

AVALIAÇÃO DE ÍONS CLORETO EM CONCRETO SUBMETIDAS A CONDIÇÕES AGRESSIVAS.

João Manoel F. Mota⁽¹⁾; Ângelo Just da Costa e Silva⁽²⁾; Fred Rodrigues Barbosa⁽³⁾; João Ribeiro de Carvalho⁽⁴⁾

(1) Professor do Departamento de Engenharia Civil da FAVIP e Doutorando do Departamento de Engenharia Civil, UFPE - email: joao@vieiramota.com.br

(2) Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil, UNICAP - email: angelo@unicap.br

(3) Professor do Departamento de Engenharia Civil da FAVIP, Engenheiro da COMPESA e Doutorando do Departamento de Engenharia Civil, UFPE - email: fredrbarbosa@ig.com.br

(4) Graduando da Escola Politécnica – Universidade de Pernambuco, Brasil e-mail: eng.jribeiro@gmail.com.

Resumo

O presente estudo apresenta e discute os resultados obtidos em ensaios para determinação da profundidade de penetração de íons cloreto em corpos-de-prova cilíndricos de concreto submetidos a diferentes condições de agressividade ambiental. As amostras de concreto, com resistência a compressão media de 28 MPa, permaneceram durante 48 meses sujeitas as condições, a saber: nevoa marinha (na cobertura de uma residência de veraneio situada na praia de Porto de Galinhas - Pernambuco) e imersa em recipiente com água do mar sendo submetida a ciclo de molhagem e secagem. Em cada amostra foram realizados ensaios para determinação da profundidade de penetração dos íons cloreto em relação a massa de cimento, com medições em vários intervalos realizados nas profundidades entre 0,5 cm a 2,5 cm. Para a extração das amostras foi utilizada furadeira com broca de videa de diferentes diâmetros, a fim de permitir a determinação das profundidades desejadas, sendo recolhida, para cada caso, uma quantidade aproximada de 300 g para encaminhamento ao laboratório de ensaio químico. Ao final dos estudos será possível efetuar gráfico comparativo de avaliação da profundidade de penetração dos íons cloreto nas diferentes condições de exposição e agressividade, definidas pela normalização brasileira para a classe de agressividade do ambiente em questão.

Palavras-chave: Cloreto, nevoa salina, durabilidade

Abstract

This study presents and discusses the results obtained in tests to determine the depth of penetration of chloride ions in bodies-in-concrete cylindrical specimens subjected to different conditions of environmental aggressiveness. Samples of concrete with average compressive strength of 28 MPa, remained for 48 months subject to conditions, namely: sea mist (the roof of a residence located in the beach resort of Porto de Galinhas - Pernambuco) and immersed in a container with sea water and subjected to cycles of wetting and drying. Each sample was accomplished to determine the depth of penetration of chloride ions with respect to the cement mass, with measurements made at various intervals at depths between 0.5 cm to 2.5 cm. Extraction of the samples was used to drill drill videa of different diameters to enable the determination of the desired depths, being collected for each case, a quantity of approximately 300 g for forwarding to the test chemical. At the end of the studies will be possible to make comparison chart to assess the depth of penetration of chloride ions in the different exposure conditions and aggressiveness, as defined by Brazilian standards for the class of aggressiveness of the environment in question.

Keywords: Chloride, salt spray, durability

1. INTRODUÇÃO

Diversas edificações tipo “caixão” situada na Região metropolitana do Recife apresentam instabilidade estrutural, tendo em vista suas paredes de alvenaria resistente executadas sem fundamentação técnica, sendo, por conseguinte, empregados materiais e processos sem controle adequados (MOTA, 2006).

Essas edificações foram viabilizados devido menor custo em relação a edifícios convencionais de concreto (OLIVEIRA e PIRES SOBRINHO, 2006). Nessa premissa, vários trabalhos científicos mostraram que as paredes mais carregadas – as do pavimento térreo - não atendem às exigências de segurança estabelecidas pelas normas técnicas pertinentes, haja vista que os blocos não conferem resistência, espessuras dentre outras propriedades (MOTA; OLIVEIRA, 2007).

