-557.6	-577.0	-579.1	-562.8	-565.1	-565.1	-564.8	-562.6	-560.2
71	-645.2	-644.8	-638.6	-636.7	-629.7	-626.2	-630.8	-628.6	-615.5	-611.9	-613.6	-610.4	-605.3	-600.9	622.4	604.9
80/E	-646.0	-644.9	-640.0	-637.4	-630.1	-626.8	-631.0	-629.0	-616.0	-612.1	-614.7	-611.0	-606.7	-601.7	618.6	606.0
74	-303.1	-305.9	-317.0	-322.4	-278.0	-278.3	-243.4	-240.7	-196.2	-182.7	-248.8	-249.5	264.0	267.1	253.0	253.4
30/0	-303.2	-306.8	-317.4	-323.1	-279.0	-279.4	-243.3	-241.2	-185.1	-184.3	-249.2	-253.2	265.8	268.2	256.3	256.2
77	-466.1	-457.8	-473.2	-464.7	-477.6	-470.1	-481.1	-471.0	-414.2	-408.0	-463.2	-458.1	463.6	458.5	475.5	469.1
45/F	-466.0	-457.1	-473.8	-464.0	-476.5	-469.7	-480.5	-471.5	-417.3	-413.9	-463.7	-458.2	465.0	458.7	478.1	469.8
81	-545.2	-539.3	-531.8	-525.3	-525.3	-518.6	-509.2	-501.9	-493.2	-485.2	-494.8	-488.5	489.4	485.5	514.6	513.3
60/RS	-545.3	-539.3	-531.8	-525.8	-525.6	-518.7	-509.5	-502.2	-493.4	-485.6	-494.9	-488.8	490.0	486.1	515.0	513.6
83	-197.3	-194.6	-213.0	-212.5	-241.6	-242.1	-224.2	-224.7	-208.4	-207.4	-202.9	-204.0	212.8	215.2	212.3	214.6
30/E	-197.7	-195.3	-213.6	-213.0	-242.0	-242.1	-225.5	-226.5	-208.7	-208.2	-204.2	-204.5	214.5	216.0	214.0	215.8
86	-553.3	-555.0	-572.2	-568.6	-549.9	-549.2	-534.7	-537.9	-546.8	-551.1	-504.3	-517.9	-505.7	-517.8	-525.7	-528.0
35/E	-553.1	-555.0	-572.6	-569.2	-550.8	-549.8	-535.3	-538.9	-548.2	-553.3	-505.5	-519.6	-506.8	-519.6	-526.9	-531.5
88	-570.5	-577.6	-570.4	-578.3	-562.0	-567.5	-588.4	-585.8	-567.8	-576.3	-569.0	-572.1	-558.2	-562.2	-564.7	-571.4
80/F	-569.5	-578.0	-569.6	-578.5	-559.8	-567.6	-582.4	-586.0	-565.4	-577.0	-567.6	-572.1	-556.7	-562.7	-562.7	-571.9
93	-212.2	-212.2	-231.0	-232.1	-313.0	-323.5	-322.6	-332.1	-327.8	-339.5	-332.3	-343.7	-352.4	-366.0	-340.5	-350.8
45/RS	-212.5	-213.5	-231.5	-233.1	-313.4	-324.1	-322.7	-334.1	-328.9	-340.6	-333.8	-344.9	-354.0	-367.3	-342.0	-352.8
97	-150.2	-140.1	-142.2	-131.6	-127.8	-121.9	-106.9	-104.2	-102.7	-99.4	-303.3	-293.0	-312.2	-302.8	-295.5	-285.3
45/0	-149.4	-139.7	-140.5	-130.8	-127.5	-121.8	-105.6	-102.7	-101.7	-98.8	-302.3	-292.7	-312.0	-302.7	-294.7	-284.9
101	-508.7	-511.8	-526.5	-533.9	-512.7	-519.4	-511.0	-517.5	-502.3	-509.0	-499.4	-507.3	-488.4	-498.3	-474.6	-487.3
80/RS	-508.9	-512.0	-526.5	-534.0	-512.9	-519.9	-511.3	-517.8	-502.8	-510.2	-499.4	-507.8	-488.8	-498.9	-475.4	-488.0
103	-526.4	-533.1	-519.4	-527.5	-504.1	-513.8	-460.4	-470.5	-422.0	-428.8	-418.2	-458.4	-421.3	-430.8	-456.0	-471.6
35/F	-526.4	-533.5	-519.5	-528.5	-504.2	-514.7	-460.2	-471.0	-421.6	-429.9	-417.8	-460.1	-422.2	-431.7	-456.5	-473.9

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 1ª PARTE

Tempo CP N ^o	114 dias		121 dias		128 dias		135 dias		142 dias		149 dias		156 dias		163 dias	
