



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Instituto de Biociências – Departamento de Ecologia  
Laboratório de Ecologia Vegetal

**Projeto de Restauração Ecológica das Áreas do Antigo Canteiro de Obras  
da Usina Hidrelétrica Machadinho (UHMA)**

**ADENDO: Interpretação das Análises de Solo para Calagem e Adubação das Áreas**

**Consultor:** Dr. Eng. Agr. Luiz Fernando Romero Quintanilha (CREA – 77.064)

Consórcio  
**Machadinho**

Porto Alegre, 19 de Outubro de 2009



## Índice

<b>1. Interpretação das análises de solo .....</b>	<b>03</b>
1.1. Identificação da amostra .....	03
1.2. Matéria Orgânica – MO (%).....	03
1.3. Teor de Al (alumínio) .....	03
1.4. Saturação de Bases .....	04
1.5. Interpretação da presença de fósforo (P) e potássio (K) .....	05
1.6. Interpretação de micronutrientes .....	05
1.7. Interpretação de cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) .....	06
<b>2. Recomendação geral para aplicação nas áreas degradadas .....</b>	<b>06</b>
2.1. Calagem .....	06
2.2. Recomendação de Fósforo (P) e potássio (K) .....	07
2.3. Recomendação de nitrogênio (N) .....	08
2.4. Valores totais de calagem e adubação de P e K por área .....	08
<b>3. Recomendação de adubação e calagem por cova .....</b>	<b>09</b>
<b>4. Anexos .....</b>	<b>12</b>



## 1. Interpretação das análises de solo

### 1.1. Identificação da amostra

Foram interpretadas as amostras correspondentes às 21 áreas do antigo canteiro de obras da UHMA, conforme identificação da **Figura 1** do Projeto de Restauração Ecológica. As amostras de cada área constituem coletas compostas (três sub-amostras), realizadas na profundidade de 0-20 cm de solo.

A seguir são apresentadas as principais características das variáveis do solo, indicando o padrão geral das áreas e as respectivas recomendações de calagem e adubação. Os resultados completos das análises podem ser visualizados no **Anexo 1**.

Será recomendada uma calagem e uma adubação geral para as 21 áreas e também uma adubação específica para as covas onde serão plantadas as mudas de árvores nativas (indicadas no Projeto inicial).

### 1.2. Matéria Orgânica - MO (%)

A porcentagem de matéria orgânica é baixa para a grande maioria das amostras analisadas. Somente a área 3 apresenta índice médio de teor de matéria orgânica. Tal resultado indica a necessidade de técnicas para o aumento da MO para recuperação do solo destas áreas, uma vez que isto permitirá uma recuperação física, química e biológica das áreas em questão.

### 1.3. Teor de Al (alumínio)

Na análise geral, foi verificado um conjunto de áreas com elevado teor de alumínio (Al) e outras onde o elemento não estava presente. A presença de alumínio é indesejável em solos agriculturáveis, pois pode ser tóxico para as espécies de interesse.

Esse conjunto com a presença de Al perfaz 9 áreas: **áreas 1, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 18 e 19**. A partir da avaliação da porcentagem de Saturação de Alumínio (% m) é possível avaliar



se a presença deste alumínio é ou não considerada prejudicial às plantas. Na **Tabela 1** apresentamos o grau de toxidez do alumínio do solo nas áreas citadas.

**Tabela 1:** Avaliação das amostras das áreas com presença de alumínio e sua respectiva interpretação de toxidez da área amostrada.

Áreas	Legenda
1	
5	
6	
10	
11	
12	
13	
18	
19	

Interpretação da legenda para avaliação da toxidez do Al conforme identificação do teor na amostra da área

	Não tóxico		Tóxico		Muito tóxico
--	------------	--	--------	--	--------------

A correção de solos com alumínio se faz juntamente com a calagem, indicada adiante. Todo o esforço é para a redução de alumínio a *zero*.

