



V SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Rio Grande, 07 a 09 de Novembro de 2012

META-ANÁLISE DOS DADOS DE INTENSIDADE DE CORROSÃO DOS ESTUDOS BRASILEIROS SOBRE CORROSÃO DE ARMADURAS POR AÇÃO DE ÍONS CLORETO

Ariela da Silva Torres¹, Stael Amaral Padilha², Luis Carlos Pinto da Silva Filho³

¹ Dra, Professora da Universidade Federal de Pelotas e da Universidade Católica de Pelotas
e-mail: arielatorres@gmail.com

² Engenheiro Civil – Pelotas/RS/Brasil.
Email: staelpadilha@hotmail.com

³ PhD, Professor/Pesquisador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
e-mail: lcarlos66@gmail.com

RESUMO

Um dos principais problemas patológicos verificados nas estruturas de concreto armado é a corrosão das armaduras, desencadeada, principalmente, pelo ingresso de íons cloreto e gás carbônico para o interior do concreto. Sendo o Brasil com uma extensa costa marítima os casos de corrosão por íons cloreto são expressivos nas patologias que ocorrem nas estruturas de concreto armado. Inúmeros levantamentos estatísticos vêm sendo realizados nos últimos anos. Eles evidenciam a considerável incidência e seriedade dos processos patológicos atuantes sobre as estruturas de concreto, além de que vêm demonstrando de forma clara que a corrosão de armaduras no concreto é o processo de maior frequência nas construções, sendo também, na maioria dos casos, o que gera os maiores problemas financeiros e quanto a segurança dos usuários. Este trabalho se caracteriza como uma meta-análise dos dados obtidos dos estudos que utilizou a técnica eletroquímica de intensidade de corrosão. A técnica estatística utilizada para avaliação foi à análise por variância e a origem dos dados é nos trabalhos de teses e dissertações desenvolvidos no Brasil. A análise de variância da técnica eletroquímica apresentou resultados satisfatórios vistos os coeficientes de determinação, mas principalmente por se tratar de grande banco de dado, onde diversos estudos por diferentes grupos de pesquisas foram considerados, sem terem técnicas padronizadas desde a concretagem dos corpos-de-prova até as leituras dos ensaios. De qualquer maneira, os resultados por ANOVA foram considerados satisfatórios para as técnicas eletroquímicas em estudo.

Palavra-Chave: corrosão, cloretos, meta-análise

1. INTRODUÇÃO

De forma geral, especificamente, em relação à armadura do concreto armado, pode-se definir corrosão das armaduras como um processo eletroquímico que tem como consequência a deterioração do aço, causando perda de funcionalidade.

A partir da gravidade deste problema patológico em estruturas de concreto armado, e da extensa costa marítima do nosso país, cada vez mais pesquisadores procuram aprofundar conhecimentos nesse assunto. A partir deste princípio este trabalho teve como objetivo realizar uma análise estatística (meta-análise) dos trabalhos brasileiros de teses e dissertações que utilizaram a técnica eletroquímica intensidade de corrosão (icorr).

1.1 Técnicas eletroquímicas para medição do processo corrosivo de armaduras

O uso de técnicas eletroquímicas na avaliação do processo corrosivo de armaduras de estruturas de concreto é difundido mundialmente, pois estas técnicas permitem não somente uma avaliação cinética instantânea da corrosão, como também uma avaliação das reações parciais e suas respectivas variáveis intervenientes no fenômeno global.

Existem diversas técnicas eletroquímicas, entre elas: determinação do coeficiente de difusão, migração de cloretos, teor de cloretos, resistividade, curvas de polarização, resistência à polarização, impedância eletroquímica, intensidade de corrente galvânica, ruídos eletroquímicos, entre outros. Porém as técnicas mais utilizadas no Brasil são Medidas instantâneas de corrente de corrosão, mapeamento da corrosão através do potencial de corrosão e resistividade ôhmica.