A concreta agressividade imposta pela névoa salina em estruturas de concreto armado, situadas em Regiões litorâneas, apresenta-se como uma forma peremptória para o surgimento de patologias. Pontes et al. (2007) corrobora dizendo que um dos agentes mais agressivos ao concreto armado é o íon cloreto oriundo da atmosfera marinha (fundamentalmente, quando o elemento de concreto encontra-se a até 400 m do mar), que são transportados pelo ar, onde esse íon ataca a camada passiva da armadura, ocasionando uma corrosão pontual conhecida como pite.

No estudo realizado na cidade do Recife por Pontes et al. (2007), foi apresentado a deposição média de cloretos nas distâncias em relação ao mar de 7 m, 100 m, 160 m, 230 m e 320 m, de tal forma que, se concluiu, respectivamente, 586,27 (mg/m².dia), 297,10 (mg/m².dia), 119,32 (mg/m².dia), 35,85 (mg/m².dia) e 35,87 (mg/m².dia).

Mota et all (2010) realizou trabalho similar na mesma região da Praia de Porto de Galinhas e constatou a influência positiva do cimento composto por filer calcário na mitigação da penetração de cloretos nas profundidades acima de 2,5 cm.

Sabe-se que desde a entrada da obra em serviço, o planejamento para a manutenção das estruturas de concreto não pode ser negligenciada, tendo em vista que conforme a “lei dos cinco” de Sitter (1984 apud Carneiro, 2007 e Helene 2005), cada unidade monetária deixada de ser aplicada na etapa da manutenção preventiva poderá corresponder cerca de 25 vezes mais, para o caso de uma manutenção corretiva.

Diversas manifestações patológicas são encontradas no território nacional com relação às estruturas de concreto armado, onde a corrosão de armadura é responsável por quase 20% dentre todas (Helene, 1992). Em diferentes regiões no Brasil, a exemplo, no Estado do Rio Grande do Sul, observa-se que a incidência de corrosão das armaduras é da ordem de 30% (Galvão, 2004), e que um índice dessa mesma ordem foi encontrado na cidade de Brasília (Selmo et al., 2000). Na cidade do Recife foi detectado um índice preocupante e mais elevado devido possivelmente a sua posição geográfica, um valor próximo de 65% (Andrade, 1997).

A corrosão de armadura em concreto armado é função basicamente de aspectos físicos (barreira - cobrimento da armadura) e químicos (alcanilidade do concreto). Os agentes agressivos como sulfatos, ácidos, reação álcali-agregado podem levar a deterioração do cobrimento, propiciando as condições necessárias para a despassivação da armadura devido ao ataque de materiais deletérios como CO₂ e íons cloreto (Helene, 1997). Por conseguinte, a última revisão da NBR 6118 (2007) estabeleceu valores consideráveis no quesito cobrimento das armaduras.

O objetivo dessa pesquisa é avaliar o teor de cloreto em corpos-de-prova cilíndricos de

concreto acondicionados (maturados) na Região litorânea de Porto de Galinhas - PE. Nessa otica, o trabalho justificado, pela elevada densidade de edificações no litoral de Pernambuco, sendo, essas construções, a um só tempo, sujeitas a alta agressividade devido o ataque de íons cloreto através das nevoas salinas.

A Figura 01 mostra registro do ambiente marinho, destacando a nevoa.



Figura 1- Aspecto do ambiente marinho da Região em estudo – Porto de Galinhas – PE

2. MATERIAIS UTILIZADOS

2.1. Cimento Portland

O concreto dosado teve em sua composição, o cimento portland cinza (CP II Z 32), em sacos de 50 kg cada. As Tabelas 1 e 2 apresentam algumas características do cimento utilizado na pesquisa (informado pelo fabricante).