#### 1.4. Saturação de Bases

Saturação de Bases nos expressa a porcentagem da CTC ocupada pelos cátions (Ca, Mg, e K). É um índice importante para a determinação da fertilidade do solo. Nas amostras avaliadas pode-se verificar que as áreas com presença de Al apresentam fertilidade muito baixa ou baixa. Inversamente, as áreas com ausência de Al apresentam alta fertilidade. Provavelmente, as áreas com presença de Al tenham sofrido maior alteração no perfil arável, enquanto que aquelas de alta fertilidade devem estar refletindo a fertilidade natural dos solos da região. A **Tabela 2** apresenta a relação das 21 áreas e seus respectivos valores de Saturação de Bases.



**Tabela 2:** Avaliação da fertilidade de solo a partir da porcentagem de Saturação de Bases.

Interpretação da legenda para avaliação da fertilidade com base na Saturação de Bases.

	Muito baixa fertilidade		Baixa fertilidade		Média fertilidade		Alta fertilidade
--	-------------------------	--	-------------------	--	-------------------	--	------------------

Área	% Saturação de Base	Área	% Saturação de Base
1		12	
2		13	
3		14	
4		15	
5		16	
6		17	
7		18	
8		19	
9		20	
10		21	
11			

### 1.5. Interpretação da presença de fósforo (P) e potássio (K)

Ambos os elementos são encontrados com valores muito discrepantes entre as 21 áreas de restauração. Os valores indicam desde excessos até baixo conteúdo. Por isto, apresentamos uma recomendação específica para cada área (veja adiante – **item 2.2**).

### 1.6. Interpretação de micronutrientes

Salvo o Boro (B), os demais micronutrientes (Zn, Cu e Mn) estão presentes na amostras em quantidades muito acima da necessidade, o que pode ocasionar condições de toxidez. Portanto, não será feita nenhuma recomendação de adição de micronutrientes. Em casos de excessos de micronutrientes, a recuperação do solo e do equilíbrio destes elementos é dada a partir da melhoria das condições físicas e biológicas do solo. É fundamental aumentar muito a matéria orgânica para melhorar a estruturação física dos primeiros perfis do solo e



para a revitalização dos organismos responsáveis pela estrutura e fertilização natural. Com um solo estruturado, a tendência é que ocorra uma percolação natural de elementos que potencialmente estejam em excesso nas camadas superficiais.

### 1.7. Interpretação de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S)

Pelas análises, foi verificado que os índices de Ca, Mg e S estão acima dos índices adequados e/ou suficientes para condições de plantio.

## 2. Recomendação geral para aplicação nas áreas degradadas

### 2.1. Calagem

Sabendo que o pH desejado do solo para o cultivo de leguminosas forrageiras de estação quente é 6,0 (seis), foi avaliada a necessidade de calcário por índice SMP para as áreas com ausência de Al (alumínio). Para as áreas com Al, a avaliação de necessidade de calcário foi pelo seguinte cálculo:

$$\text{NC para pH 6,0} = -0,516 + 0,805 \text{ MO} + 2,435 \text{ Al}$$

NC: necessidade de calcário para PRNT 100% (PRNT = Poder de Reação e Neutralização Total)

MO: teor de matéria orgânica (%)

Al: teor de alumínio trocável (cmolc/dm<sup>3</sup>)

Na **Tabela 3** são apresentadas as recomendações de calagem para todas as 21 áreas, considerando o PRNT (Poder de Reação e Neutralização Total) 100%.