1.1.1 Ensaio de Intensidade de corrosão (icorr)

Icorr representa um valor instantâneo, ou seja, em um momento do ensaio acelerado que está sendo realizado (ANDRADE et al, 1996). Quando registrado periodicamente pode se obter a evolução do processo corrosivo. Portanto, intensidade de corrosão e taxa de corrosão são diferentes, mas usados para o mesmo propósito. Valores isolados de Icorr são utilizados para comparar corpos-de-prova ou estruturas reais e registram a intensidade de corrosão ou corrente naquele momento. Ao integrar os dados durante todo o tempo de ensaio, chega-se ao valor de taxa. Intensidade de corrosão tem como unidade $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ e taxa de corrosão $\mu\text{m}/\text{ano}$, assumindo que a corrosão ocorre de maneira uniforme na armadura. Ensaio que envolvem esta técnica eletroquímica são extremamente sensíveis, fazendo leitura de corrente elétricas de valores baixos.

Além de realizar a leitura direta da intensidade de corrente, pode-se determinar seu valor utilizando outra técnica eletroquímica: resistência à polarização. A resistência à polarização representa a inércia que um sistema possui em desenvolver um processo eletroquímico de corrosão, isto é, um processo de transferência de carga elétrica do metal. Sendo assim, quanto maior for a resistência à polarização, menos intensas serão as velocidades de corrosão encontradas (CASCUDO, 1997).

Para utilização da técnica aplica-se uma pequena polarização em torno do potencial de corrosão livre do metal em análise (Ecorr) e a partir daí registram-se os incrementos de corrente originados da polarização imposta e traça-se um gráfico de potencial versus corrente.

$$R_p = \frac{\Delta E}{\Delta I} \quad (1)$$

A Tabela 4 classifica a velocidade do processo corrosivo a partir da intensidade de corrosão determinada em leituras instantâneas ou determinar pelo método de resistência a polarização.

Tabela 4: Critérios para avaliar os resultados de velocidade de corrosão

icorr ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Velocidade do processo
10-100	Muito elevada
1-10	Elevada
0,1-1	Moderada
<0,1	Desprezível

Fonte: MILLARD, 2001

1.2 Meta-análise

Uma meta-análise visa extrair informação adicional de dados preexistentes através da união de resultados de diversos trabalhos e pela aplicação de uma ou mais técnicas estatísticas, ou seja, aplicação de um novo tratamento estatístico. É um método quantitativo que permite combinar os resultados de estudos realizados de forma independente (geralmente extraídos de trabalhos publicados) e sintetizar as suas conclusões ou mesmo extrair uma nova conclusão.

2. METODOLOGIA

Para orientar a busca de dados se efetuou uma revisão das pesquisas em corrosão realizadas no Brasil, isso permitiu a identificação de grupos de pesquisa associados ao tema e seus respectivos coordenadores. Com base nesse levantamento foram efetuados contatos e pesquisas em sites para obtenção dos trabalhos de dissertação e teses disponíveis no Brasil.

Após a análise preliminar, para subsidiar o prosseguimento do trabalho, foi efetuada a definição das variáveis de interesse (ou seja, as variáveis de resposta, dependentes, e as variáveis independentes, fatores) que seriam usadas nas modelagens estatísticas. Foi necessário efetuar essa análise prévia para que se pudesse iniciar a coleta de dados de cada um dos trabalhos.

Estando definidas as variáveis (dependente-resposta e independente-fator) o próximo passo deste estudo foi definir as técnicas estatísticas a serem utilizadas na meta-análise. Dentre as diversas técnicas estatísticas existentes foram escolhidas, com o apoio do Departamento de Estatística da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, duas técnicas distintas para realização da Meta-análise do banco de dados sobre ação da corrosão por íons cloreto em concreto armado: (i) a Análise de Variância (ANOVA) e (ii) a Regressão Linear. A Análise de Variância foi utilizada para determinar as diferenças entre os grupos estudados e assim revelar as suas significâncias. Entretanto ANOVA não é uma técnica de modelagem; assim, a Regressão Linear foi então utilizada na tentativa de se estabelecer equações entre as variáveis dependentes (resposta) e independentes (fatores).