	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2
104	-302.0	-312.8	-256.1	-267.5	-236.5	-240.0	-222.7	-231.4	-190.4	-203.3	-192.3	-196.4	-269.7	-281.9	-228.6	-233.4
30/RS	-306.2	-315.0	-258.0	-268.9	-238.2	-241.1	-223.2	-212.8	-190.8	-203.7	-194.7	-197.6	-272.5	-284.3	-230.8	-234.7
108	-529.9	-520.3	-528.4	-516.9	-510.0	-497.1	-423.7	-409.5	-504.6	-491.1	-497.1	-483.5	-499.2	-486.0	-503.5	-489.3
60/E	-531.2	-522.3	-528.3	-517.4	-510.9	-497.2	-420.7	-409.6	-504.2	-491.9	-497.7	-484.7	-500.5	-486.9	-503.8	-490.2
110	-487.8	-474.1	-482.2	-467.5	-482.6	-464.2	-478.9	-463.4	-471.3	-460.0	-472.1	-461.1	-465.0	-454.9	-464.6	-453.8
60/0	-487.7	-473.9	-482.0	-467.6	-482.7	-464.7	-478.9	-464.0	-471.7	-460.7	-472.5	-461.0	-466.8	-456.0	-464.3	-454.2
111	-339.8	-345.2	-237.1	-236.7	-211.5	-209.7	-209.9	-209.8	-196.5	-197.1	-207.7	-212.3	-197.2	-197.8	-262.3	-264.1
35/0	-340.1	-345.5	-237.0	-236.9	-211.9	-210.0	-210.0	-210.2	-196.0	-197.7	-208.1	-213.2	-199.1	-199.8	-262.5	-264.8
112	-514.8	-510.2	-505.4	-499.5	-501.4	-495.9	-509.6	-507.9	-507.7	-503.6	-526.9	-523.5	-531.0	-529.7	-536.6	-536.2
60/0	-514.7	-511.6	-505.1	-500.5	-500.9	-496.4	-509.1	-507.9	-503.8	-502.6	-527.5	-524.3	-531.0	-529.3	-538.0	-535.6
113	-138.0	-133.2	-143.1	-136.5	-135.1	-135.5	-134.6	-133.9	-121.3	-124.2	-131.4	-126.0	-137.6	-137.1	-140.0	-134.5
35/0	-140.5	-134.7	-143.5	-136.5	-136.0	-136.2	-135.2	-135.5	-121.4	-125.0	-132.9	-127.0	-138.9	-138.3	-141.3	-135.1
118	-615.2	-615.6	-629.0	-629.2	-626.4	-626.6	-621.0	-621.6	-621.4	-625.3	-612.1	-613.8	-585.3	-583.6	-474.8	-476.6
60/POZ	-615.4	-615.6	-629.2	-629.8	-626.9	-627.4	-621.3	-622.6	-622.2	-625.4	-612.8	-614.0	-585.6	-584.8	-457.7	-477.8
122	-253.2	-256.1	-240.3	-242.7	-222.0	-223.7	-214.6	-217.2	-206.8	-208.4	-211.6	-212.3	-208.5	-208.2	-202.0	-200.4
45/POZ	-252.9	-256.1	-241.2	-243.5	-222.8	-224.5	-216.3	-218.1	-208.7	-209.4	213.4	-212.9	-209.4	-209.3	-202.2	-201.0
123	-146.2	-145.4	-127.3	-127.1	-110.5	-111.4	-109.9	-105.3	-105.7	-106.8	-100.3	-100.1	-89.6	-89.7	-119.5	-108.4
35/POZ	-147.3	-145.7	-128.6	-127.8	-112.4	-112.5	-109.4	-105.3	-109.2	-108.0	-102.5	-101.2	-91.7	-91.1	-117.1	-110.7
126	-598.9	-595.5	-598.5	-595.5	-590.0	-587.1	-590.0	-586.6	-587.0	-586.3	-577.5	-574.9	-597.1	-588.7	-596.4	-587.5
80/POZ	-599.4	-596.0	-598.7	-595.3	-591.0	-588.0	-591.0	-586.9	-587.5	-586.9	-578.5	-575.5	-598.3	-589.7	-596.6	-588.3
128	-117.6	-115.8	-103.7	-102.9	-98.0	-97.6	-103.8	-104.1	-99.8	-100.2	-100.4	-101.6	-93.9	-93.8	-93.0	-93.0
30/POZ	-118.8	-117.1	-105.5	-104.1	-98.9	-97.9	-105.3	-105.1	-102.8	-101.5	-102.0	-102.0	-95.4	-93.9	-95.6	-94.9