**Tabela 3:** Quantidade de calcário para alcançar o pH desejado (6,0) nas 21 áreas amostradas. A quantidade recomendada segue a unidade de tonelada por hectare (t/ha) com o emprego de calcário com PRNT de 100%. (PRNT = Poder de Reação e Neutralização Total)

Área	t/ha	Área	t/ha	Área	t/ha	Área	t/ha
1	2,4	6	13,9	11	4,3	16	0,2
2	1,4	7	0,5	12	27,0	17	1,4
3	0,5	8	1,8	13	15,5	18	8,1
4	1,8	9	6,1	14	1,4	19	25,5
5	18,5	10	4,8	15	0,5	20	1,4
						21	1,4

Com frequência, encontra-se no mercado o Calcário Agrícola tem PRNT em torno de 50% de eficiência, e não 100%. Por isto, caso for adquirido este de 50%, será necessário empregar o dobro do valor recomendado na Tabela 3. Por exemplo, a área 1 passaria a receber 4,8 t/ha de calcário com 50% de PRNT, em vez de 2,4 t/ha de calcário com PRNT 100%.

Salientamos que existem diversos tipos de calcários, por isso é fundamental verificar as características do valor de PRNT do calcário escolhido para o ajuste da quantidade de calcário a ser empregada nas áreas.

## 2.2. Recomendação de fósforo (P) e potássio (K)

As fontes de fósforo e potássio sugeridas são, respectivamente, o Superfosfato Triplo e Sulfato de Potássio. A necessidade de adubação foi baseada na recomendação de adubação para o plantio de leguminosas de verão. Na **Tabela 4** são apresentadas as quantidades de P e K por hectare para cada uma das áreas de restauração.



**Tabela 4:** Recomendação de adubação de fósforo (P) e potássio (K), a partir do emprego do Superfosfato Triplo e Sulfato de Potássio nas 21 áreas. Recomendação de quilograma (kg) por hectare (ha).

Área	Superfosfato Triplo (kg/ha)	Sulfato de Potássio (kg/ha)		Área	Superfosfato Triplo (kg/ha)	Sulfato de Potássio (kg/ha)
1	122	104		12	219	125
2	0	0		13	219	146
3	0	104		14	0	0
4	122	125		15	195	104
5	0	125		16	0	0
6	219	125		17	122	0
7	122	104		18	219	125
8	195	104		19	195	146
9	219	125		20	122	104
10	195	125		21	0	104
11	195	104				

### 2.3. Recomendação de nitrogênio (N)

Considerando que foi recomendada a inoculação das sementes de leguminosas, a adubação nitrogenada somente será necessária se for constatada a ineficiência da inoculação com o rizóbio. Caso isso ocorra, será encaminhada uma recomendação específica de aplicação de N.

### 2.4. Valores totais de calagem e adubação de P e K por área

Abaixo (**Tabela 5**) apresentamos os valores totais para cada uma das 21 áreas, calculados a partir das Tabelas 3 e 4 considerando a área total de cada uma.





**Tabela 5:** Quantidades totais de calcário e de adubação de P e K necessárias para cada área, conforme as recomendações das Tabelas 3 e 4 multiplicadas pela superfície (ha) das áreas.

Área	Toneladas de calcário (t)	Superfosfato Triplo (kg)	Sulfato de Potássio (kg)
1	6,09	309,47	263,81
2	2,96	0,00	0,00
3	0,36	0,00	74,94
4	2,52	171,09	175,30
5	151,94	0,00	1026,65
6	65,81	1.036,83	591,80
7	1,52	371,14	316,38
8	1,27	137,79	73,49
9	3,37	120,98	69,05
10	2,65	107,74	69,06
11	2,93	132,66	70,75
12	12,47	101,11	57,71
13	10,31	145,70	97,13
14	3,40	0,00	0,00
15	0,62	241,06	128,56
16	0,39	0,00	0,00
17	1,68	146,83	0,00
18	23,28	629,49	359,30
19	4,68	35,80	26,81
20	4,05	353,31	301,18
21	5,99	0,00	444,74
<b>TOTAIS</b>	<b>308,30</b>	<b>4.040,99</b>	<b>4.146,66</b>

### 3. Recomendação de adubação e calagem por cova

Para ampliar o sucesso do plantio das mudas de árvores, estamos recomendando uma adubação química para cada cova. A partir das análises, foi elaborada uma recomendação por cova específica para cada uma das 21 áreas, conforme apresentamos na **Tabela 6**. A composição a ser misturada na cova é com Calcário Dolomítico, Superfosfato Triplo e a formulação comercial 14-14-20 (NPK).