2.1 Seleção das variáveis independentes

A determinação das variáveis independentes (ou fatores) é baseada nos fatores que influenciam o processo corrosivo por íons cloreto e nas informações que os trabalhos (teses e dissertações) disponibilizam, assim permitindo a classificação dos trabalhos.

O número de variáveis que cada fator é classificado é também um elemento importante, pois interferirá no fatorial a ser realizado. Experimentos fatoriais envolvem uma variável de resposta e n fatores controláveis com vários níveis cada um.

Cabe salientar que, em 2003, Ahmad relatou que fatores internos que afetam a ação da corrosão das armaduras como: quantidade de C_3A do cimento, relação a/c, tipos de agregados, tipo de cura, adição de cloretos no concreto são também importantes na escolha das variáveis independentes. A partir deste conceito as variáveis independentes escolhidas para esta análise foram: tipo de cimento (Bakker, 1988, comprovou que a quantidade de C_3A presente no clínquer do cimento determina a capacidade de combinação com os íons cloreto); ocorrência de ciclo de imersão e de secagem; relação água/cimento; adição minerais e tempo da realização das medidas.

2.2 Formação do banco de dados

Objetivando a elaboração do banco de dados para análise estatística foi necessário inicialmente codificar as variáveis qualitativas, possibilitando assim o lançamento dos dados no programa SPSS (versão 11.0.1) e as avaliações posteriores.

Para visualizar melhor a ocorrência das variáveis dependentes (resposta) foi confeccionado o gráfico tipo scatterplot, que permite a visualização de uma possível associação entre variáveis quantitativas.

A Figura 1 mostra o comportamento da variável dependente (resposta) intensidade de corrosão (i_{corr}). O gráfico mostra que grande parte dos dados está na faixa abaixo de $1 \mu A/cm^2$ e assim com um comportamento muito similar ao longo de períodos de tempo.

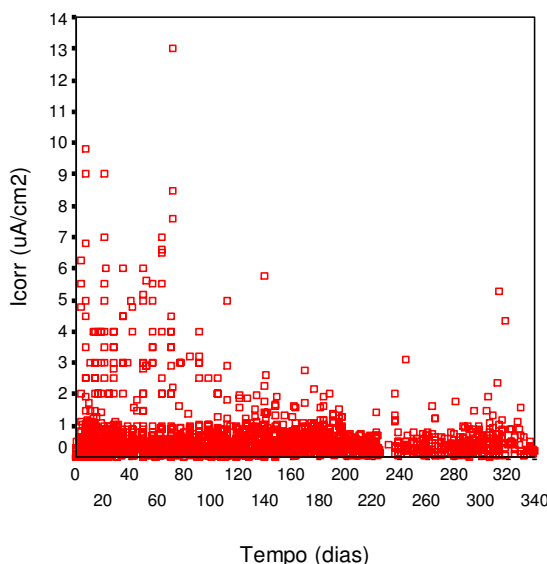


Figura 1. Scatterplot i_{corr} x tempo

A partir da Figura 1 optou-se por utilizar a variável tempo em períodos de 10 dias até completar um ano de ensaio e após todos os dados serem considerados mais de um ano. Pelos gráficos não fica bem claro o tamanho certo do período de tempo que manteve-se o comportamento semelhante, porém observa-se que após 1 ano de ensaios o comportamento manteve-se com desempenho similar nas medidas eletroquímicas.

