

ALTERAÇÕES ELETROQUÍMICAS EM SOLOS DE VÁRZEA APÓS ALAGAMENTO

Anderson Clayton Rhoden¹, Fabiana Raquel Mühl², Marciano Balbinot³, Neuri Antonio Feldmann⁴, Danilo Pavan⁵, Marcos Paulo Zambiasi⁵

Palavras-chave: pH, potencial redox, condutividade hidráulica.

INTRODUÇÃO

Os solos de várzea localizam-se nas cotas mais baixas do relevo e normalmente apresentam elevado nível do lençol freático, além de estarem próximos aos mananciais. Devido a esta condição, são solos que estão sujeitos à saturação por água em determinados períodos do ano.

O ambiente dos solos alagados é diferente do ambiente drenado. Naqueles ocorrem alterações de ordem físico-químicas após o alagamento, o que altera o equilíbrio dos diferentes componentes do sistema bem como o manejo que será realizado durante o ciclo da cultura. Dentre as alterações que ocorrem após o alagamento, o potencial redox (Eh) é o mais importante, o qual indica o estado de oxidação ou redução do solo e que reflete o equilíbrio existente entre os sistemas redox, direcionando as reações do solo (CAMARGO et al., 1999). A cultura comercial que melhor se adapta aos solos alagados é o arroz irrigado.

Alterações do pH do solo ocorrem concomitantemente às do Eh e, devido as modificações eletroquímicas, a concentração de nutrientes na solução do solo é aumentada podendo, para alguns elementos, causar toxidez as plantas (SOUSA et al., 2000).

Devido às alterações que ocorrem nos solos alagados, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca das alterações eletroquímicas que ocorrem no solo após o alagamento.

¹ Engenheiro Agrônomo. Mestre em Ciência do Solo. Coordenador e Professor do Curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga – FAI. E-mail: agronomia@seifai.edu.br

² Bióloga. Doutora em Agronomia. Professora do Curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga – FAI.

³ Mestre em Agronomia. Professor do Curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga – FAI.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fitotecnia. Professor do Curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga – FAI.

⁵ Acadêmico do curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga – FAI.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O alagamento causa algumas alterações com relação ao estado de oxidação e redução do solo. A ausência de oxigênio pelo alagamento torna o ambiente anaeróbio, provocando alterações de ordens físicas, químicas e biológicas, com destaque para as eletroquímicas, afetando sobremaneira o potencial redox (Eh), o pH do solo e a condutividade elétrica (CE).

ALTERAÇÕES ELETROQUÍMICAS

O alagamento do solo altera significativamente os parâmetros eletroquímicos pH, Eh e CE e, deste modo, somente plantas que suportam estas alterações e que se adaptam ao alagamento podem crescer e se desenvolver nestes ambientes. Ponnampereuma (1972); Camargo et al. (1999); Sousa et al. (2000) comentam que as principais mudanças eletroquímicas que ocorrem no solo alagado são: a) diminuição do potencial redox; b) aumento do pH em solos ácidos; c) mudanças na condutividade elétrica; d) mudança no equilíbrio dos minerais; e) modificações nas reações de troca de cátions e de ânions e; f) sorção e dessorção de íons.

Condutividade elétrica (CE) - é o fenômeno de transferência de eletricidade exercida pelas partículas carregadas (íons, colóides) sobre uma força aplicada em um campo elétrico (CAMARGO et al., 1999). No início do alagamento ocorre um aumento na CE devido a redução do solo, que afeta diretamente a mobilidade do Fe^{2+} e do Mn^{2+} , aumentando suas concentrações, ocorrendo também um acúmulo de NH_4^+ , HCO_3^- e íons orgânicos, ao mesmo tempo que ocorre um deslocamento dos cátions dos sítios de troca para a solução do solo. Após, a CE diminui e se estabiliza a valores mais altos que o inicial.

Os nutrientes adsorvidos na argila, matéria orgânica e oxihidróxidos de ferro, manganês e alumínio, são N, P, S, Si, B, Cu, Zn e Mo (PONNAMPERUMA, 1977), sendo esta adsorção devido, possivelmente, a uma atração eletrostática ou ligação covalente (CAMARGO et al., 1999). Sposito (1989) comenta que quando o solo é submerso, esses íons adsorvidos podem ser liberados à solução do solo, aumentando com isso a CE. Além dos íons Fe^{2+} , Mn^{2+} e NH_4^+ , a CE é aumentada também pelo deslocamento dos ânions NO_3^- e SO_4^{2-} , formados durante a desnitrificação e redução do sulfato, respectivamente, por íons menos móveis, como o HCO_3^- , e pela neutralização, em solos ácidos, dos íons H^+ (PONNAMPERUMA, 1972).