Salientamos que além da recomendação química aqui sugerida, deverá haver também a mistura de 500g de composto orgânico (conforme determinado no projeto principal). Outro complemento que poderia ser interessante é colocação de 150g de pó-de-rocha, o qual é utilizado como biomineralizador de solo, isto é, um potencializador da dinâmica populacional de micro- e meso-organismos no solo.

**Tabela 6:** Composição idealizada para adubação e calagem misturada em uma unidade de cova, medida em gramas (g).

Área	Calcário dolomítico (g)	Superfosfato Triplo (g)	N-P-K (14-14-20) (g)	Área	Calcário dolomítico (g)	Superfosfato Triplo (g)	N-P-K (14-14-20) (g)
1	60	35	35	12	450	45	35
2	35	25	25	13	310	45	40
3	13	25	35	14	35	25	25
4	45	35	35	15	13	40	35
5	400	25	35	16	5	25	25
6	300	45	35	17	35	35	25
7	13	35	35	18	203	45	35
8	45	40	35	19	450	40	40
9	153	45	35	20	35	35	35
10	120	40	35	21	35	25	35
11	108	40	35				

**OBSERVAÇÃO:** Não recomendamos mudança nas fontes sugeridas para a adubação e calagem. Caso sejam adquiridas outras fontes, todas as recomendações deverão ser reavaliadas, pois as mesmas foram baseadas na capacidade de fornecimento do elemento necessário obtido através da respectiva fonte.

Abaixo (**Tabela 7**) são apresentados os valores totais necessários para adubar e calar as covas, conforme a quantidade total de covas recomendadas para cada área.



**Tabela 7:** Quantidades totais de calcário dolomita (kg), superfosfato triplo (kg) e de adubação N-P-K (14-14-20) (kg) necessárias para cada área, conforme as recomendações da Tabela 6 multiplicadas pela quantidade de covas planejada para cada uma das áreas.

Área	N. de covas	Calcário dolomita (kg)	Superfosfato Triplo (kg)	N-P-K (14-14-20) (kg)
1	3.125	187,50	109,38	109,38
2	2.637	92,30	65,93	65,93
3	900	11,70	22,50	31,50
4	1.750	78,75	61,25	61,25
5	1.260	504,00	31,50	44,10
6	612	183,60	27,54	21,42
7	1.900	24,70	66,50	66,50
8	887	39,92	35,48	31,05
9	687	105,11	30,92	24,05
10	687	82,44	27,48	24,05
11	850	91,80	34,00	29,75
12	575	258,75	25,88	20,13
13	825	255,75	37,13	33,00
14	360	12,60	9,00	9,00
15	1.550	20,15	62,00	54,25
16	252	1,26	6,30	6,30
17	1.500	52,50	52,50	37,50
18	396	80,39	17,82	13,86
19	140	63,00	5,60	5,60
20	3.700	129,50	129,50	129,50
21	468	16,38	11,70	16,38
<b>TOTAIS</b>	<b>25.061</b>	<b>2.292,09</b>	<b>869,88</b>	<b>834,47</b>



#### 4. Anexos

**Anexo 1:** Resultados das análises de solo das 21 áreas de restauração do antigo canteiro de obras da UHMA realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em outubro de 2009.