A Tabela 1 mostra a codificação das variáveis. A mesma foi baseada numa definição dos níveis de variáveis, efetuada com base nos argumentos descritos a seguir:

Tabela 1: Codificação das variáveis qualitativas

Variável a ser analisada	icorr	
	Variável qualitativa	Variável quantitativa
Tipo de cimento	CPIIF32	1
	CPIV	2
	CPVARI	3
Ciclo de imersão e secagem	Com ciclo	0
	Sem ciclo	1
Relação a/c	0,3 – 0,49	1
	0,5 – 0,59	2
	0,6 - 0,8	3
Adição de material	Com adição	0
	Sem adição	1
Tempo	Períodos de 10 dias	

A partir desta codificação, foi realizado um teste de frequência no banco de dados e o resultado foi considerado satisfatório, porém considera-se que há falhas em algumas combinações.

3. RESULTADOS

3.1 Análise estatística por Análise de variância – ANOVA

A análise de variância tem como objetivo verificar a existência de diferença significativa entre as médias. As tabelas de resultados da ANOVA apresentam as variáveis em estudo, o grau de liberdade (GL) que é número de níveis das variáveis menos 1, soma dos quadrados dos grupos, média dos quadrados dos grupos, Teste F que é a relação entre a média dos quadrados do modelo e dos resíduos e o valor de p que apresenta a significância, visto que o valor de α utilizado neste trabalho foi de 5%. As interações com mais de dois fatores foram excluídos das análises em função de não acreditar da sua relação com as estruturas reais ou com o ensaio, e também as interações sem repetições não puderam ser calculadas em função da falta de dados para determinação da soma quadrada dos fatores.

As tabelas das médias e desvios padrão apresentam as variáveis, os níveis da codificação, a quantidade da amostra (N), a média da amostra e o desvio padrão de cada amostra de cada nível das variáveis independentes (fatores).

3.1.1 Intensidade de Corrosão (icorr)

A Tabela 2 mostra os resultados da ANOVA para os dados de intensidade de corrosão considerados no banco de dados versão 4, e nota-se uma significância, menor do que a encontrada nos resultados do Ecorr.

O coeficiente de determinação foi de 26,91%. Sendo assim entorno de 27% das variáveis independentes explicam o resultado da variável dependente icorr. Este valor representa a grande variabilidade dos dados e ainda que este ensaio faz um estudo pontual do processo corrosivo o que pode interferir na análise dos resultados. O Coeficiente de variação foi de 0,70 e a média da variável de 0,53.

Tabela 2: ANOVA para a variável dependente – resposta - Icorr

Variáveis	GL	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Teste F	Valor p
Modelo	146	486,32	3,33	6,73	0,0001
Resíduos	2668	1320,43	0,49		
Total	2814	1806,76			

A Tabela 3 mostra a ANOVA para as variáveis independentes (fatores) que foram estudadas. A variável ciclo de imersão e secagem e não foi considerada significativa. Mesmo sabendo que este ensaio tem como característica exibir a quantidade de material que sofreu oxidação em função do tempo, a variável ciclo de imersão e secagem é uma variável que interfere diretamente no processo corrosivo visto que para ocorrer corrosão de armaduras é necessário a presença de um agente agressivo, que no caso dos trabalhos analisados nesta tese é o íon cloreto. Portanto esta falta de significância nos dados, não é uma afirmação da falta de necessidade do uso de um método de indução de cloretos e sim da grande variabilidade dos dados coletados dos trabalhos. Acredita-se que esta variabilidade esteja ligada aos diferentes objetivos que cada pesquisa teve, provocando dados diversos.

As relações cimento*relação a/c, ciclo*tempo, material*tempo não foram consideradas significativas também pela ação da variabilidade dos dados.

As interações ciclo*relação a/c, cimento*ciclo e ciclo*material, não puderam ser calculadas em função da falta de repetição dos dados, desta maneira impossibilitando a soma quadrada, já que esta técnica de cálculo necessita no mínimo duas amostras de cada dado estudado. Esta análise comprova os resultados da análise descritiva, que mostrou os estudos que faltam ser realizados para completar esta meta-análise.

