

CETESB	DETERMINAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE DE MEIO AQUOSO AO CONCRETO Procedimento	L1.007 Revisão DEZ/88
--------	---	-----------------------------

SUMÁRIO	Pág.
1 Objetivo.....	1
2 Normas complementares.....	1
3 Definições.....	2
4 Classificação da ação agressiva.....	3
5 Condições gerais.....	4
6 Condições específicas.....	5
Anexo A - Planos de amostragem e métodos de coleta de amostra...	9

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para determinação do grau de agressividade do meio aquoso ao concreto.

1.2 Estabelece, também, os critérios para caracterização das condições de exposição que influem no grau de agressividade do meio em contato com o concreto.

2 NORMAS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma deverão ser consultadas as seguintes normas:

a) da CETESB:

- L5.145 - Determinação de pH em águas - Método eletrométrico - Método de ensaio
- L5.102 - Determinação de alcalinidade em águas - Método da titulação potenciométrica até pH pré-determinado - Método de ensaio
- L5.149 - Determinação de resíduos em águas - Métodos gravimétricos - Método de ensaio
- L5.124 - Determinação da dureza total em águas - Método titulométrico do EDTA - Método de ensaio
- L5.136 - Determinação de nitrogênio amoniacal em águas - Método da Nesslerização com destilação prévia - Método de ensaio
- L5.113 - Determinação de cloreto em águas - Método do nitrato de mercúrio - Método de ensaio
- L6.200 - Levantamento de dados sobre agressividade de solos a tubulações - Requisitos gerais e amostragem - Procedimento

- L5.109 - Determinação de cálcio em águas - Método da espectrofotometria de absorção atômica - Método de ensaio
- L5.132 - Determinação de magnésio em águas - Método da espectrofotometria de absorção atômica - Método de ensaio
- L5.103 - Determinação de alumínio em águas - Método da espectrofotometria de absorção atômica - Método de ensaio
- L5.133 - Determinação de manganês em águas - Método da espectrofotometria de absorção atômica - Método de ensaio
- L5.126 - Determinação de ferro em águas - Método da orto-fenantrolina - Método de ensaio
- L5.158 - Determinação de zinco em águas - Método da espectrofotometria de absorção atômica - Método de ensaio
- L5.153 - Determinação de sulfato em águas - Método turbidimétrico (para concentrações acima de 40 mg/L deve ser usado o método prescrito pela AWWA - 14ª ed. - 1975) - Método de ensaio
- L5.137 - Determinação de nitrato em águas - Método do ácido fenoldissulfônico - Método de ensaio
- 04.001 - Projeto e execução de estruturas de concreto em obras de saneamento - Procedimento;

b) da ABNT:

- NBR-9254 - Água - Determinação do ácido carbônico agressivo.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.7.

3.1 Agentes agressivos

Agentes químicos capazes de provocar a deterioração do concreto, com prometendo o desempenho da estrutura.

3.2 Meio agressivo

Ambiente que contém um ou mais agentes agressivos.

3.3 Grau de agressividade

Intensidade da agressividade do meio aquoso ao concreto, expresso **por um dos termos: nulo, fraco, médio, forte e muito forte.**

3.4 Grau efetivo de agressividade

Grau de agressividade acrescido ou reduzido em função de condições agravantes ou atenuantes do meio.

3.5 Condições agravantes

Condições do meio que tendem a aumentar a intensidade ou a possibilidade de deterioração do concreto. São exemplos: temperatura elevada, gradientes de pressão, ciclos de molhagem e secagem, renovação constante do meio agressivo.

3.6 Condições atenuantes

Condições do meio que tendem a diminuir a intensidade ou a possibilidade de deterioração do concreto, como: meio agressivo não renovado, ausência de gradientes de pressão.

3.7 Ação agressiva

Modo característico como o agente agressivo atua sobre o concreto.

4 CLASSIFICAÇÃO DA AÇÃO AGRESSIVA

A ação agressiva do meio aquoso pode classificar-se em um dos tipos citados nos itens 4.1 a 4.5.

4.1 Lixiviação

O aglomerante é progressivamente solubilizado. São lixiviantes as águas puras, as águas não salinas ácidas, as águas salinas ácidas (Tabela, colunas 2, 3, 4 e 5).

4.2 Carbonatação

4.2.1 A transformação dos silicatos hidratados do cimento e da portlandita em calcita é progressiva. Em meio aquoso renovado pode haver lixiviação superficial simultânea. Agem deste modo as águas alcalinas bicarbonatadas (Tabela, coluna 6).

4.2.2 As águas alcalinas carbonatadas reagem superficialmente com o aglomerante depositando uma camada de carbonato de cálcio. Estas águas são denominadas incrustantes, não sendo agressivas pela formação da camada que impede a continuidade da reação.

4.3 Troca iônica

O cátion cálcio dos compostos hidratados do cimento é trocado por outros,

a) dando origem a compostos solúveis e lixiviáveis, sendo exem

- ...plo o íon amônio;
- b) dando origem a compostos insolúveis que não contribuem para a resistência mecânica do concreto, sendo exemplo o íon magnésio da água do mar (Tabela, colunas 7, 8 e 9).