132	-500.7	-490.2	-494.1	-485.3	-491.4	-485.6	-502.5	-494.7	-530.7	-526.0	-530.4	-526.1	-528.4	-523.1	-537.5	-535.5
60/POZ	-500.2	-490.1	-494.6	-485.6	-492.1	-486.2	-502.7	-494.8	-531.8	-526.3	-530.9	-526.6	-530.6	-524.9	-538.2	-536.2
133	-305.7	-306.5	-308.9	-309.3	-307.7	-308.7	-312.3	-314.2	-323.8	-326.7	-327.9	-330.1	-311.4	-311.7	-293.6	-295.5
45/POZ	-306.4	-306.8	-310.0	-310.2	-309.6	-309.7	-313.9	-315.1	-325.8	-327.7	-328.7	-330.9	-312.8	-313.1	-296.2	-297.0
137	-149.7	-149.0	-136.5	-136.7	-140.7	-139.1	-138.0	-137.7	-133.8	-131.9	-126.4	-123.1	-114.4	-112.9	-111.8	-110.6
35/POZ	-150.7	-149.5	-138.0	-137.4	-142.7	-140.1	-140.4	-138.6	-135.2	-132.7	-128.4	-124.6	-116.9	-114.8	-113.5	-111.9
140	-616.5	-617.8	-610.3	-611.4	-604.4	-605.5	-600.7	-601.6	-587.3	-587.3	-538.8	-538.8	-589.9	-587.6	-582.7	-580.5
80/POZ	-616.8	-617.9	-610.4	-611.6	-604.9	-605.9	-601.1	-601.9	-587.5	-587.6	-539.1	-539.2	-590.2	-588.0	-584.1	-581.0
142	-119.1	-118.3	-106.3	-107.4	-104.1	-105.5	-103.7	-104.0	-107.1	-105.3	-94.3	-92.1	-94.9	-91.9	-85.1	-84.6
30/POZ	-120.1	-119.5	-107.5	-108.1	-105.8	-106.6	-106.4	-104.9	-108.1	-106.0	-95.4	-92.4	-95.8	-92.6	-86.7	-85.4

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 2ª PARTE

Tempo	170 dias		177 dias		184 dias		191 dias		198 dias		205 dias		212 dias		219 dias		226 dias		233 dias	
	CP N ^o	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1
01	-588.3	-604.5	-582.5	-584.3	-593.0	-599.3	-584.6	-593.9	-598.2	-602.2	-611.6	-614.4	-602.5	-608.1	-589.6	-594.3	-610.6	-613.4	-605.1	-607.1
45/E	-584.6	-602.0	-582.4	-584.4	-590.0	-599.7	-582.5	-594.0	-597.5	-601.6	-609.5	-618.7	-600.3	-607.4	-587.6	-593.1	-607.5	-612.9	-601.7	-606.3
05	-600.0	-591.7	-610.7	-607.0	-622.0	-619.2	-609.6	-608.1	-622.2	-618.9	-628.8	-620.5	-612.9	-609.6	-589.0	-584.4	-603.2	-600.2	-592.8	-588.6
60/F	-599.2	-597.1	-610.2	-606.8	-621.7	-619.6	-609.0	-607.7	-622.0	-619.0	-625.9	-621.0	-612.5	-609.6	-588.0	-583.8	-603.1	-599.8	-592.0	-588.6
06	-80.0	-79.4	-76.2	-77.9	-89.3	-88.8	-94.6	-95.6	-98.4	-98.3	-111.5	-105.2	-103.5	-99.8	-99.3	-97.7	-105.6	-102.2	-94.8	-93.8
35/RS	-79.8	-82.0	-76.1	-77.9	-90.0	-90.7	-95.3	-97.2	-97.7	-97.9	-111.4	-107.4	-103.5	-100.5	-98.6	-98.0	-106.0	-102.4	-94.6	-94.3
09	-60.2	-57.7	-65.3	-64.2	-343.3	-351.5	-386.3	-403.2	-389.5	-404.8	-401.2	-420.4	-399.6	-411.5	-401.7	-414.7	-410.8	-418.7	-368.0	-372.2
30/F	-59.5	-57.6	-65.0	-64.4	-343.8	-353.0	-386.2	-404.4	-389.4	-405.0	-398.7	-419.2	-399.3	-411.9	-402.2	-415.9	-410.3	-418.9	-368.7	-372.9
11	-549.0	-542.8	-587.9	-584.1	-601.8	-598.7	-596.7	-593.5	-622.4	-619.9	-622.2	-619.1	-626.2	-623.4	-610.7	-608.0	-618.7	-615.6	-619.5	-617.0
80/0	-550.1	-543.5	-587.9	-584.2	-601.7	-598.6	-596.7	-594.0	-622.4	-620.1	-622.4	-619.4	-626.3	-623.4	-610.9	-608.0	-618.6	-615.5	-619.7	-617.3