Por exemplo, houve somente um dado nas seguintes combinações:

CPIIF+com ciclo+a/c: 0,3-0,49+sem material+1-15 períodos

CPIIF+com ciclo+a/c: 0,6-0,8+sem material+4 período

CPIV+com ciclo+a/c: 0,6-0,8+sem material+01-08 períodos

Tabela 3: ANOVA para as variáveis independentes –fatores – para Icorr

Variáveis	GL	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Teste F	Valor p
Tipo de cimento	2	26,29	13,14	26,57	0,0001
Ciclo de imersão e secagem	1	0,21	0,21	0,44	0,5059
Relação a/c	2	32,73	16,36	33,07	0,0001
Adição material	1	2,22	2,22	4,49	0,0342
Tempo	18	22,93	1,27	2,58	0,0003
Tipo de cimento*relação a/c	2	0,89	0,44	0,91	0,4046
Ciclo*relação a/c	0	0	-	-	-
Relação a/c*material	2	12,88	6,44	13,01	0,0001
Relação a/c*tempo	32	42,09	1,31	2,66	0,0001
Cimento *ciclo	0	0	-	-	-
Cimento*material	2	3,83	1,91	3,87	0,0209
Cimento*tempo	24	25,43	1,05	2,14	0,0010
Ciclo*material	0	0	-	-	-
Ciclo*tempo	1	0,06	0,06	0,12	0,7272
Adição material*tempo	18	6,46	0,35	0,73	0,7876

A Tabela 4 mostra o baixo “n” para a variável sem ciclo de imersão e secagem, o que pode justificar a sua falta de significância na análise individual nas variáveis e também da necessidade do uso de uma técnica de indução de cloretos para que o processo corrosivo ocorra.

Também torna-se evidente a diferença do tamanho da amostra entre os tipos de cimento, onde o cimento com maior número de dados foi CPIIF-32 e para o intervalo da relação a/c (0,5-0,59). Importante também o fato de que o intervalo de relação a/c maior que 0,6 obtém um número significativamente maior que o primeiro intervalo, inferior a 0,49, importante para avanço das pesquisas para manutenção e reparo de estruturas.

Para a variável adição de material, a quantidade de dados com o uso de materiais pozolânicos foi 100% maior, mostrando a certeza dos pesquisadores da influência positiva do uso destes materiais em evitar patologias das estruturas e desta maneira da necessidade de estudar o efeito da adição para o processo corrosivo.

Em relação a variável tempo, todos os períodos foram contemplados com dados e assim comprovando a boa escolha deste banco de dados para uma análise com o menor número de falhas, sabendo-se das falhas nas interações das variáveis como relatadas anteriormente.

Tabela 4: Médias e Desvios padrão dos fatores envolvidos para a variável resposta icorr

Fatores	Níveis dos fatores	N	Média	Desvio Padrão
Tipo de cimento	1	2319	0,48	0,60
	2	175	0,47	0,90
	3	321	0,90	1,53
Ciclo de imersão e secagem	0	2807	0,53	0,80
	1	8	0,17	0,03
Relação a/c	1	71	0,19	0,85
	2	2056	0,41	0,41
	3	688	0,93	1,34
Adição de material	0	1981	0,56	0,80
	1	834	0,45	0,79
Tempo	1	221	0,57	1,29
	2	198	0,57	0,78
	3	233	0,68	1,12
	4	105	0,67	1,03
	5	152	0,65	0,94
	6	110	0,64	1,09
	7	145	0,75	1,26
	8	116	0,51	0,60
	9	114	0,38	0,34
	10	149	0,46	0,59
	11	74	0,44	0,48
	12	136	0,36	0,52
	13	108	0,39	0,39
	14	84	0,44	0,37
	15	101	0,58	0,69
	16	62	0,44	0,32
	17	85	0,54	0,41
	18	50	0,55	0,38
	19	572	0,45	0,45

Os resultados dos três testes de homogeneidade de Levene, Brown & Forsythe e Bartlett foram significativos ocorrendo diferença entre os fatores, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Resultados dos três tipos de teste de homogeneidade

Teste	Resultado
Levene	F = 4,99
Brown & Forsythe	F = 6,77
Bartlett	Q2 = 3937,20

3.2 Análise estatística por Regressão Linear

A regressão linear é uma técnica estatística que procura uma relação ou equação que explique a variável dependente (resposta) através das variáveis independentes (fatores), o nível de significância considerado no estudo foi de 5%.