Tabela 1 - Características Químicas do cimento utilizado no ensaio

Ensaios Químicos				
Ensaios	Normas	Unidades	Resultados	Especificação Norma NBR 11578/91
Perda ao Fogo – PF	NBR NM 18	%	4,39	≤ 6,5
Óxido de Magnésio – MgO	PO 00435	%	2,66	≤ 6,5
Anidrido Sulfúrico - SO ₃	PO 00436	%	3,26	≤ 4,0
Resíduo Insolúvel – RI	NM 15:2004	%	6,89	≤ 16,0
Equivalente alcalino em Na ₂ O - (0,658 x K ₂ O% + Na ₂ O%)	X	%	1,02	não aplicável
Óxido de Cálcio Livre - CaO (Livre)	NBR NM 13	%	1,44	não aplicável

Tabela 2 - Características Físicas e mecânicas do cimento utilizado no ensaio

Ensaios Físicos e Mecânicos					Especificação Norma NBR 11578/91
Ensaios		Normas	Unidades	Resultados	
Área Específica (Blane)		NBR NM 76	cm ² /g	3540	≥ 2600
Massa Específica		NBR NM 23	g/cm ³	3,04	não aplicável
Densidade Aparente		X	g/cm ³	1,2	não aplicável
Finura - Resíduo na Peneira 0,075mm (#200)		NBR 12826	%	2,2	≤ 12,0
Finura - Resíduo na Peneira 0,044mm (#350)		NBR 12826	%	15,6	não aplicável
Água na Pasta de Consistência Normal		NBR NM 43	%	26,8	não aplicável
Início de Pega		NBR NM 65	h:min	02:30	≥ 1 h
Fim de Pega		NBR NM 65	h:min	03:40	≤ 10 h
Expansibilidade de Le Chatelier - a Quente		NBR 11582	mm	0,3	≤ 5
Resistência a Compressão (MPa) - NBR 7215/96					
Idade (dias)	Min.	Max.	Média	Desvio	Especificação Norma NBR 11578/91
1					não aplicável
3	24,2	28	26,4	0,86	≥ 10
7	30,2	33,8	32,1	0,76	≥ 20
28					≥ 32

2.2. Agregados

Foi utilizada uma areia natural de natureza quartzosa, pois é amplamente encontrada na Região Metropolitana do Recife. Esta areia foi caracterizada pelo módulo de finura (2,25), densidade de massa aparente (1,47 kg/dm³), densidade de massa específica (2,63 kg/dm³), determinação da curva granulométrica e coeficiente de uniformidade de acordo com o método de Allen-Hazem. Este coeficiente de uniformidade relaciona $C = d_{60}/d_{10}$, que significa a equivalência de 60% da percentagem passante de material. Seguem os dados da areia natural da curva de distribuição granulométrica no gráfico da Figura 02.

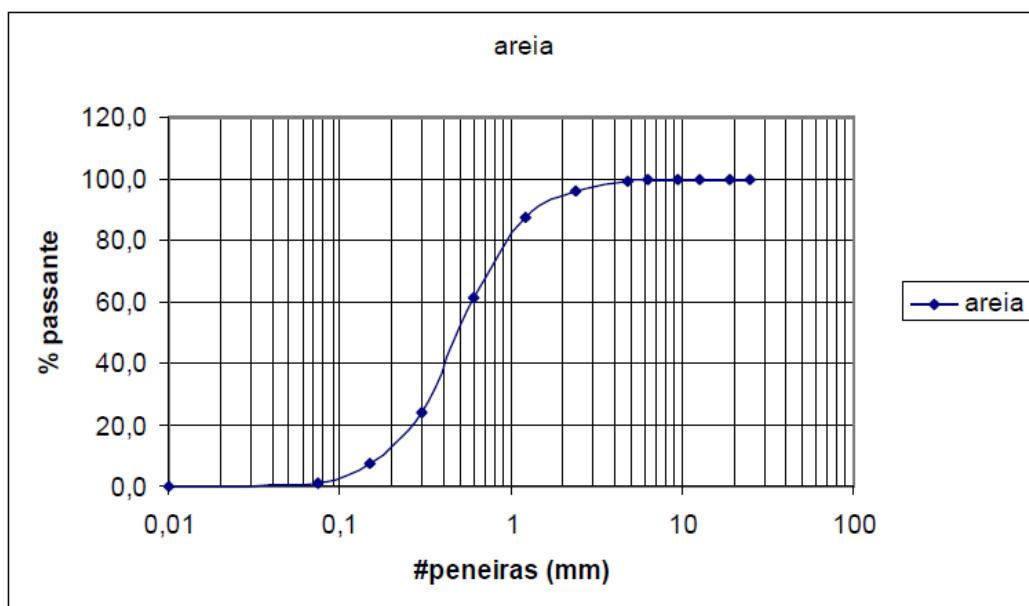


Figura 2 - Gráfico da distribuição granulométrica da areia

A natureza mineralogica do agregado graudo e granitica. Este agregado foi utilizado no seu estado seco sem lavagem. Foram realizados ensaios de caracterização quanto a densidade especifica, aparente e granulometria. Determinou-se tambem a massa unitaria no estado seco de acordo com a NBR 7251.

