



R-A 115/2009 – 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 115 / 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 / 2009



ÍNDICE

Páginas

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. METODOLOGIA DOS TRABALHOS.....	02
2.1 AMOSTRAGEM.....	02
2.2 ANÁLISES	03
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 e 14/06/2009 pela equipe técnica da **ATECH** e identificadas da seguinte forma:

Amostras de Água:

- ⇒ TC-04;
- ⇒ TC-12; e
- ⇒ TC-17;

Amostras de Solo:

TC-F	Amostra nº 8	TC-14 de 1,00 à 2,00m - TC-15 de 1,00 à 2,00m - TC-16 de 1,00 à 3,00m.
TC-J	Amostra nº 9	TC-01 de 1,30 à 6,00m - TC-02 de 2,00 à 4,70m - TC-03 de 2,00 à 4,80m - TC-04 de 1,80 à 5,00m - TC-05 de 1,00 à 3,57m - TC-06 de 1,45 à 7,90m - TC-11 de 4,60 à 7,00m.
TC-I	Amostra nº 10	TC-02 de 4,70 à 6,80m - TC-03 de 4,80 à 10,80m - TC-04 de 5,00 à 8,90m - TC-05 de 5,80 à 9,80m - TC-08 de 6,00 à 8,90m. TC-12 de 7,90 à 12,00m.
TC-C	Amostra nº12	TC-05 de 3,57 à 6,75m - TC-05 de 8,55 à 10,08m - TC-07 de 9,80 à 11,70m - TC-06 de 7,90 à 9,90m - TC-08 de 8,90 à 12,00m - TC-09 de 6,30 à 8,90m - TC-10 de 8,68 à 11,00m - TC-11 de 7,00 à 11,00m - TC-13 de 6,00 à 8,00m - TC-14 de 9,00 à 10,00m - TC-15 de 7,80 à 10,30m - TC-16 de 7,80 à 9,70m - TC-17 de 5,30 à 8,35m.
TC-B	Amostra nº14	TC-07 de 1,30 à 5,80m - TC-08 de 4,00 à 6,00m - TC-09 de 1,00 à 5,00m - TC-10 de 2,70 à 8,68m - TC-11 de 1,00 à 4,60m - TC-12 de 1,00 à 7,90m - TC-13 de 2,55 à 6,00m - TC-14 de 2,80 à 9,00m - TC-15 de 2,00 à 3,90m - TC-16 de 3,00 à 7,80m - TC-17 de 3,00 à 5,30m - TC-18 de 3,00 à 3,70m.
TC-D	Amostra nº19	TC-10 de 14,00 à 15,30m - TC-15 de 12,00 à 18,10m - TC-16 de 9,70 à 13,80m - TC-17 de 8,35 à 11,90m
TC-A	Amostra nº21	TC-08 de 0,00 à 4,00m - TC-10 de 1,00 à 2,70m - TC-13 de 1,60 à 2,55m - TC-14 de 2,00 à 2,80m - TC-17 de 1,00 à 3,00m - TC-18 de 1,00 à 3,00m
TC-E	Amostra nº22	TC-12 de 12,00 à 16,25m - TC-13 de 8,00 à 15,30m - TC-14 de 10,00 à 15,30m - TC-16 de 13,80 à 17,20m - TC-17 de 11,90 à 15,30m.
TC-K	Amostra nº23	TC-02 de 6,80 à 9,00m.
TC-H	Amostra nº24	TC-05 de 6,75 à 8,55m - TC-08 de 12,00 à 15,00m - TC-10 de 11,00 à 14,00m.
TC-G	Amostra nº25	TC-01 de 6,00 à 10,80m - TC-04 de 8,90 à 13,20m - TC-07 de 11,70 à 14,00m - TC-09 de 5,00 à 6,30m e 8,90 à 15,15m - TC-15 de 3,90 à 7,80m e 10,30 à 12,00.

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 159223	Laudo nº 159224	Laudo nº 159226
		TC-04	TC-12	TC-17
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	7	4	9
Alcalinidade de Carbonatos	mg/L	<1	<1	<1
Alumínio Total	mg/L	0,59	2,7	0,31
Cálcio Total	mg/L	0,29	5,1	0,81
Cloreto	mg/L	8,4	21,1	14,3
Dureza Total	mg/L	6	13	18
Ferro Total	mg/L	0,53	2	0,58
Gás Carbônico	mg/L	120	130	110
Magnésio total	mg/L	0,4	1,4	1,3
Manganês Total	mg/L	0,02	0,1	0,031
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,2	1,3	0,6
Nitrogênio Nitrato	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10
Oleos Minerais	mg/L	<10	<10	<10
Oleos Veget. e Gordura Animal	mg/L	<10	<10	<10
pH	-	5,22	5,02	5,27
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	980	60	68
Sulfato	mg/L	2	3	2
Sulfeto	mg/L	<0,002	0,008	0,006
Zinco Total	mg/L	0,047	0,066	0,079
GRAU DE AGRESSIVIDADE		FORTE	FORTE	FORTE
AÇÃO AGRESSIVA		LIXIVIAÇÃO	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 as colunas n°s 3 e 4, que indica a condição de agressividade “forte” para $\text{CO}_2 > 30$ mg/L e pH entre 5,5 e 4,5. 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 ₄ ²⁻ (mg/L)		
				ácidas	alcalinas							
	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	pH	CO ₂ agressivo (mg/L)	pH	pH	Alcali_nidade (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)		Mg ²⁺ <100 mg/L, NH ₄ ⁺ <100 mg/L	Mg ²⁺ ≥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 ₄ ²⁻) 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 SO₄²⁻ for maior do que 3000 mg/kg;
- b) no caso de solos que, por qualquer motivo, possam conter teores de sulfetos S²⁻ 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 10⁻³ cm/s (item não avaliado).



ANEXO III

Laudos Analíticos