O coeficiente de determinação, em função da regressão linear, foi de 8,5% para intensidade de corrosão. O que torna o resultado sem credibilidade, em função de menos de 10% dos resultados serem explicados pela relação entre as variáveis dependentes e independentes (tipo de cimento, relação a/c, ciclo de imersão e secagem, adição de materiais e tempo). Porém esta falta de credibilidade pode ser em função da grande variabilidade dos dados, ou ainda, pela falta de padronização dos ensaios realizados pelos diversos grupos de pesquisas nacionais.

Na Tabela 6, as variáveis independentes (fatores) tipo de cimento, ciclo de imersão e secagem e tempo não foram significativas. Este resultado é contrário às certezas já obtidas pelos pesquisadores da área de corrosão de armaduras por ação de íons cloreto, já que, pelo próprio nome de classificação da área, para acontecer à corrosão de armaduras há a necessidade de haver íons cloreto no concreto e para que ocorra isso, em laboratório, utiliza-se algum método de indução de cloretos, neste caso ciclo de imersão e secagem.

Também, como já mencionado no item anterior, o tipo de cimento interfere diretamente no processo corrosivo, portanto esta falta de significância é em função dos dados coletados e não como uma certeza da variável não interferir na corrosão.

Acredita-se que estas variáveis sem significância sejam em função da variabilidade dos dados coletados, pois cada pesquisa tinha uma meta de estudo diferente o que proporciona, muitas vezes, variáveis que interferem no resultado final do uso da técnica eletroquímica, tais como: temperatura, umida, mão-de-obra de execução dos cps, etc.

Já a falta de significância da variável tempo é de melhor entendimento entre a estatística e a realidade das estruturas, visto que o ensaio de intensidade de corrosão faz um estudo pontual do processo corrosivo, desta maneira define se há ou não naquela armadura degradação por corrosão.

Tabela 6: Coeficientes da regressão linear para Icorr

Variável	Coeficiente angular	Erro padrão	t	Significância
Constante	-0,44	0,07	-5,71	0,00
Tipo de cimento	0,04	0,02	1,69	0,09
Ciclo de imersão e secagem	-0,22	0,27	-0,80	0,42
Relação a/c	0,44	0,03	13,48	0,00
Adição material	-0,08	0,03	-2,64	0,01
Tempo	-0,00	0,00	-1,59	0,11

A Tabela 7 mostra as correlações entre as variáveis através do coeficiente de Pearson e do nível de significância entre icorr e as variáveis independentes. Nesta análise apenas o fator ciclo de imersão e secagem manteve-se sem significância. O que, como já descrito, não é uma situação a ser considerada fora de uma avaliação estatística pela necessidade da presença de íons cloreto para que ocorra a corrosão.

Tabela 7: Correlações entre as variáveis

		Tipo de cimento	Ciclo	Relação a/c	Adição material
Tipo cimento	Correlação de Pearson	1	-0,02	0,38	-0,08
	Significância		0,21	0,00	0,00
Ciclo	Correlação de Pearson	-0,02	1	-0,02	0,08
	Significância	0,21		0,18	0,00
Relação a/c	Correlação de Pearson	0,38	-0,02	1	-0,01
	Significância	0,00	0,18		0,42
Adição material	Correlação de Pearson	-0,08	0,08	-0,01	1
	Significância	0,00	0,00	0,42	
Tempo	Correlação de Pearson	-0,35	-0,07	-,134	0,14
	Significância	0,00	0,00	0,00	0,00
Icorr	Correlação de Pearson	0,15	-0,02	0,28	-0,06
	Significância	0,00	0,21	0,00	0,00

Ao realizar a análise estatística dos dados sem resíduos o valor do R^2 continuou muito baixo $R^2 = 10,2\%$. Na tentativa de análise estatística dos dados sem a variável não significativa (tipo de cimento, ciclo de imersão e secagem e tempo) em ambos os estudos dos dados, com e sem resíduos, obtiveram valores de coeficiente de determinação inferiores a 9%.