Na Tabela 03 mostram-se alguns dados da brita.

Tabela 3 - Granulometria da brita

Material: brita 1					
Peneiras	Massa acumulada (g)	% Retida	% Retido acumulado	% retido acumulado	% passante
25	0	0,0	0,0		100,0
19	8,3	0,3	0,3	0,3	99,7
12,5	1483,2	49,5	49,8		50,2
9,5	1315	43,9	93,7	93,7	6,3
6,3	184,8	6,2	99,8		0,2
4,8	2,8	0,1	99,9	99,9	0,1
2,4	0,4	0,0	99,9	99,9	0,1
1,2	0	0,0	99,9	99,9	0,1
0,6	0	0,0	99,9	99,9	0,1
0,3	0,4	0,0	100,0	100,0	0,0
0,15	0	0,0	100,0	100,0	0,0
0,075	0,9	0,0	100,0		0,0
0,01	0,3	0,0	100,0	100,0	0,0
Massa total (g)	2996,1				
Módulo de finura			6,94		
Coeficiente de uniformidade			1,4		
Densidade aparente (kg/dm³)			1,43		
Densidade real (kg/dm³)			2,78		

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada na praia de Porto de Galinhas, a cerca de 75 km da cidade do Recife – PE.

O concreto produzido para esta análise utilizou cimento tipo CP II Z 32, areia quartzosa, brita granitica e adição de filler calcario. Para a dosagem do concreto utilizou-se o metodo IPT/EPUSP. A media da resistencia a compressao obtida foi 28,6 MPa.

Em seguida a produção do concreto, acondicionou-se todo material em moldes metalicos com adensamento mecanico, sendo todos os corpos-de-prova transportados para camara umida apos 24 horas, onde permaneceram ate os 28 dias, partindo posteriormente para a exposição ao ambiente agressivo.

O tempo de exposição em ambiente agressivo ultrapassou os 48 meses. Concernente a produção do concreto nesse trabalho, caracterizamos em seu estado fresco o abatimento, onde este valor é dado em relação a altura do tronco de cone de acordo com NM 67:96.

Os corpos-de-prova foram dispostos em tres condicoes de agressividade ambiental, a saber:

- amostra 1 (corpos-de-prova sujeitos a ciclo de molhagem e secagem em recipiente com agua do mar).
- amostra 2 (situada sobre o reservatorio superior de agua de um condominio residencial, cuja altitude é proxima aos 6 metros – lado Leste da replica);
- amostra 3 (idem a amostra 2, contudo, lado Oeste da replica);

As amostras 2 e 3 foram posicionadas a 85 metros do mar (em exposição a

nevoa salina). Todavia, a amostra 1 pode representar pecas de concreto em edificacoes a beira mar, ou seja, que estejam em determinados momentos em contato com a propria agua salina.

Na amostra 1, o processo do ciclo de molhagem e secagem nos corpos-de-prova (maturados em recipiente no solo e tambem a 85 metros do mar) foi realizado a cada 24 horas, sendo 24 horas imersas em recipiente hermeticamente fechado com agua do mar e 24 horas expostos ao vento, sol e chuva (sobre jardim). Essa condição faz com que se acelere o ataque dos ions cloreto devido a difusao.

Apos a conclusao do tempo de exposição, as replicas foram transportadas para laboratorio com o cunho de realizar extração de material para identificação do teor de cloreto em relação a massa de cimento.