Ponnampereuma (1972) evidenciou que a cinética da CE varia amplamente entre os solos. Solos alcalinos possuem uma alta condutância inicial, com um posterior declínio lento, já os solos fortemente ácidos têm uma baixa condutância inicial.

Redução do solo (Eh) - a mais importante diferença química entre os solos alagados e os solos drenados é o estado de redução. A redução do solo é uma consequência da respiração anaeróbia por bactérias (PONNAMPERUMA, 1972).

O potencial redox é uma medida da redução do solo. Antes do alagamento o solo apresenta características de oxidação, com a presença de oxigênio e valores de Eh positivos. À medida que se processa o alagamento, os compostos oxidados vão sendo consumidos pelos micro-organismos aeróbios e, posteriormente, pelos micro-organismos anaeróbios, com isso o solo adquire característica de redução, com o Eh atingindo valores negativos (PONNAMPERUMA, 1972; CAMARGO et al., 1999).

Quando o Eh apresenta valores entre 0,2 e -0,4 V, caracteriza solos submersos, o que reflete um estado de redução, já para valores entre 0,3 e 0,8 V, o ambiente é aeróbio, caracterizando um ambiente oxidado (PONNAMPERUMA, 1972). Segundo Liu; Yu (1984) apud Kirk (2004), o Eh representa o parâmetro físico-químico mais importante na caracterização do grau de oxidação ou redução de um solo submerso, indicando o grau de anaerobiose do ambiente.

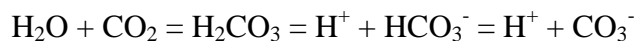
A ordem de redução dos compostos oxidados do solo é nitrato, óxido de manganês, óxidos de ferro, sulfatos, etc, então, para que a redução dos óxidos de manganês comece é necessário que boa parte do nitrato já esteja na forma reduzida, e assim sucessivamente. O nitrato é o primeiro receptor de elétrons a ser reduzido após a exaustão do oxigênio, seguido pelo Mn(IV), Fe(III), SO_4^{-2} e CO_2 (LIESACK et al., 2000).

Rhoden et al. (2002) estudando diferentes manejos da água de irrigação para a cultura do arroz irrigado encontrou valores de Eh de -214 mV para o manejo da água com lâmina estagnada, sem perdas por drenagem ou fluxo superficial, enquanto que para o manejo com drenagem e fluxo de superfície os valores de Eh chegaram a -159 e -149 mV, respectivamente. Os autores sugerem que os menores valores de Eh para o manejo da água de irrigação com lâmina estagnada foram devido ao acúmulo de substâncias reduzidas provenientes do metabolismo microbiano.

A redução do solo consome elétrons e íons H^+ , estando diretamente relacionada ao pH do solo e influenciando nas formas disponíveis dos nutrientes.

pH do solo - o alagamento do solo causa alteração no pH, havendo um decréscimo no primeiro ou segundo dia, seguido por um aumento até atingir um de pH máximo e constante de 6,5 a 7,5 em duas a três semanas. Em solos ácidos o pH, após o alagamento, estabiliza em valores superiores aos do solo antes do alagamento, já nos solos alcalinos, o pH estabiliza em valores menores do que antes do alagamento. Solos ácidos tem aumentado o pH devido ao

ambiente reduzido e consumo de H^+ criado após o alagamento, já os solos alcalinos têm o pH diminuído pelo acúmulo de gás carbônico (PONNAMPERUMA, 1972). Com a entrada da água no solo, o pH sofre um decréscimo durante os primeiros dias de alagamento devido ao acúmulo de CO_2 , que sofre dissolução na água, conforme a seguinte reação:



Após, o pH começa a aumentar devido a redução do solo, a qual consome íons H^+ , até um momento em que o metabolismo presente no solo é exclusivamente anaeróbico. A produção de CO_2 no ambiente anaeróbico é menor do que antes do alagamento (AITA et al., 2003), deste modo, ocorre uma estabilização na produção de CO_2 . A sua redução a CH_4 também estabiliza e a redução dos compostos oxidados do solo diminui de intensidade, pois os compostos facilmente oxidáveis são rapidamente consumidos, neste momento o pH do solo se estabiliza próximo a 6,5-7, pois estes 3 processos entram em equilíbrio (VAHL, 1999)

O aumento do pH do solo após o alagamento beneficia a dinâmica dos nutrientes em favor das plantas. O pH estabilizando-se próximo a 6,5-7,0 favorece a liberação e absorção de nutrientes, bem como diminui a concentração de elementos potencialmente tóxicos para a cultura do arroz irrigado.