17	-622.0	-623.9	-638.4	-637.8	-647.2	-644.6	-646.4	-645.4	-656.4	-654.8	-653.0	-650.5	-654.9	-653.5	-645.8	-645.2	-651.4	-649.1	-648.3	-648.2
80/E	-621.5	-622.5	-638.7	-637.8	-647.6	-645.5	-646.9	-464.1	-656.4	-654.9	-653.2	-650.7	-654.8	-653.5	-645.9	-645.2	-651.3	-649.2	-648.2	-648.5
20	-87.7	-86.8	-89.5	-90.2	-95.5	-93.4	-99.2	97.2	-107.5	-106.4	-118.5	-115.7	-108.5	-105.7	-106.3	-105.7	-158.9	-154.8	-330.3	-333.9
30/0	-89.6	-90.2	-89.5	-90.3	-95.7	-93.7	-100.0	-97.6	-107.4	-106.1	-122.3	-117.5	-108.7	-105.8	-107.1	-105.5	-159.0	-154.7	-328.6	-333.9
23	-432.7	-437.1	-566.5	-569.1	-546.5	-547.5	-525.8	-526.5	-584.7	-583.9	-591.5	-591.6	-588.5	-588.1	-571.1	-569.9	-588.9	-588.1	-590.5	-589.3
45/F	-433.5	-437.9	-567.2	-569.5	-546.5	-547.8	-525.7	-526.6	-584.4	-583.7	-592.4	-592.0	-588.2	-588.1	-571.2	-569.9	-588.7	-587.9	-591.6	-590.1
27	-402.1	-414.9	-499.3	-498.0	-521.7	-520.5	-514.9	-514.0	-518.5	-516.2	-528.5	-523.3	-539.3	-531.3	-543.7	-537.3	-553.4	-545.2	-566.0	-554.4
60/RS	-403.2	-415.4	-499.7	-498.4	-521.4	-520.6	-514.7	-514.3	-518.0	-516.4	-528.4	-523.6	-539.2	-531.4	-543.1	-537.1	-553.6	-545.3	-565.8	-554.5
28	-72.9	-70.3	-87.3	-85.2	-97.8	-94.3	-99.8	-95.7	-108.3	-103.8	-115.5	-111.0	-111.2	-107.2	-110.0	-106.2	-113.0	-108.7	-114.6	-109.6
30/E	-73.9	-71.3	-88.0	-86.2	-97.9	-94.4	-100.5	-96.0	-108.4	-103.8	-116.7	-112.0	-111.2	-107.1	-110.4	-106.3	-113.0	-108.6	-116.0	-110.5
32	-359.1	-368.5	-396.0	-404.3	-424.3	-425.2	-419.3	-420.0	-405.3	-403.8	-396.0	-390.0	-328.8	-325.6	-349.1	-343.8	-409.9	-412.0	-420.4	-427.2
35/E	-359.7	-370.4	-396.2	-404.8	-426.0	-428.0	-418.5	-421.2	-405.5	-404.4	-397.0	-391.4	-330.3	-326.3	-348.6	-344.0	-411.0	-413.1	-421.1	-428.5
33	-556.6	-549.0	-617.3	-612.3	-635.8	-630.2	-631.5	-627.0	-656.3	-651.0	-661.0	-651.3	-649.0	-643.1	-633.3	-627.4	-641.5	-635.7	-634.8	-630.4
80/F	-557.9	-551.2	-617.4	-612.4	-636.3	-631.2	-631.8	-627.3	-656.4	-651.2	-660.1	-652.0	-648.6	-643.2	-633.2	-627.3	-641.7	-636.2	-635.2	-630.7
40	-260.3	-264.0	-269.8	-271.7	-363.2	-359.2	-380.1	-375.4	-380.0	-374.3	-383.8	-378.7	-383.2	-375.6	-393.3	-385.7	-387.8	-380.0	-386.5	-381.9
45/RS	-261.3	-265.2	-269.6	-271.8	-364.1	-360.1	-380.8	-376.4	-379.1	-374.3	-388.0	-378.3	-382.9	-375.6	-393.0	-385.5	-388.0	-380.4	-385.4	-381.7
42	-303.3	-308.7	-377.9	-385.1	-417.8	-420.1	-408.6	-415.1	-411.0	-416.0	-450.5	-440.3	-448.4	-450.1	-452.4	-456.0	-461.8	-470.4	-453.9	-469.8
45/0	-304.3	-311.0	-377.4	-385.2	-418.2	-421.3	-409.6	-416.1	-410.9	-416.0	-449.2	-441.0	-448.9	-450.7	-451.9	-456.4	-461.8	-470.8	-454.2	-468.4
47	-492.2	-496.5	-526.3	-520.4	-568.7	-563.9	-572.3	-567.7	-600.7	-595.8	-598.1	-592.2	-585.5	-581.7	-574.0	-571.1	-590.1	-587.9	-584.9	-583.5