As profundidades a fim de se obter os níveis das penetracoes dos ions cloreto foram de 0 cm a 05 cm; 0,5 cm a 1,5 cm e 1,5 cm a 2,5 cm. Utilizaram-se brocas de video com diferentes diametros em maquina furadeira. Em cada situação, colheu-se aproximadamente 300 g de po do corpo de prova para ensaio quimico.

A Figura 3 mostra a localização onde ocorreu a exposição dos elementos de concreto.



Figura 3 - Região em que se encontravam os CP's de concreto ensaiados. **Fonte:** Earth.google, 2012.

As Figuras 04, 05 e 06 apresentam os locais no interior do residencial em Porto de Galinhas – PE.



Figura 4 - Amostra 1 apresentando o momento em que os CP's estão imersos.



Figura 5 - CP's das amostras 2 e 3 localizados sobre laje do reservatório superior do residencial



Figura 6 - Vista da laje onde maturaram os CP's das amostras 2 e 3

Relativo à carbonatação verificou-se uma ausência quase que total, observando somente tenuamente nas amostras 2 e 3. Essa investigação foi dada através da aplicação da solução de fenolftaleína no concreto. Sabe-se que a condição de concreto carbonatado pode ser verificada quando após a pulverização da solução de fenolftaleína observam-se áreas com coloração diferenciada, ou seja, áreas onde a cor encontrada é vermelho-carmim, representando concreto não carbonatado e áreas onde o concreto permanece incolor, representando concreto carbonatado, com faixa de pH entre 8,3 e 10 (ANDRADE, 1992).

No que tange a obtenção do teor de cloreto em laboratório, fez-se com que o pó fino extraído da moagem do concreto de cada elemento, fosse adicionado a uma solução contendo HNO_3 (ácido nítrico) e AgNO_3 (nitrato de prata), concluindo ao final do processo do ensaio, o percentual em relação ao cimento (ANDRADE, 1992).

4. RESULTADOS E DISCURSÕES

Evidencia-se que os fatores ambientais, em geral, não são relevantes em estruturas internas, o mesmo não ocorrendo para estruturas externas, entretanto, a depender do nível de agressividade, imponderavelmente, o micro-clima também estabeleceria níveis elevados de agressividade (SILVA,2003).

Para a identificação do nível de ataque causado por ação da carbonatação, utilizou-se a aspersão de fenolftaleína. Uma situação semelhante foi verificada em pesquisa realizada no México para condições ambientais similares as deste estudo (baixíssima carbonatação em estruturas de concretos na Região litorânea). Por conseguinte, pode-se atribuir ao ataque de íons cloreto as corrosões das armaduras(CASTRO,2000)

Nesse contexto, os fatores prováveis na limitação da carbonatação são: proximidade do mar e elevada resistência a compressão da estrutura de concreto. Nessas condições, pode-se dizer que em ambientes com substancial umidade e salinidade, a penetração do CO₂ é dificultada (LOPEZ,1993).

A condição ideal para o avanço da carbonatação ocorre em ambientes com umidades entre 50% e 70% , o que não se observa em Recife, uma vez que nessa cidade a umidade relativa do ar apresenta valores característicos superiores aos supra mencionados(NEVILLE,2007).

Relativo aos teores de cloreto, diferentemente da carbonatação, foi encontrado em todas as amostras, onde se analisaram de forma comparativa com o estabelecido em normas pertinentes.

É sabido que o banho da nevoa salina propicia as peças de concreto o transporte de íons cloreto suficiente para se combinar (capturar) com elementos que constituem a camada passivadora e protetora da armadura, despassivando-a (CARNEIRO,2007).

Dentro das três amostras (amostra 1, 2 e 3) foram encontrados os percentuais de cloreto (Cl- em relação a massa de cimento) conforme a Tabela 04 e a Figura 7:

Tabela 4 - Resultados dos teores de cloreto

Referência da Amostra	Profundidade (mm)	% Cl (massa de concreto)	% Cl (massa de cimento)
Amostra 1 - Ciclo de molhagem e secagem com água do mar, 48 meses de exposição	0,0 a 0,5	0,2068	1,293
	0,5 a 1,5	0,1262	0,789
	1,5 a 2,5	0,0630	0,394
Amostra 2 - Lado leste da Réplica, exposição de 48 meses	0,0 a 0,5	0,0648	0,406
	0,5 a 1,5	0,0249	0,156
	1,5 a 2,5	0,0197	0,123
Amostra 3 - Lado oeste da Réplica, exposição de 48 meses	0,0 a 0,5	0,0640	0,400
	0,5 a 1,5	0,0300	0,187
	1,5 a 2,5	0,0141	0,088

