

Anais

III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM

Editores

Adilson Luis Bamberg

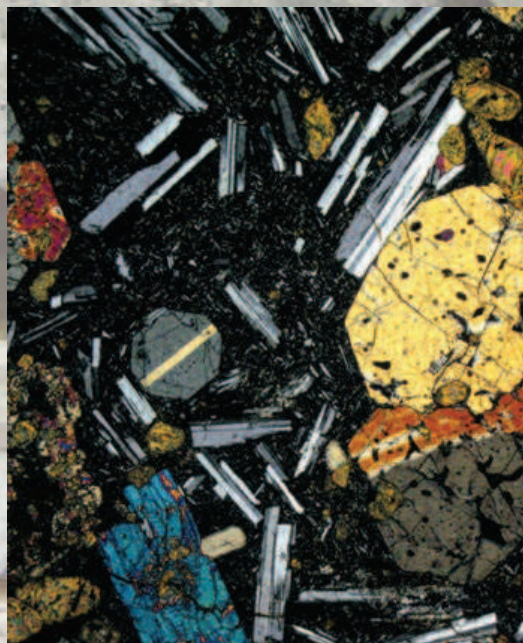
Carlos Augusto Posser Silveira

Éder de Souza Martins

Magda Bergmann

Rosane Martinazzo

Suzi Huff Theodoro



EFEITO DO XISTO RETORTADO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO. PARTE II - ATRIBUTOS DE FERTILIDADE

Cristiane Mariliz Stöcker¹; Alex Becker Monteiro²; Pablo Lacerda Ribeiro³; Sandro José Giacomini⁴; Rosane Martinazzo⁵; Carlos Augusto Posser Silveira⁵; Adilson Luís Bamberg⁵

¹Doutoranda em Agronomia, PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel-Pelotas, RS - crisstocker@yahoo.com.br; ²Doutorando em Ciências, PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel - alexbeckermonteiro@gmail.com; ³Graduando em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel - pablorigeiro@gmail.com; ⁴Professor Associado II da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM - sjgiacomini@smail.ufsm.br; ⁵Pesquisador Embrapa Clima Temperado - rosane.martinazzo@embrapa.br, augusto.posser@embrapa.br, adilson.bamberg@embrapa.br

Resumo: Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de aplicações cumulativas de xisto retortado nos atributos de fertilidade de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em experimento de sete anos, na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Amostras de solo foram coletadas nas camadas 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm visando avaliar os atributos de acidez e fertilidade do solo. Não foram observados efeitos significativos do xisto retortado nos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Argissolo; fertilidade; xisto

INTRODUÇÃO

Em 2015 foram utilizadas mais de 30 milhões de toneladas de fertilizantes no Brasil, das quais 70% foram importadas (ANDA, 2016). É neste cenário, de aumento das demandas pelo crescimento da agricultura, bem como pela preocupação cada vez maior no desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção, que surgem novas oportunidades a partir do aproveitamento de coprodutos de processos agroindustriais.

No processo de beneficiamento do folhelho pirobetuminoso (xisto) são gerados coprodutos líquidos e sólidos, dentre eles o xisto retortado (XR). A grande quantidade deste coproduto e sua composição química e mineralógica tornam promissor seu uso como matéria-prima na formulação de insumos agrícolas (CARDOSO, 2013; LEÃO et al., 2014; ARAÚJO, 2015; DOUMER et al., 2016).

Estudos anteriores demonstram a inocuidade ambiental do XR (DOLATTO, 2008; DOUMER, 2011a; SANTOS, 2015; DOLATTO et al., 2016; GONÇALVES, 2016), porém relatos do efeito deste coproduto em longo prazo na fertilidade do solo são escassos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de aplicações cumulativas de XR em atributos da fertilidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Solos, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS. Nessa área foi conduzido um dos experimentos do Projeto Xisto Agrícola, no período de 2009 a 2015. O delineamento experi-

mental utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições em parcelas de 25 m² (5m x 5m). O experimento foi iniciado em 2009 e anualmente foram realizadas aplicações da adubação de base (nitrogênio, fósforo e potássio, na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente) e do XR em diferentes doses (Tabela 1). A caracterização química dos três lotes de XR utilizados durante o experimento está apresentada na tabela 2.