80/RS	-492.3	-487.1	-526.3	-520.6	-569.1	-564.5	-572.5	-568.3	-600.7	-596.0	-598.6	-592.5	-585.6	-582.0	-574.1	-571.1	-590.3	-588.1	-585.2	-583.5
49	-362.2	-374.4	-401.2	-408.9	-445.6	-449.4	-429.2	-434.2	-536.8	-534.7	-564.3	-561.7	-521.4	-521.6	-455.4	-459.2	-504.7	-503.1	-472.9	-472.3
35/F	-363.2	-375.3	-401.1	-409.1	-445.9	-449.7	-429.5	-435.1	-536.7	-535.0	-564.9	-563.3	-521.5	-521.6	-454.7	-460.0	-504.3	-503.6	-472.5	-472.9
52	-342.9	-357.5	-365.1	-377.7	-435.3	-443.2	-447.7	-451.9	-448.2	-452.4	-420.8	-426.7	-415.6	-421.3	-414.8	-419.8	-399.4	-404.6	-414.7	-430.0
30/RS	-344.4	-359.2	-365.1	-379.0	-435.6	-444.0	-448.0	-452.3	-448.2	-452.4	-422.2	-428.5	-416.3	-421.6	-415.4	-420.4	-399.6	-404.8	-414.7	-430.1

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 2ª PARTE

Tempo	170 dias		177 dias		184 dias		191 dias		198 dias		205 dias		212 dias		219 dias		226 dias		233 dias	
	CP N ^o	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1
54	-574.5	-574.3	-614.1	-614.5	-625.0	-624.1	-623.0	-622.0	-642.6	-641.3	-640.7	-636.5	-641.3	-640.1	-640.2	-639.8	-652.1	-652.0	-662.6	-663.5
60/E	-575.4	-576.1	-614.3	-614.7	-625.1	-624.3	-623.3	-622.2	-642.5	-641.4	-641.4	-637.9	-641.5	-640.3	-640.6	-639.9	-652.3	-652.1	-662.7	-663.4
56	-444.6	-440.2	-461.8	-459.0	-488.1	-484.4	-487.3	-493.2	-494.7	-491.2	-508.6	-502.7	-526.0	-520.4	-528.0	-522.8	-541.7	-534.8	-559.0	-550.7
45/E	-446.4	-442.2	-461.5	-458.1	-488.4	-485.1	-487.9	-483.9	-494.1	-491.3	-510.2	-504.3	-526.0	-520.4	-528.1	-523.3	-541.4	-534.4	-558.3	-551.2
59	-621.6	-629.3	-638.1	-640.7	-645.0	-648.1	-622.5	-626.4	-656.7	-661.0	-662.9	-669.4	-669.3	-674.4	-625.8	-632.9	-651.2	-655.5	-657.3	-662.5
60/F	-622.3	-630.7	-637.7	-640.8	-645.3	-648.6	-622.7	-626.7	-656.8	-661.0	-663.5	-669.7	-669.3	-674.3	-626.1	-633.1	-651.0	-655.6	-657.5	-662.7
60	-473.2	-491.4	-467.5	-486.4	-465.3	-479.4	-477.2	-493.5	-480.7	-498.7	-489.6	-510.1	-486.9	-503.9	-468.0	-487.7	-470.1	-485.8	-464.2	-477.9
35/RS	-473.8	-493.0	-468.0	-487.3	-465.6	-479.5	-477.5	-494.2	-480.4	-498.7	-489.8	-511.0	-486.9	-504.5	-468.0	-487.9	-469.7	-486.2	-464.1	-478.5
64	-379.0	-393.8	-382.7	-394.0	-387.0	-396.1	-369.2	-376.0	-362.8	-368.4	-360.9	-366.3	-353.0	-355.7	-344.7	-347.6	-340.7	-342.9	-341.2	-343.1
30/F	-379.8	-394.9	-383.5	-394.2	-386.6	-396.1	-369.3		-362.7	-368.4	-361.5	-367.1	-352.7	-356.0	-344.8	-347.5	-340.8	-343.1	-341.8	-344.2
67	-592.5	-589.4	-616.0	-613.4	-626.1	-623.6	-624.0	-621.0	-647.2	-643.9	-646.1	-643.2	-652.1	-649.4	-636.7	-633.8	-643.7	-640.9	-646.7	-643.7
80/0	-593.4	-590.7	-616.1	-614.1	-626.3	-623.8	-624.3	-621.1	-647.1	-643.9	-646.9	-643.6	-652.1	-649.5	-636.8	-633.9	-643.5	-640.9	-647.4	-644.4