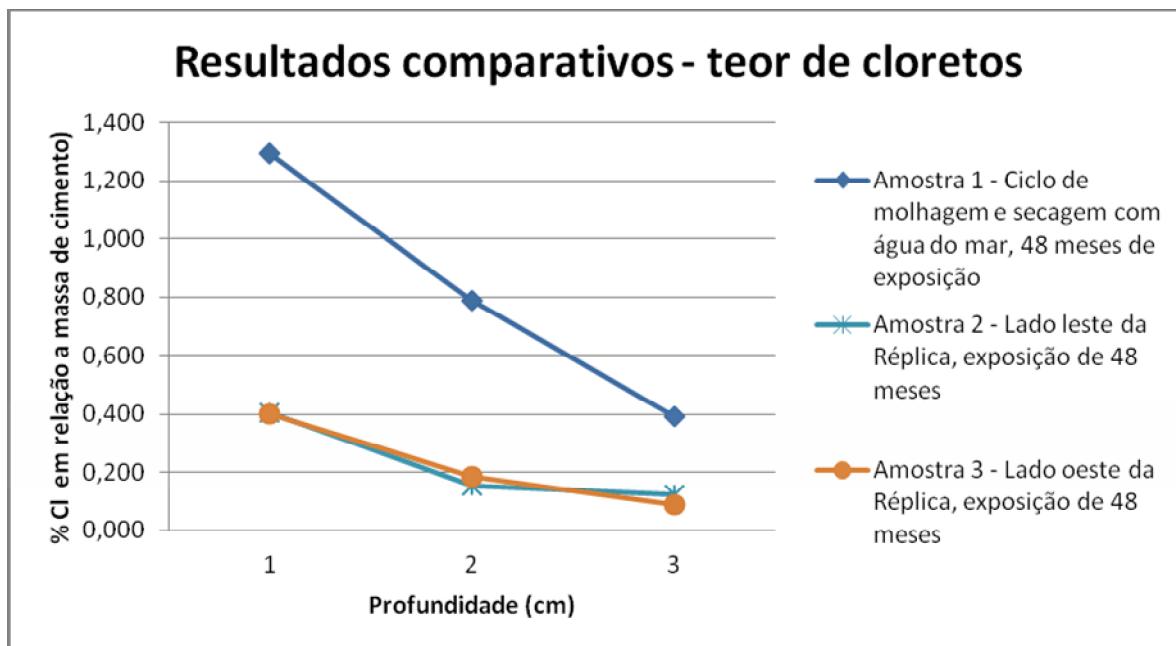


Figura 7 - Resultados dos teores de cloreto

Referente aos valores dos teores de cloreto apresentados nas amostras secas, percentuais similares também foi encontrado em pesquisa realizada em área próxima a orla marítima da cidade do Recife (CASTRO, 2000).

Ademais, concernente a concentração de cloreto encontrada em peças de concreto armado, verificou-se em pesquisas realizadas (Yucatan – México; Maracaibo – Venezuela e Recife – Brasil) que o percentual dessa concentração era tanto maior quanto menor fosse a altitude (até 7,5 m aproximadamente) e a qualidade do concreto (elevada relação a/c), bem como, quanto maior fosse o período de exposição em meio ambiente de agressividade severa. Também não se encontrou cloreto em regiões de elevadíssima umidade ou seca, observando, entretanto, altos teores de cloreto em concretos que sofreram ciclos de molhagem e secagem constantes (CASTRO, 2000).

