



R-A 124/2009 – Rev. 1

São Paulo, 18 de Agosto de 2009.

**À**  
**FUND. APLICAÇÕES DE TECNOL. CRÍTICAS - ATECH**  
Rua do Rócio, 313 – 11º andar – Vila Olímpia  
SÃO PAULO – SP

**At.: Sr. Abrahão Saliture Neto**

**Ref.: Entrega de Relatório**

Prezados Senhores,

Pela presente, encaminhamos para apreciação e comentários de V.Sas., o relatório  
**“DETERMINAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE DE SOLO E ÁGUA  
SUBTERRÂNEA AO CONCRETO”**.

Sendo o que nos apresenta para o momento, subscrevemo-nos,

Atenciosamente,

Quím. Silvio Lanza  
Diretor Técnico



R-A 124 / 2009 – Revisão 1

**FUND. APLICAÇÕES DE TECNOL. CRÍTICAS - ATECH**  
**SÃO PAULO – SP**

**“DETERMINAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE DE SOLO E ÁGUA  
SUBTERRÂNEA AO CONCRETO”**

**JUNHO-JULHO / 2009**



## ÍNDICE

### Páginas

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. METODOLOGIA DOS TRABALHOS.....	02
2.1 AMOSTRAGEM.....	02
2.2 ANÁLISES .....	02
3. RESULTADOS OBTIDOS .....	04
4. CONSIDERAÇÕES .....	06

### ANEXOS

I – Tabela I – “Tipos de agressividade e valores limites para a avaliação do grau de agressividade” – Águas

II – Tabela II - Avaliação da Agressividade do Solo

III – Laudos Analíticos



## **1 - INTRODUÇÃO**

O presente relatório tem como objetivo a avaliação do grau de agressividade de solo e da água subterrânea ao concreto, com base na Normalização Técnica CETESB L1.007, conforme a proposta nº 3034/09.

O grau de agressividade ao concreto, obtido através da avaliação de algumas características físico-químicas do solo e da água subterrâneas, permite o dimensionamento de fundações e do tipo de concreto em função das características do meio.

São apresentadas as metodologias utilizadas no desenvolvimento dos trabalhos, bem como os resultados obtidos.

## 2 - METODOLOGIA DOS TRABALHOS

### 2.1 AMOSTRAGEM

A coleta das amostras foi realizada nos dias 08/06 e 17/07/2009 pela equipe técnica da ATECH e identificadas da seguinte forma:

#### Amostras de Água:

- ⇒ CP-04; e
- ⇒ CP-05.

#### Amostras de Solo:

CP-I	Amostra nº 1	CP-05 de 0,00 à 2,75m - CP-06 de 0,00 à 2,00m
CP-A	Amostra nº 7	CP-01 de 1,00 à 3,90m - CP-02 de 1,00 à 2,80m - CP-03 de 1,00 à 2,58m - CP-04 de 1,00 à 4,80m
CP-B	Amostra nº 11	CP-01 de 3,90 à 4,76m - CP-03 De 3,60 à 4,75m
CP-C	Amostra nº 13	CP-01 de 4,76 à 12,00m
CP-D	Amostra nº 16	CP-01 de 12,00 à 16,00m
CP-E	Amostra nº 17	CP- 01 de 16,00 à 18,00m - CP-03 de 2,58 à 3,60m - CP-05 de 3,57 à 4,65m
CP-F	Amostra nº 18	CP-01 de 18,00 à 22,45m - CP-02 de 4,00 à 15,45m - CP-03 de 4,75 à 15,45m - CP-04 de 7,00 à 15,45m - CP-05 de 4,90 à 15,45m -CP-06 de 5,90 à 15,38m
CP-G	Amostra nº 20	CP-02 de 2,80 à 4,00m -CP-05 de 2,75à 3,57m e 4,65 à 4,90m - CP-06 de 2,00 à 5,90m
CP-H	Amostra nº 26	CP-04 de 4,80 à 7,00m

Ao término dos serviços de campo, as amostras coletadas foram encaminhadas para análises em nossas instalações laboratoriais, em São Paulo.