71	-616.1	-614.1	-630.5	-630.8	-625.2	-623.6	-615.5	-614.7	-634.6	-635.3	-636.8	-636.3	-639.5	-639.8	-626.2	-627.0	-637.2	-637.6	-633.3	-633.8
80/E	-616.5	-614.8	-630.6	-630.9	-625.3	-624.3	-615.9	-615.2	-634.9	-635.4	-637.6	-636.5	-639.8	-640.0	-626.7	-627.0	-637.1	-637.6	-633.1	-634.0
74	-411.3	-436.8	-420.4	-442.1	-440.0	-467.1	-439.5	-465.9	-422.8	-440.7	-416.8	-434.2	-414.4	-428.9	-406.9	-421.6	-399.3	-412.7	-396.4	-412.2
30/0	-412.4	-437.5	-420.5	-441.4	-441.2	-467.7	-439.0	-465.8	-423.5	-441.3	-418.4	-435.0	-413.8	-428.7	-407.8	-422.6	-399.5	-412.7	-396.1	-412.5
77	-497.7	-515.4	-566.9	-574.1	-591.8	-598.3	-579.0	-583.6	-605.6	-610.9	-589.0	-593.2	-581.5	-589.2	-567.0	-573.0	-566.4	-572.4	-556.9	-561.4
45/F	-499.1	-516.9	-566.4	-574.2	-593.0	-600.0	-580.0	-585.0	-606.7	-611.5	-590.5	-594.8	-582.3	-589.4	-568.1	-573.5	-566.6	-572.1	-557.3	-562.0
81	-512.7	-506.9	-537.3	-530.7	-545.4	-539.7	-556.2	-551.3	-576.3	-571.5	-582.1	-576.4	-580.3	-577.5	-569.2	-565.8	-581.2	-576.5	-577.7	-574.7
60/RS	-512.7	-507.3	-537.0	-530.8	-545.7	-540.1	-556.3	-551.0	-576.2	-571.7	-582.1	-576.8	-580.4	-577.5	-569.3	-565.9	-581.4	-576.5	-577.9	-575.7
83	-355.1	-361.3	-378.1	-384.2	-379.3	-388.9	-398.0	-407.5	-405.0	-413.6	-415.2	-424.0	-452.8	-458.7	-456.8	-458.5	-439.7	-436.1	-421.6	-420.3
30/E	-355.9	-362.0	-378.2	-384.5	-381.0	-389.1	-399.2	-409.0	-405.5	-413.7	-416.1	-425.2	-453.5	-458.8	-457.4	-459.1	-440.1	-436.1	-422.3	-421.8
86	-432.2	-446.5	-500.0	-509.2	-570.0	-567.1	-616.8	-609.3	-629.7	-622.3	-619.9	-614.2	-611.0	-606.0	-619.9	-615.0	-604.6	-601.7	-617.6	-611.3
35/E	-433.6	-448.6	-500.3	-509.7	-570.5	-567.6	-618.0	-609.8	-629.7	-622.4	-620.5	-615.0	-611.0	-606.2	-620.2	-615.5	-604.7	-601.8	-617.1	-611.8
88	-605.1	-600.0	-623.0	-621.4	-628.1	-626.6	-633.2	-631.3	-642.0	-640.0	-642.0	-639.9	-647.1	-645.6	-642.5	-640.7	-648.3	-646.3	-650.1	-648.4
80/F	-605.1	-602.7	-623.1	-621.8	-628.3	-626.9	-633.4	-631.7	-642.0	-640.0	-642.3	-641.0	-647.4	-645.8	-642.7	-640.9	-648.2	-646.3	-650.3	-648.7
93	-377.5	-391.5	-383.3	-393.2	-400.9	-413.3	-409.2	-421.9	-414.5	-426.1	-438.0	-454.4	-431.1	-443.1	-407.8	-418.8	-406.7	-415.7	-430.8	-442.3
45/RS	-379.0	-393.8	-383.8	-393.6	-401.3	-413.4	-409.8	-422.0	-414.5	-425.8	-439.0	-455.2	-431.1	-443.4	-408.0	-419.2	-406.7	-416.2	-431.6	-443.2
97	-342.9	-337.7	-405.7	-418.9	-441.7	-465.2	-437.0	-457.4	-435.4	-452.8	-443.9	-462.7	-454.3	-472.8	-456.7	-474.9	-457.6	-471.9	-462.3	-480.0
45/0	-342.6	-337.7	-405.6	-419.0	-442.2	-466.5	-436.8	-458.3	-435.5	-453.1	-445.2	-464.2	-455.0	-473.7	-457.6	-475.3	-458.0	-472.5	-462.6	-481.5
101	-522.3	-517.1	-548.7	-543.4	-561.9	-556.3	-551.0	-546.1	-565.7	-559.6	-566.2	-560.6	-572.2	-566.9	-557.1	-551.9	-558.8	-552.8	-551.0	-546.0