Rhoden et al. (2002), avaliando o pH do solo em função de diferentes manejos da água de irrigação do arroz e quantidades de palha de azevém, observaram que na quantidade de 6,86 $Mg\ ha^{-1}$ de palha o pH foi de 5,38, para a quantidade 3,43 $Mg\ ha^{-1}$ foi de 5,99 e para o tratamento sem palha, o pH foi de 6,6, e concluíram que o pH do solo está relacionado à quantidade de palha em condições anaeróbicas e que os menores valores de pH no tratamento com lâmina estagnada deve-se ao acúmulo de produtos do metabolismo microbiano fermentativo, possivelmente ácidos orgânicos.

Nas reações de oxi-redução ocorre um consumo de prótons, H^+ e elétrons, atuando diretamente sobre o pH do solo. Comparando os valores de Eh e pH, Camargo et al. (1999) observaram que conforme diminuiu o Eh, o pH aumentou até a segunda semana de alagamento. O pH do solo também tem um papel importante no controle do equilíbrio químico de silicatos, carbonatos, fosfatos, hidróxidos, sulfatos, e esse equilíbrio regula as reações de precipitação, dissolução, adsorção e dessorção de íons e moléculas envolvidas no processo de redução do solo (SOUSA et al., 2000).

Em solos alagados, o sistema redox e o sistema de carbonatos controlam o curso do pH. O aumento do pH em solos ácidos é um dos maiores benefícios para a cultura do arroz irrigado, pelo fato de que elimina a toxidez por Al, minimiza a toxidez por Fe e aumenta a disponibilidade de fósforo (PONNAMPERUMA 1972).

À medida que se processa a redução do solo e o aumento do pH, ocorre liberação de Fe^{2+} e Mn^{2+} para a solução do solo e os nutrientes catiônicos são deslocados da CTC do solo para a solução, o que aumenta a disponibilidade para as plantas, principalmente do fósforo que, apesar de ser um nutriente aniônico, tem sua dinâmica inter-relacionada à dinâmica do Fe. Este ao torna-se solúvel, faz com que aquele seja desorvido e deslocado para a solução do solo. O aumento do pH promove a precipitação do Al trocável e a dissociação dos íons H^+ dos grupos funcionais dos minerais do solo, o que contribui para um aumento nas cargas negativas do solo (VAHL, 1999).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C; HUBNER, A. P.; ANTONIOLLI, Z.I; FRIES, R.M. **Microbiologia agrícola**. Santa Maria, 2003, 121 p, mimeografado.

CAMARGO, F. A., O.; SANTOS, G. A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. **Ciência Rural**, v.29, n.1, p. 171-179, 1999.

KIRK, G. **The biogeochemistry of submerged soils**. Chichester: John Willey & Sons, 2004. 291p.

LIESACK, W.; SCHNELL, S., REVSBECH, N. P. Microbiology of flooded rice paddies. **FEMS Microbiology Reviews**, v.24, p. 625-645, 2000.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**. New York, v.24, p. 29-96, 1972.

PONNAMPERUMA, F.N. **Physicochemical properties of submerged soils in relation to fertility**. Los Baños:IRRI, 1977. 32 p. Research Paper Serie, 5.

RHODEN, A. C.; RIGHES, A. A.; GUBIANI, E. I. **Potencial Redox e pH do Solo no Sistema Mix de Pré-Germinado em Arroz Irrigado**. In: Jornada Acadêmica Integrada, 2000, Santa Maria. XV Jornada Acadêmica Integrada, 2000.

SOUSA, R. O.; CAMARGO, F. A. O.; VAHL, L. C. Solos alagados. In: Meurer, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre:Gênesis, 2000, p. 126-149.

SPOSITO, G. **The Chemistry of Soils**. New York, 1989. 277p.

VAHL, L. C. Fertilidade de solos de várzea. In: GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A. (eds.) **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 119-162.