Tabela 1 – Tratamentos, datas de coleta das amostras de solo, doses acumuladas de xisto retornado e adubação utilizada em Argissolo Vermelho Distrófico arênico, no período de 2009 a 2015. Santa Maria-RS

Tratamento	Dose acumulada de xisto retornado (kg ha ⁻¹)								
	Doses aplicadas	Dez/2009	Set/2010	Dez/2011	Jun/2012	Jan/2013	Dez/2013	Jun/2014	Dez/2015
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	750	750	1.500	2.250	3.000	3.000	3.750	4.500	4.500
T3	1.500	1.500	3.000	4.500	6.000	6.000	7.500	9.000	9.000
T4	3.000	3.000	6.000	9.000	12.000	12.000	15.000	18.000	18.000
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: adubação de base e aplicação anual de 750 kg XR ha⁻¹, T3: adubação de base e aplicação anual de 1.500 kg XR ha⁻¹, T4: adubação de base e aplicação anual de 3.000 kg XR ha⁻¹, e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base). Adubação de base: aplicação de N (100 kg ha⁻¹), P₂O₅ (120 kg ha⁻¹) e K₂O (90 kg ha⁻¹).

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa2. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2013), com os seguintes atributos químicos na camada 0–10 cm: pH 5,4; matéria orgânica 18 g kg⁻¹; fósforo 31 mg dm⁻³; potássio 105 mg dm⁻³; magnésio 1,2 cmol_c dm⁻³; cálcio 3,3 cmol_c dm⁻³ e H + Al 2,3 cmol_c dm⁻³ (DOUMER et al., 2011). Este experimento foi selecionado para a realização dos estudos de monitoramento ambiental por apresentar condições edafoclimáticas de interesse (solo arenoso, baixo teor de matéria orgânica, precipitação média anual de 1.769 mm).

Tabela 2 – Caracterização química dos três lotes de xisto retortado utilizados durante o experimento.

	Elemento	Unidade	2006	2008	2012
Macroelementos	SiO₂	%	n.a.	53,2	52,0
	Al₂O₃	%	13,2	11,6	11,5
	C_{total}	%	n.a.	6,9	10,1
	Fe₂O₃	%	n.a.	7,5	7,5
	S	%	2,5	3,5	3,3
	K₂O	%	3,2	2,5	2,5
	CaO	%	1,2	2,9	2,2
	MgO	%	1,0	1,8	1,7
	Na₂O	%	2,9	1,6	1,2
	P₂O₅	%	0,5	0,3	0,2
	MnO	%	0,4	0,1	0,03
Micronutrientes	Zn	p.p.m.	81,6	169,0	85,0
	Cu	p.p.m.	51,0	68,6	53,7
	Co	p.p.m.	17,5	21,0	21,2
	Mo	p.p.m.	10,4	10,6	9,1
	Se	p.p.m.	2,2	2,1	2,4

Na implantação do experimento o XR foi aplicado na superfície do solo antecedendo a semeadura do feijão, manualmente a lanço, na área total das parcelas experimentais. A adubação de base foi aplicada na linha de semeadura utilizando semeadora, juntamente com a semente de feijão. Nos anos seguintes a aplicação dos tratamentos foi realizada no momento da semeadura da cultura de inverno (trigo) e no verão a área era cultivada com feijão e soja, sem aplicação dos tratamentos.

Foram realizadas coletas periódicas de solo ao longo do período experimental, sendo que neste trabalho serão apresentados somente os resultados da última coleta, realizada em dezembro/2015. Foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solos- LAS, da Universidade Federal de Santa Maria, de acordo com a metodologia utilizada pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS (ROLAS). Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do XR não influenciou significativamente o pH do solo, mesmo nas doses mais elevadas (Tabela 3). No entanto, houve redução do pH com o aumento da dose de XR na camada superficial do solo, isto por que o pH do XR é baixo (3,5 a 5,0) e a diminuição do pH do solo é possível que ocorra em longo prazo, pela acumulação de XR devido a aplicações sequenciais. Também não se verificou alterações significativas na matéria orgânica (MO)

do solo, $CTC_{efetiva}$ e CTC_{pH7} . Resultado semelhante foi encontrado por Pereira e Vitti (2004) ao avaliar o efeito da adição de diferentes doses de XR (0, 3, 6, 9, 12 Mg ha⁻¹) em Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico sobre as características químicas do solo. Os resultados obtidos indicaram que a adição de XR não promoveu alterações no valor de pH nem nos teores de cátions trocáveis.

Houve aumento nos teores de fósforo (P), especialmente na camada superficial (0-5 cm), em função dos tratamentos com XR quando comparados à testemunha absoluta (T5) e de adubação (T1), contudo não foi significativa, possivelmente em função da variabilidade do solo, conforme observado pelo alto CV apresentado. O possível aumento da disponibilidade de P no solo pela adição de XR pode ocorrer devido à ação dos silicatos contidos no xisto, pois o fosfato e o silicato competem diretamente pelos mesmos sítios de adsorção, embora a força de adsorção do fosfato seja maior que a do H₄SiO₄ em pH ácido (REIFENBERG & BUCKWOLD, 1954).