80/RS	-522.5	-517.5	-548.8	-543.6	-562.4	-556.2	-551.0	-546.0	-565.7	-559.8	-566.8	-560.8	-572.3	-566.6	-557.1	-551.8	-558.8	-552.7	-551.1	-546.0
103	-464.1	-461.6	-490.5	-493.4	-527.4	-531.6	-537.7	-541.0	-602.8	-603.4	-592.6	-592.9	-603.5	-602.8	-577.0	-578.2	-596.2	-595.5	-632.7	-632.0
35/F	-465.2	-462.9	-491.1	-493.8	-528.4	-532.5	-538.3	-541.6	-602.5	-603.8	-593.3	-593.9	-603.7	-603.0	-577.6	-578.8	-596.5	-595.7	-633.3	-633.1

MEDIDAS DE POTENCIAL DE ELETRODO ESC (mV) - 2ª PARTE

Tempo	170 dias		177 dias		184 dias		191 dias		198 dias		205 dias		212 dias		219 dias		226 dias		233 dias	
	CP Nº	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	Pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1	pt.2	pt.1
104	-395.7	-426.7	-432.2	-461.1	-436.4	-466.2	-427.9	-459.3	-415.3	-441.8	-419.7	-446.7	417.7	-438.1	-415.7	-438.0	-423.3	-446.9	-449.5	-472.2
30/RS	-396.4	-428.3	-430.5	-461.7	-436.2	-466.6	-427.2	-459.8	-416.6	-441.8	-418.7	-448.0	-417.4	-438.1	-415.4	-438.2	-423.0	-447.0	-449.0	-473.0
108	-633.3	-628.8	-656.1	-654.1	-657.1	-655.4	-645.4	-643.6	-664.0	-661.4	-661.4	-658.5	-666.6	-664.6	-665.0	-663.6	-665.5	-663.1	-666.3	-664.0
60/E	-633.8	-629.3	-656.1	-654.6	-657.3	-655.5	-645.8	-643.7	-663.9	-661.4	-662.4	-659.3	-666.8	-664.7	-665.5	-663.6	-665.5	-663.0	-666.9	-664.4
110	-523.5	-524.9	-570.0	-571.1	-575.1	-574.1	-555.7	-556.0	-583.0	-582.6	-577.8	-577.2	-572.6	-570.4	-552.0	-550.1	-563.4	-561.2	-565.4	-561.7
60/0	-524.7	-526.1	-570.3	-571.9	-575.7	-575.1	-556.1	-556.2	-583.1	-582.8	-580.4	-579.0	-572.6	-570.4	-552.4	-550.2	-563.6	-561.3	-566.3	-562.2
111	-333.8	-340.6	-351.2	-362.4	-321.5	-326.0	-301.1	-305.0	-275.4	-277.6	-321.8	-325.6	-331.0	-333.4	-277.8	-277.8	-311.1	-312.5	-309.5	-310.7
35/0	-334.2	-342.1	-351.8	-363.3	-321.5	-326.7	-301.3	-305.5	-275.3	-277.9	-323.2	-326.9	-331.1	-333.6	-277.9	-278.0	-310.9	-312.7	-309.5	-310.8
112	-507.1	-516.1	-566.3	-570.5	-580.4	-582.1	-589.6	-590.3	-619.1	-620.6	-608.8	-609.9	-618.5	-618.8	-605.9	-605.4	-616.6	-616.5	-627.0	-626.7
60/0	-507.4	-517.4	-567.5	-572.6	-580.5	-582.8	-590.1	-590.5	-619.8	-621.0	-609.6	-610.2	-618.9	-618.6	-606.4	-605.2	-616.7	-617.4	-627.4	-627.0
113	-71.1	-66.6	-86.9	-84.4	-89.5	-87.0	-292.2	-288.4	-246.0	-241.8	-311.1	-303.9	-343.0	-336.9	-383.1	-373.4	-382.1	-371.4	-399.7	-385.8
35/0	-72.4	-67.7	-87.1	-85.0	-90.0	-87.1	-292.4	-288.5	-245.4	-241.8	-311.0	-304.0	-342.3	-336.6	-383.0	-372.9	-381.9	-371.4	-399.7	-386.0
118	-476.6	-473.3	-490.5	-487.1	-509.0	-505.2	-517.8	-514.0	-534.3	-530.2	-543.3	-540.9	-547.4	-544.9	-551.0	-549.0	-563.6	-561.8	-565.4	-563.3