4.4 Expansão

Íons do meio reagem com os compostos hidratados do cimento dando origem a outros compostos, que ocupando volume maior resultam em expansão do concreto, é exemplo a ação agressiva do íon sulfato, de águas sulfatadas ou de mar, com formação de gipsita e/ou etringita (Tabela, colunas 10, 11 e 12).

5 CONDIÇÕES GERAIS

Para se classificar o meio quanto à agressividade ao concreto, o seguinte procedimento deve ser atendido:

- a) obter os resultados da análise química, referentes aos seguintes parâmetros:
- pH;
 - anidrido carbônico agressivo (CO_2);
 - alcalinidade: carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-);
 - dureza com EDTA ou por espectrofotometria de absorção atômica dos íons cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), ferro (Fe^{3+}), manganês (Mn^{2+}) e zinco (Zn^{2+});
 - sulfatos (SO_4^{2-}), cloretos (Cl^-), nitratos (NO_3^-) e sulfetos (SO^{2-});
 - amônio (NH_4^+);
 - resíduo não evaporável da água filtrada (sólidos dissolvidos);
- b) atribuir grau de agressividade do agente de acordo com a Tabela; e
- c) adotar o grau de agressividade mais alto quando a água contiver mais de um agente agressivo em diferentes graus.

Nota: A água pode conter mais de um agente agressivo, provocando mais de um tipo de ação agressiva, mais, é preponderante o fenômeno cuja reação tem velocidade maior.

A lixiviação tem reação preponderante sobre a reação de troca iônica e de formação de compostos expansivos. As águas ácidas tem velocidade de lixiviação maior do que as águas puras.

6 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

6.1 O grau de agressividade determinado no capítulo 5, corresponde ao grau efetivo de agressividade em relação a um concreto, nas seguintes condições:

- a) concreto dosado com cimento Portland comum, consumo de 300 kg/m³ e relação água/cimento 0,60;
- b) o concreto está enterrado em solo de areia e pedregulho cujo coeficiente de permeabilidade é maior ou igual a 10^{-3} cm/s;
- c) supõe-se o concreto com tempo de cura inferior a 28 dias e em contato com água em repouso.

6.2 O grau de agressividade, determinado no capítulo 5, deve ser aumentado ou diminuído em função das condições locais.

6.2.1 Condições atenuantes

- a) a água agressiva ao concreto entra em contato com este após 28 dias de sua execução;
- b) a água agressiva ao concreto entra em contato com este algumas vezes por ano;
- c) o concreto se encontra envolvido por terreno reconhecidamente coesivo (baixa permeabilidade), etc.

6.2.2 Condições agravantes

- a) a água está em movimento;
- b) o nível de água varia com frequência (molhagem e secagem);
- c) existe uma pressão hidráulica (gradiente hidráulico) unilateral;
- d) a temperatura da água é superior a 45°C;
- e) a estrutura de concreto é de seção delgada, sendo a menor dimensão de 20 cm aproximadamente, etc.

/TABELA

REVOGADA

TABELA - TIPOS DE AGRESSIVIDADE E VALORES LIMITES PARA A AVALIAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE

Reações	A					B			
	2	3	4	5	6	7	8	9	
Agressividade do meio/aquoso	Fenômeno preponderante de lixiviação incluindo a hidrólise dos compostos de cálcio do aglomerante					Fenômeno preponderante acompanhado de lixiviação			
	Águas puras		Águas não salinas ácidas		Águas salinas alcalinas	Troca iônica			
Grau	sólidos dissolvidos (mg/L)	pH	CO ₂ agressivo (mg/L)	pH	pH	Mg ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻
	> 150	7,0	-	7,0	7,0	< 100	< 150 mg/L	< 100	> 150 mg/L
Nulo	> 150	7,0	-	7,0	-	< 100	< 100	< 100	< 50
Fraca	150 a 50	> 6,0	< 20	> 6,0	-	100 a 150	100 a 150	100 a 150	50 a 100
Média	150 a 50	6,0 a 5,6	20 a 30	6,0 a 5,6	-	150 a 250	150 a 250	150 a 250	100 a 150
Forte	< 50	5,5 a 4,5	> 30	5,5 a 4,5	8 a 9	150 a 500	250 a 500	250 a 500	150 a 250
Muito Forte	< 50	< 4,5	-	< 4,5	> 9	> 600	> 500	> 500	> 250

(continua)

(continuação)