### 2.2 ANÁLISES

Foram processadas análises conforme os parâmetros da NORMA CETESB – L1.007 “DETERMINAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE DO MEIO AQUOSO AO CONCRETO – DEZ. 1988” , que tem como base a norma DIN 4030 – Part 1. Os parâmetros analisados foram os seguintes:

### **Amostras de Água:**

⇒ Alcalinidade de Bicarbonatos, Alcalinidade de Carbonatos, Alumínio Total, Cálcio Total, Cloreto, Dureza Total, Ferro Total, Gás Carbônico, Magnésio Total, Manganês Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Nitrato, Óleos Minerais, Óleos Vegetais e Gordura Animal, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sulfato, Sulfeto e Zinco Total.

### **Amostras de Solo:**

⇒ Cloreto, Índice de Acidez, Magnésio Total, Manganês Total, Sulfato e Sulfeto.

A avaliação do grau de agressividade para as águas baseia-se na comparação dos resultados obtidos nas determinações analíticas realizadas com a tabela “Tipos de agressividade e valores limites para a avaliação do grau de agressividade” da norma citada.

Além do grau de agressividade, que pode variar de nulo a muito forte, é também obtida a ação agressiva esperada ao concreto. Para efeito ilustrativo, a tabela é apresentada no anexo I.

Para o caso do solo, a sistemática é similar, porém a comparação leva em consideração um número menor de variáveis, (Tabela “Avaliação da agressividade do Solo”) e o grau de agressividade é definido somente como “fraco” ou “muito forte”.

As análises foram processadas pela NOVA AMBI, segundo metodologia básica descrita no “STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER -21th Edition” e USEPA, adotadas no Brasil pelos principais Órgãos Estaduais de Controle Ambiental.

### 3 - RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos foram compilados nas Tabelas 3.1 e 3.2 apresentadas a seguir. O grau de agressividade foi analisado com base nas Tabelas I e II da Norma técnica CETESB L1.007.

Em anexo, também são apresentados os laudos analíticos correspondentes às análises processadas em cada amostra coletada.

**TABELA 3.1**  
TABELA COMPARATIVA DE RESULTADOS  
*Água Subterrânea*

Parâmetros	Unid.	Laudo nº 159227	Laudo nº 159228
		CP-04	CP-05
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	26	70
Alcalinidade de Carbonatos	mg/L	<1	<1
Alumínio Total	mg/L	2,4	2,6
Cálcio Total	mg/L	8,5	15
Cloreto	mg/L	13	48,8
Dureza Total	mg/L	27	58
Ferro Total	mg/L	0,58	0,56
Gás Carbônico	mg/L	110	38
Magnésio total	mg/L	3,3	4,5
Manganês Total	mg/L	0,25	0,54
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1,2	4,7
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,52	<0,10
Oleos Minerais	mg/L	<10	<10
Oleos Veget. e Gordura Animal	mg/L	<10	<10
pH	-	5,78	6,48
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	216	179
Sulfato	mg/L	3	11
Sulfeto	mg/L	<0,002	<0,002
Zinco Total	mg/L	0,13	0,15
GRAU DE AGRESSIVIDADE		FORTE	FORTE
AÇÃO AGRESSIVA		LIXIVIAÇÃO	LIXIVIAÇÃO





#### 4 – CONSIDERAÇÕES

As amostras de **água** foram classificadas com relação ao grau de agressividade segundo a tabela da norma CETESB L1.007 apresentada no anexo, resultando numa **agressividade ao meio aquoso “Forte”, relacionado com o “fenômeno preponderante de Lixiviação, incluindo a hidrólise dos compostos de cálcio do aglomerante”**.

Esta conclusão foi baseada no confronto dos resultados obtidos com a tabela apresentada no anexo I, especificamente com a coluna nº 4, que indica a condição de agressividade “forte” para  $CO_2 > 30$  mg/L. Para os demais parâmetros analisados, não se observou concentração que caracterize ação agressiva adicional.