Sabe-se que, alguns pontos devem ser considerados para avaliar os percentuais de cloreto, tais como, tipo de cimento, finura, dentre outros. Por conseguinte, existem parâmetros de teores de cloreto prescritos em normas, como: BS 8110, CEB e ENV 206 - 0,4% (em relação a massa de cimento); ACI 318 - 0,30% (em relação a massa de cimento) e JCSE - 0,6% (em relação a 1 m³ de concreto).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Verificou-se na amostra 1 um elevado teor de cloreto (bem acima do prescrito em normas pertinentes) em todas as camadas nas profundidades até 2,5 cm. Essa conclusão pode ser explicada pelo processo do ciclo de molhagem e secagem imposto a réplica, uma vez que a difusão acelera o transporte de massa (ions cloreto) no interior do concreto, concomitantemente com o uso da própria água do mar. Vale destacar essa amostra buscou simular obras sujeitas a condições similares.
- Nas amostras 2 e 3 não se verificou, em nenhuma profundidade estudada, teores de cloreto consideráveis (em relação ao teor de cimento, e, prescrito em normas

pertinentes). Esse contexto encontrado pode ser explicado, mais uma vez, pela adição de filler calcário, haja vista que ocorre o efeito filler (tamponamento de poros) e maior empacotamento do concreto no estado fresco, deixando-o material mais denso.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Tecomat – Tecnologia da Construção e Materiais, pela contribuição nessa pesquisa e ao Programa de Pesquisa (Iniciação Científica) e Extensão da Faculdade do Vale do Ipojuca - FAVIP pelo apoio incondicional para realização desse trabalho, característica imperativa dessa Instituição de Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 6118: Projeto e execução de obras em concreto armado. Rio de Janeiro, 2007.

ANDRADE, M. C. P. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. 1.ed. PINI. São Paulo, 1992.

ANDRADE, J. J. O. (1997) Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Goiás. Goiás.

CASTRO, P.; RINCON, O; T.; PAZINI, E. J. Interpretation of chloride profiles from concrete exposed to tropical marine environments. Cement and Concrete Research. Pergamo, 2000.

CARNEIRO, A. M. P. Notas de Aula da Disciplina: Patologia das construções – Pós-graduação em estruturas, UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.

Earth.google.com. .Net, abril. 2012. Disponível em: <<http://earth.google.com/.htm>>. Acesso em: 25 abril. 2012.

GALVÃO, S. P. Avaliação do desempenho de argamassas de reparo estruturais à base de cimento Portland modificadas por polímeros e contendo adições minerais. Dissertação de Mestrado (UFG), 2004).

HELENE, P. R. L. Vida útil das estruturas de concreto. In: IV CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES. Porto Alegre, 1997.

HELENE, P. R. L. (1992) Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto. Editora PINI. São Paulo.

LOPEZ, W.; GONZALES, J. A. Influence of the degree of pore saturation on the resistivity of concrete Research, 1993.

MOTA, J. M. F. Influência da Argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão Axial em Prismas de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos. Dissertação de Mestrado. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006. PE – Universidade Federal de

Pernambuco, Recife, 2006. NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 2. ed. PINI. São Paulo, 1997.

MOTA, J. M. F.; COSTA, E. SILVA, A. J.; BARBOSA, F. D.; ANDRADE, T. W. C.; DOURADO, K. C. A. (2010) **Avaliação da contaminação por íons cloreto em amostras de concreto submetidas a condições agressivas.** VI Congreso de Patología y Recuperación de Estructuras. Cordobá, Argentina.

OLIVEIRA, R. A. e PIRES SOBRINHO, C. W. A. **Acidentes com prédios construídos com alvenaria resistente na região metropolitana do Recife.** DAMSTRUC, João Pessoa – PB, 2006.

PONTES, R. B.; MONTEIRO, R. A.; OLIVEIRA, R. A.; PAIVA, S. C. (2007) **Levantamento da concentração de cloretos em zona costeira do Recife-PE.** IX CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA. Quito – Equador.

SELMO, S. M. S.; MORENO Jr, R.; MITRE, M. P. (2000) **Caracterização básica das argamassas de reparos para estruturas de concreto industrializadas no Brasil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS. Lisboa.

SILVA, E. F.; GOMES de SA, C.; RAMIREZ, M. C.; RIBAS SILVA, M.; KROPP, J. **Panteão da pátria Tancredo Neves – Monumento histórico de Brasília.** In: VII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION – CONPTA. México, 2003.