Área	Argila (%)	pH	SMP	P (mg/l)	K (mg/l)	MO (%)	Al <sub>troc.</sub> (cmol <sub>c</sub> /l)	Ca <sub>troc.</sub> (cmol <sub>c</sub> /l)	Mg <sub>troc.</sub> (cmol <sub>c</sub> /l)	Al+H (cmol <sub>c</sub> /l)	CTC (cmol <sub>c</sub> /l)
1	60	5,3	5,6	6,7	79	1,4	0,7	4,6	2	6,9	13,8
2	36	6,3	6,4	36	191	1,8	0	11,2	3,2	2,8	17,7
3	40	6,8	6,7	33	174	3,4	0	14,3	2,1	2	18,8
4	24	6,1	6,3	15	87	0,7	0	9,2	4,6	3,1	17,2
5	38	5,1	4,1	11	71	0,7	7,6	3,5	2	38,6	44,4
6	27	4,9	4,4	8	87	0,6	5,7	6,5	4,5	27,4	38,7
7	46	6,9	6,7	13	102	1,4	0	19	3,7	2	24,9
8	47	6,4	6,3	7,1	105	1,6	0	9,2	2,9	3,1	15,5
9	48	5,5	6,1	5,7	45	1,8	0	4,5	1,9	3,9	10,4
10	47	5,2	5,5	6,9	51	1,1	1,8	2,9	1,6	7,7	12,4
11	60	5,1	5,4	7,6	85	0,8	1,7	2,8	1,4	8,7	13,1
12	36	5	4	5,7	84	0,6	11,1	3	2,2	43,3	48,8
13	51	4,8	4,2	5	38	0,5	6,4	1,2	0,8	34,4	36,6
14	24	6	6,4	33	188	1,5	0	10,2	3,4	2,8	16,9
15	14	6,3	6,7	20	124	1,1	0	9,3	3,5	2	15,1
16	21	6,9	6,9	100	240	0,7	0	14,9	5,3	1,6	22,4
17	35	6,3	6,4	14	169	1,3	0	7,5	3,2	2,8	13,9
18	46	5,3	5,2	4,4	56	1	3,2	4,3	2,8	10,9	18,3
19	60	4,7	4	5,2	51	1,2	10,3	1,4	1,2	43,3	46,1
20	21	6,1	6,4	13	72	1,1	0	6,8	2,8	2,8	12,6
21	43	6,4	6,5	19	83	1,1	0	7,9	2,3	2,5	12,9

Área	Bases (%CTC)	Al (%CTC)	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	S (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	B (mg/l)	Mn (mg/l)
1	49	9,2	2,3	23	10	104	1,8	8,3	0,4	48
2	84	0	3,5	23	7	26	3,9	7	0,5	21
3	90	0	7	32	4,7	14	5,5	7,4	0,2	7
4	82	0	2	41	21	30	1,8	4	0,2	21
5	13	57	1,8	19	11	16	0,9	5	0,1	30
6	29	33,5	1,4	29	20	9,9	1,6	4,5	0,1	49
7	92	9	5	73	14	22	1,9	6,9	0,3	1
8	80	9	3,2	34	11	18	2,8	14	0,2	23
9	62	9	2,4	39	16	59	0,9	5,9	0,1	24
10	37	27,8	1,8	22	12	68	0,2	4,7	0,2	18
11	34	27,6	2	13	6	68	0,8	3,9	0,1	22
12	11	67	1,4	14	10	25	1,3	6,9	0,1	34
13	6	75	1,5	12	8	51	0,8	7,7	0,2	18
14	83	0	3	21	7	11	2,8	5,3	0,1	22
15	87	0	2,7	29	11	6,5	16	3,8	0,1	15
16	93	0	2,8	24	9	3,3	1,8	2,9	0,2	5
17	80	0	2,3	17	7	7,8	1,8	7,1	0,2	10
18	40	30,3	1,5	30	20	28	0,8	6	0,2	74
19	6	78,6	1,2	11	9	20	2,5	11	0,2	39
20	77	0	2,4	37	15	3,9	3,2	5,7	0,2	54
21	81	0	3,4	37	11	4,2	2,9	6,2	0,2	10