A referida norma, no entanto, descreve algumas condições atenuantes ou agravantes deste efeito. As condições agravantes tendem a aumentar a intensidade ou a possibilidade de deterioração do concreto. Por outro lado, as condições atenuantes tendem a diminuir a intensidade ou possibilidade de deterioração do concreto. Desta forma, adicionalmente à conclusão obtida pelos comparativos realizados, devem ser observadas as ocorrências destas condições agravantes ou atenuantes abaixo descritos:

Fatores Agravantes:

- ⇒ A água está em movimento;
- ⇒ Variação constante do nível do lençol freático;
- ⇒ Existência de pressão hidráulica unilateral; -Temperatura da água superior a 45 °C;
- ⇒ Estrutura de concreto de seção delgada (inferior a 20 cm).

Fatores atenuantes da agressividade:

- ⇒ Contato do concreto com a água somente após 28 dias de sua execução;
- ⇒ O concreto é envolvido de terreno reconhecidamente coesivo;
- ⇒ Solos com baixa permeabilidade ( $< 10^{-3}$  cm/s).

Com relação aos resultados obtidos nas amostras de **solo**, pode-se verificar que, comparativamente à tabela apresentada no ANEXO II, todas as amostras **não são agressivas ao concreto**.



## **ANEXO I**

Tabela I – “Tipos de agressividade e valores limites para a avaliação  
do grau de agressividade” – Águas



Tabela I – “Tipos de agressividade e valores limites para a avaliação do grau de agressividade” – Águas

Reações	A				B					C		
Agressividade em meio aquoso	Fenômeno Preponderante de lixiviação incluindo a hidrólise dos compostos de cálcio do aglomerante				Fenômenos preponderantes acompanhados de lixiviação					Fenômeno de expansão por formatação de gipsita e/ou etringita acompanhada de lixiviação		
					Carbonatação		Troca Iônica					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Grau	Águas Puras	Águas não salinas ácidas		Águas Salinas			Águas Magnesianas	Águas Amoniacais		Águas do mar, salobra, de esgoto ou poluída industrialmente. SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)		
				ácidas	alcalinas							
	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	pH	CO <sub>2</sub> agressivo (mg/L)	pH	pH	Alcali_nidade (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)		Mg <sup>2+</sup> <100 mg/L, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> <100 mg/L	Mg <sup>2+</sup> ≥100 mg/L	
Nulo	>150	7,0	-	7	7	-	<100	<100	<50	<200	<250	<100
Fraca	150 a 50	>6,0	<20	>6,0	-	-	100 a 150	100 a 150	50 a 100	200 a 350	250 a 400	100 a 200
Média	150 a 50	6,0 a 5,6	20 a 30	6,0 a 5,6	-	-	150 a 250	150 a 250	100 a 150	350 a 600	400 a 700	200 a 350
Forte	<50	5,5 a 4,5	>30	5,5 a 4,5	8 a 9	400	150 a 500	250 a 500	150 a 250	600 a 1200	700 a 1500	350 a 600
Muito Forte	<50	<4,5	-	<4,5	>9	>600	>500	>500	>250	>1200	>1500	>600



## **ANEXO II**

TABELA II - Avaliação da Agressividade do Solo

**TABELA II – AVALIAÇÃO DA AGRESSIVIDADE DO SOLO (Conforme DIN 4030)**

	Agressividade	
	Fraca	Muito Forte
Acidez B. G.	> 200	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) mg/kg de solo seco ao ar	2000 a 5000	> 5000

**NOTA:**

- a) sugere-se a adoção de um cimento resistente a sulfato quando o teor de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> for maior do que 3000 mg/kg;
- b) no caso de solos que, por qualquer motivo, possam conter teores de sulfetos S<sup>2-</sup> maiores do que 100 mg/kg de solo seco ao ar, recomenda-se uma atenção particular para cada projeto ou obra específica; c) a agressividade tende a diminuir a medida que a permeabilidade cai a valores menores que 10<sup>-3</sup> cm/s (item não avaliado).



## **ANEXO III**

Laudos Analíticos