Reações	C		
	Agresividade do meio aquoso	10	11
1	Fenômeno de expansão por formação de gipsita e/ou etringita acompanhada de lixiviação		
	Águas de mar, salobra, de esgoto ou poluída industrialmente		
	SO ₄ ²⁻ (mg/L)		
	Mg ²⁺ < 100 mg/L, NH ₄ ⁺ < 100 mg/L	Mg ²⁺ ≥ 100 mg/L	
	Cl ⁻ < 1 000 mg/L	Cl ⁻ ≥ 1 000 mg/L	NH ₄ ⁺ ≥ 100 mg/L
	< 200	< 250	< 100
Nulo			
Fraca	200 a 350	250 a 400	100 a 200
Média	350 a 600	400 a 700	200 a 350
Forte	600 a 1200	700 a 1500	350 a 600
Muito Forte	> 1200	> 1500	> 600

/ANEXO A

ANEXO A - PLANOS DE AMOSTRAGEM E MÉTODOS DE COLETA DE AMOSTRAA-1 Plano de amostragem de água

A-1.1 Deve-se elaborar um plano de amostragem de água para os locais onde serão construídas ou já se encontrem as estruturas de concreto, sujeitas ao contacto com águas subterrâneas ou superficiais. Esse plano tem por finalidade permitir um análise das condições do meio que venha a estar ou esteja em contacto com estruturas de concreto de uma obra qualquer.

A-1.1.1 Como toda e qualquer obra em que intervêm estruturas de concreto possui características particulares no que se refere a sua finalidade, local da construção, tempo de vida útil desejada, custos, etc., um especial plano de amostragem de água deve ser elaborado para cada tipo de obra.

A-1.1.2 O parecer final quanto às condições de agressividade de um determinado meio ao concreto será obtido através da análise dos resultados dos exames químicos efetuados nas amostras de água coletadas.

A-1.2 Devem-se coletar amostras de água em pontos situados a várias profundidades, de uma mesma formação geológica, quando a estrutura de concreto estiver sujeita ao contacto com águas subterrâneas. Esses pontos de coleta, locados numa mesma vertical, devem distanciar-se de 1 m a 5 m, inclusive, em relação a seu antecedente e procedente.

A-1.3 As partes de uma estrutura de concreto que forem consideradas críticas no que se refere aos esforços solicitantes deverão ter uma atenção especial quanto ao meio em que se localizarem. Um número maior de coletas e, eventualmente, de pontos a serem amostrados deverão ser definidos para obtenção de dados mais representativos quanto à agressividade do meio.

A-1.4 Deve-se levar também em consideração uma frequência de coleta de amostras num mesmo ponto.

A-1.4.1 Sugere-se um mínimo de duas coletas num mesmo ponto, havendo entre ambas, um intervalo de no mínimo 10 dias.

A-1.4.2 Se os resultados dos exames químicos das amostras coletadas num mesmo ponto apresentarem valores dúbios ou discrepantes entre si, uma terceira amostra deverá ser providenciada.

A-1.5 Com relação às águas superficiais (rios, lagos, canais naturais ou artificiais, etc.), devem também ser coletadas amostras, a várias profundidades, em intervalos de distância, na vertical, não menores que 1 m e não maiores que 5 m, dependendo de cada caso particular. São válidas as prescrições de A-1.3 e A-1.4.

A-2 Plano de amostragem de solos

A-2.1 Como para água, são válidas para solos as mesmas prescrições de A-1.1, A-1.2, A-1.3 e A-1.4.

A-3 Método de coleta de amostras de água

A-3.1 Água do sub-solo

A-3.1.1 Para a coleta de água do sub-solo, a profundidades desejadas, devem ser feitas perfurações, utilizando-se trados apropriados, além de outros equipamentos eventualmente necessários.

A-3.1.2 Após a execução da perfuração para alcançar o ponto desejado de coleta, devem ser tomadas providências para que a amostra a ser coletada seja a mais representativa do local. Isto implica num processo de esgotamento do furo, tantas vezes quantas forem necessárias.

A-3.1.3 A garrafa para a coleta de amostra deve ser do tipo que possibilite a obtenção de um volume de água (amostra) intacto, isto é, sem interferência da água circunvizinha, à profundidade desejada.

A-3.2 Água superficial

A-3.2.1 Para a coleta de amostra deverá ser utilizado recipiente que permita a obtenção de um volume de água (amostra) intacto, isto é, sem interferência da água circunvizinha.

A-3.2.2 O volume de água a ser coletado deverá ser previamente estabelecido em função do número de parâmetros a serem pesquisados.

A-4 Método de coleta de amostra de solo

A-4.1 Tanto para solo de aparência seca como de aparência úmida, devem ser feitas perfurações com trados apropriados, além de outros equipamentos eventualmente necessários.

A-4.2 A técnica utilizada para a coleta de amostras de solo, tanto à profundidade, quanto às proximidades da superfície, deve ser tal

que permita a obtenção de amostras intactas.

Nota: Entende-se por amostra intacta uma quantidade de solo, coletada na profundidade desejada, dentro de uma cápsula para impedir seu contacto com os solos das camadas superiores por ocasião de seu resgate para manipulação.

A-5 Preservação das amostras

Todas as amostras de água ou solo, na ocasião das coletas, devem ser preservadas em função de cada parâmetro desejado a pesquisar, conforme descrito nos métodos de ensaio.

REVOGADA