60/POZ	-477.5	-474.5	-490.8	-487.6	-509.5	-505.5	-518.0	-514.2	-534.5	-530.3	-543.8	-541.6	-547.6	-545.0	-551.3	-549.2	-563.9	-561.8	-565.9	-563.6
122	-314.3	-311.2	-309.6	-307.2	-326.3	-324.5	-298.5	-297.8	-312.3	-310.9	-310.2	-308.0	-308.5	-307.1	-299.1	-297.5	-302.0	-300.3	-331.7	-329.5
45/POZ	-314.9	-311.9	-310.4	-308.2	-326.6	-324.8	-298.7	-298.1	-312.4	-311.0	-310.8	-308.4	-308.6	-307.4	-299.2	-297.6	-302.1	-299.9	-332.7	-330.4
123	-312.5	-325.1	-313.3	-321.3	-350.9	-359.7	-319.5	-325.1	-341.8	-348.1	-357.9	-364.0	-359.9	-366.1	-354.8	-360.9	-355.3	-361.3	-348.2	-354.2
35/POZ	-314.0	-326.7	-314.3	-322.1	-351.4	-360.3	-319.7	-325.4	-341.8	-348.4	-359.6	-365.3	-360.0	-366.2	-354.9	-360.7	-355.2	-361.5	-348.4	-354.6
126	-557.9	-553.7	-563.4	-560.4	-565.2	-562.5	-575.9	-573.8	-586.9	-585.0	-582.9	-581.7	-581.4	-580.5	-577.0	-575.6	-588.0	-587.4	-583.3	-582.6
80/POZ	-558.3	-554.6	-563.4	-560.7	-565.4	-562.8	-576.0	-573.8	-586.9	-585.0	-583.1	-582.3	-581.4	-580.7	-577.0	-575.6	-588.0	-587.6	-583.5	-582.9
128	-88.5	-88.2	-93.7	-93.6	-91.0	-90.6	-94.5	-94.5	-107.4	-107.3	-111.4	-111.7	-104.5	-104.4	-100.2	-100.0	-103.8	-103.5	-100.8	-100.3
30/POZ	-89.5	-89.3	-94.3	-94.0	-91.5	-90.7	-95.1	-94.9	-107.5	-107.5	-113.4	-112.8	-104.9	-104.6	-100.3	-100.0	-103.9	-103.5	-101.2	-100.5
132	-505.6	-508.4	-533.5	-535.6	-543.4	-546.7	-551.0	-554.9	-563.7	-566.7	-574.1	-573.7	-581.2	-580.4	-582.3	-580.5	-592.6	-589.7	-593.6	-590.8
60/POZ	-505.8	-509.2	-534.3	-536.5	-543.5	-547.0	-551.3	-554.9	-563.5	-566.7	-574.2	-574.1	-581.3	-580.5	-582.4	-580.5	-592.6	-589.9	-594.0	-591.1
133	-297.0	-297.7	-375.7	-370.4	-382.2	-377.1	-395.0	-389.5	-415.9	-409.0	-432.3	-423.7	-430.6	-423.6	-422.5	-415.3	-437.6	-430.4	-443.6	-436.1
45/POZ	-298.5	-298.8	-376.3	-371.5	-382.9	-377.3	-395.5	-389.7	-416.1	-409.0	-433.2	-424.1	-430.9	-423.6	-422.9	-415.2	-437.8	-430.3	-444.4	-436.8
137	-282.5	-288.7	-339.5	-345.4	-332.5	-339.1	-332.4	-338.1	-328.4	-333.3	-342.4	-347.5	-352.4	-358.2	-341.7	-347.7	-354.7	-359.2	-349.1	-352.3
35/POZ	-284.2	-289.9	-339.8	-347.6	-333.0	-339.6	-332.8	-338.5	-328.5	-333.6	-343.0	-348.2	-352.6	-358.4	-342.0	-347.9	-354.8	-359.1	-350.2	-353.6
140	-536.5	-536.6	-548.3	-543.5	-551.1	-548.3	-552.6	-549.5	-564.7	-561.5	-563.4	-560.2	-565.8	-561.8	-560.2	-555.6	-560.4	-555.9	-564.2	-557.5
80/POZ	-536.9	-536.9	-548.0	-544.2	-551.1	-548.5	-552.7	-549.7	-564.8	-561.5	-563.6	-560.3	-565.8	-561.7	-560.3	-555.7	-560.4	-555.8	-564.4	-557.8
142	-250.5	-246.6	-211.4	-210.2	-237.7	-236.2	-263.0	-262.5	-331.6	-336.7	-287.9	-287.2	-262.8	-262.0	-264.0	-263.0	-260.7	-259.5	-251.6	-250.2
30/POZ	-250.8	-247.4	-212.1	-210.9	-238.2	-236.9	-263.3	-262.7	-331.7	-336.8	-289.7	-288.2	-263.0	-262.1	-264.1	-263.2	-260.6	-259.4	-252.2	-250.6