Em relação ao potássio (K), apesar de significativas, as diferenças entre os tratamentos nas camadas de 0-5 e 20-40 cm, e tendo por base as faixas de disponibilidade citadas pela CQFS (2004), observa-se que na camada de 0-5 cm todos os tratamentos encontram-se com níveis considerados altos para este nutriente e na camada 20-40 cm somente a testemunha absoluta (T5) e T2 apresentaram teores baixo e médio, respectivamente, enquanto que os demais tratamentos foram altos. O XR apresenta teores consideráveis de K (Tabela 2), contudo seu efeito imediato possivelmente será muito limitado em solos com teores altos desse nutriente.

Não houve diferença significativa para o Zn nos tratamentos avaliados. Observou-se uma maior concentração de Cu nos tratamentos T3 e T4 na profundidade 0-5 cm, sendo que o T4, com aplicação de doses mais elevadas de XR, diferiu da testemunha. Cabe salientar que em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, o teor de Cu está acima do recomendado pela CQFS (2004), portanto a aplicação de insumos com altos teores deste elemento deve ser evitada, pois de acordo com Andrade (2011), o Cu em altas concentrações causa toxicidade às plantas.

Em relação ao teor de S, todas as amostras apresentaram teores altos (>5 mg dm⁻³, conforme CQFS, 2004) e não foram verificadas diferenças significadas entre os tratamentos nas camadas avaliadas. Pereira e Vitti (2004) avaliando o efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro, em um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, verificaram que a adição de maiores doses de XR promoveram o aumento dos teores de S no solo, na camada de 0-10 cm.

Tabela 3 – Teores de argila e atributos químicos de diferentes camadas de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico com aplicações cumulativas de xisto retortado.

Trat.	pH _{H₂O}	M.O	Arg.	CTC _{ef}	CTC _{pH7}	P	K	Zn	Cu	S	Ca	Mg
		%										
0-5 cm*												
T1	5,6 ^{ns}	2,1 ^{ns}	15,0 ^{ns}	4,1 ^{ns}	7,6 ^{ns}	47,3 ^{ns}	96ab	1,8 ^{ns}	0,9 b	12,8 ^{ns}	3,0 ^{ns}	0,8 ^{ns}
T2	5,5	2,4	15,0	4,1	8,5	54,1	93b	2,2	0,8 b	11,9	3,0	0,8
T3	5,5	1,9	16,0	4,2	8,0	62,1	100a	1,8	1,0 ab	13,5	3,1	0,8
T4	5,0	2,1	15,3	3,5	7,9	59,6	100a	1,8	1,1 a	11,7	2,2	0,5
T5	5,6	1,9	14,5	4,0	7,5	19,2	100a	1,9	0,8 b	13,2	2,7	0,9
CV(%)	5,9	18,2	9,1	19,8	12,0	49,4	20,4	19,4	12,9	21,7	27,8	27,9
5-10 cm												
T1	5,3 ^{ns}	1,4 ^{ns}	15,8 ^{ns}	3,1 ^{ns}	6,8 ^{ns}	25,5 ^{ns}	68 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,0 ^{ns}	10,4 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,7 ^{ns}
T2	5,0	1,3	17,8	2,8	7,5	31,9	53	0,6	0,9	11,9	1,5	0,5
T3	5,4	1,4	17,0	3,5	8,2	21,7	64	1,0	1,0	11,1	2,1	0,7
T4	5,1	1,3	17,0	2,9	7,1	28,1	64	0,7	1,0	11,2	1,6	0,5
T5	5,1	1,4	17,3	2,9	7,8	13,0	53	0,9	1,0	12,7	1,6	0,6
CV(%)	8,6	21,1	11,3	20,5	17,3	51,8	22,6	52,7	9,9	27,2	37,6	41,4
10-20 cm												
T1	5,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	18,8 ^{ns}	2,8 ^{ns}	7,2 ^{ns}	18,1 ^{ns}	56 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,1 ^{ns}	12,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}
T2	4,9	1,1	18,8	2,7	8,4	16,9	51	0,4	1,0	10,9	1,3	0,5
T3	5,6	1,1	17,8	3,8	8,0	15,3	62	0,5	1,0	11,4	2,3	0,8
T4	5,0	1,0	18,3	2,7	6,7	22,2	59	0,3	1,0	10,8	1,2	0,4
T5	5,1	1,1	18,5	2,8	8,8	15,6	38	0,5	1,0	11,2	1,3	0,5
CV(%)	8,7	13,8	9,9	24,7	24,3	62,0	23,5	48,9	13,3	15,9	49,16	53,9
20-40 cm												
T1	5,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	18,8 ^{ns}	2,8 ^{ns}	8,40 ^{ns}	9,1 ^{ns}	66a	0,3 ^{ns}	1,1 ^{ns}	12,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}
T2	4,7	1,0	19,8	2,6	10,50	10,2	41ab	0,3	0,9	11,2	1,0	0,4
T3	5,2	1,0	19,0	2,8	8,60	6,1	63ab	0,3	1,1	10,8	1,4	0,7
T4	4,9	1,0	22,5	3,1	11,78	13,3	69a	0,2	1,1	12,1	1,1	0,6
T5	4,7	0,9	19,3	2,3	9,95	5,9	34b	0,2	0,9	12,1	0,6	0,3
CV (%)	7,1	14,2	14,5	16,6	34,12	58,2	25,9	34,6	17,03	27,8	50,8	44,29

*Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns - Não significativo. T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: dose acumulada de 4.500 kg ha⁻¹ de XR, T3: dose acumulada de 9.000 kg ha⁻¹ de XR, T4: dose acumulada de 18.000 kg ha⁻¹ de XR e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base).

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os elementos Ca e Mg (Tabela 3). O Ca tende a estar em maior concentração na camada superficial (0-5 cm) e de forma geral, o Mg também. Embora estudos em condições controladas realizados previamente tenham demonstrado contribuição significativa do XR para os teores de Ca e Mg no solo, no presente estudo não é possível afirmar que a adição deste coproduto no solo propicia ganho nos teores de Ca e Mg. A presença de Ca e Mg no XR normalmente está associada aos minerais calcita e dolomita ou em concreções carbonáticas (RIBAS, 2012). Apesar de o XR ter o potencial de liberar bases para o solo, Ca e Mg provavelmente se ligam fortemente nas camadas de argilominerais, ou se dissolvem e reprecipitam formando novos minerais, não sendo encontrados na forma trocável (MCBRIDE, 1994).

CONCLUSÕES

A adição anual de xisto retornado até doses cumulativas de 18.000 kg ha⁻¹ não influenciou os atributos de fertilidade do solo avaliados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Xisto Agrícola (cooperação técnica entre Unidade de Industrialização do Xisto - Petrobras-SIX, Embrapa Clima Temperado e Fundação de Apoio à Pesquisa e desenvolvimento Dr. Edmundo Gastal - Fapeg), pelo apoio técnico e financeiro, e à Universidade Federal de Santa Maria pela disponibilidade da área experimental.

REFERÊNCIAS

ANANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. Estatísticas Indicadores. São Paulo: ANANDA, 2016. Disponível em:

<<http://anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&ver=por>>. Acesso em: 06 set. 2016.

ARAUJO, V. F. **Adubação do solo e foliar a base de co-produtos de xisto em sistema de sucessão com hortaliças**. 2015. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

ANDRADE, M. G. **Elementos-traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn em latossolos e plantas de milho após treze aplicações anuais de lodo de esgoto**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. Jaboticabal, São Paulo. 2011.

CARDOSO, E. M. da C. **Caracterização espectroscópica de substâncias húmicas de solos condicionados com subprodutos do xisto**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Analítica, Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

DOLATTO, R. G. **Estudo da interação de compostos fenólicos de interesse ambiental no solo**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

DOLATTO, R. G. et al. Preconcentration of polar phenolic compounds from water samples and soil extract by liquid-phase microextraction and determination via liquid chromatography with ultraviolet detection. *Talanta*, {s.i}, v. 148, p.292-300, 2016.

DOUMER, Marta Eliane. **Impacto de subprodutos sólidos da industrialização do xisto sobre atributos biológicos do solo**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

DOUMER, M. E. et al. Atividade microbiana e enzimática em solo após a aplicação de xisto retornado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1538-1546, 2011.

DOUMER, M. E. et al. Efeito da ativação química nas propriedades de superfície de xisto retornado. **Química Nova**, [si], v. 39, n. 4, p.431-436, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

GONÇALVES, M. G. **Caracterização química e espectroscópica de substâncias húmicas extraídas de solo com aplicação de doses cumulativas de xisto retornado**. 2016. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Analítica, Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LEÃO, R. E. et al. A adição de xisto retornado aumenta a retenção do carbono de resíduos vegetais no solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, [s.l.], v. 49, n. 10, p.818-822, out. 2014.

MCBRIDE, M.B. **Environmental Chemistry of Soils**. New York: Oxford University Press, 1994.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C. Efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.317-322, abril-junho 2004.

REIFENBERG, A.; BUCKWOLD, S.J. The release of silica from soil by the orthophosphate anion. **The Journal of Soil Science**, v.5, n.1, p.105-117, 1954.

RIBAS, LAÍS. **Influência do processo de pirólise sobre as camadas de folhelho pirobetuminoso de São Mateus do sul – PR**. 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SANTOS, J. V. dos. **Dessorção de elementos em solos que receberam doses crescentes de xisto retornado**. Tese (doutorado em Química Analítica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SILVA, F. de A.S.E. & AZEVEDO, C.A.V. de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agriculture and Biological Engineers, 2009.