Em função destes dados serem baixo optou-se por não plotar os dados com as equações que foram geradas. Acredita-se que com o aumento das pesquisas com o ensaio de intensidade de corrosão e assim ampliando o banco de dados deste ensaio o modelo gerado por regressão linear deve ser bem mais confiável.

Por ANOVA apenas a variável ciclo de imersão e secagem foi não significativa, enquanto por regressão além do ciclo de imersão e secagem, o tipo de cimento e tempo também foi considerado. Importante salientar que a técnica de regressão linear diagnosticou a falta de significância para o tipo de cimento, que como já foi discutido, é uma conclusão inviável com a realidade do processo corrosivo.

4 CONCLUSÕES

A partir das análises feitas nesta tese, com uso de abordagens estatísticas para efetuar uma análise descritiva e uma meta-análise por ANOVA e por Regressão linear de dados obtidos de trabalhos de tese e dissertação desenvolvidos pelos principais grupos de pesquisa do Brasil atuantes na área de corrosão de estruturas de concreto armado, é possível concluir:

- Uso da técnica estatística ANOVA se mostrou uma ferramenta interessante para esta meta-análise, visto os bons resultados encontrados. Também seu uso foi muito útil para que se possa entender a realidade da pesquisa sobre corrosão de estruturas de concreto armado no Brasil.
- O uso da técnica estatística de regressão linear não foi considerado adequado para esta meta-análise em função dos baixos valores encontrados para o coeficiente de determinação. Porém acredita-se que se forem realizadas novas análises com funções não lineares os resultados deverão ser melhores em função da grande variabilidade dos dados coletados nos trabalhos de teses e dissertações.

A partir da avaliação descritiva e estatística das pesquisas já realizadas foi possível identificar quais estudos ainda são necessários. A Tabela 8 é uma síntese destes trabalhos que faltam para completar esta rede de estudos de corrosão de armaduras de estruturas de concreto armado por ação de íons cloreto.

Tabela 8: Trabalhos que faltam ser realizados na área de corrosão de armaduras por ação de íons cloreto

Tipo de ensaio	Tipo de cimento	Indução de cloretos	Relação a/c	Adição material
Icorr	CPII-E	Sem ciclo	>0,55 e < 0,55	CV, SA, EAF e Metacaulim
	CPIV			
	CPV-ARI	Com e sem ciclo	>0,65 e <0,65	CCA, CV, SA e Metacaulim
	CPII-F	Sem ciclo	>0,55 e < 0,55	CCA, CV, SA, EAF e Metacaulim
			>0,50 e < 0,50	CV e Metacaulim
		Com ciclo	>0,7 e < 0,6	Sem adição

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S. Reinforcement corrosion in concrete structures, its monitoring and service life prediction – a review. *Cement & Concrete Composites*, Vol. 25, 2003, p. 459-471.
- Andrade, C.; Alonso, C. Corrosion rate monitoring in the laboratory and on-site. *Construction and Building Materials*, vol. 10, n. 5, p. 315-328, 1996.
- Bakker, R.F.M. Initiation Period. *Corrosion of Steel in Concrete; State of the Art Report*. Cap. 3, RILEM TC60-CSC, Editor Peter Schiessl, Ed. Chapman & Hall, p. 22-54, 1988.
- Cascudo, O. O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: PINI, 1997. 237 p.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O(s) autor(es) é(são) os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste paper.