

**NOTA TÉCNICA:****CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA DOSE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA EM ÁREAS DE FERTIRRIGAÇÃO**Lorena Aparecida Noia Menezes¹ & Antonio Teixeira de Matos²

1 - Estudante de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG. E-mail: lorena.nmenezes@gmail.com

2 - Engenheiro Agrícola, Prof. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG. E-mail: atmatos@desa.ufmg.br

Palavras-chave:

salinidade
poluição do solo
cultivo agrícola
fertilização agrícola

RESUMO

A fertirrigação de culturas agrícolas é uma boa opção para o controle na degradação ambiental, além de proporcionar melhoria nas características do solo e na produtividade das culturas. Entretanto, se a dosagem aplicada for inadequada, pode trazer efeitos nocivos tanto à cultura quanto ao solo e/ou águas subterrâneas. A relação entre a condutividade elétrica do solo (*CEs*) e a dose de água residuária, expressa como dose de sólidos dissolvidos totais (*SDT*), se mostra bastante adequada, tendo em vista que a *CEs* é uma variável de medida simples, baixo custo e que pode ser feita *in loco*, oferecendo informações úteis e precisas acerca das condições químicas do solo de áreas fertirrigadas. Sendo assim, neste estudo, buscou-se definir, utilizando-se dados secundários, modelos matemáticos que relacionem quantitativamente essas duas variáveis em solos de diferentes texturas. A textura do solo não foi fator de significativa influência na relação entre a *CEs* e a dose aplicada de *SDT*, via água residuária, e uma equação linear de coeficiente angular médio de 0,32 pode ser utilizada como multiplicador da dose de *SDT*, para essa estimativa. No caso de áreas submetidas à irrigação após a aplicação da água residuária no solo, o fator multiplicador médio deve ser de 0,04. A estimativa da *CEs* como função da dose de *SDT* pode ser auxílio importante na tomada de decisão, em condições de campo, a respeito da aplicação de águas residuárias no solo.

Keywords:

salinity
soil pollution
agricultural cultivation
agricultural fertilization

SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY DUE TO WASTEWATER APPLICATION DOSAGE IN FERTIGATED AREAS**ABSTRACT**

The use of wastewater in the agricultural crops fertigation is a good option for the environmental degradation control as well as improving soil characteristics and crop productivity. However, if the dosage applied is inadequate, it may have harmful effects on both the crop and the soil, and/or groundwater. The relation between the soil electrical conductivity (*ECs*) and the wastewater dosage, expressed as the total dissolved solids dosage (*SDT*), is very relevant, since the *ECs* is a simple, low cost measurement variable and it can be done locally by providing useful and accurate information about the soil chemical conditions of fertigated areas. Thus, in this study, we aimed to define, using secondary data, mathematical models that quantitatively relate these two variables in soils of different textures. As a result, we concluded that soil texture was not a significant influence on the *ECs* ratio and the applied dosage of *SDT* via wastewater, and a linear equation of average angular coefficient of 0.32 could be used as *SDT* dosage multiplier, for this estimate. In the case of areas submitted to irrigation after the wastewater application in the soil, the average multiplier factor should be 0.04. The *ECs* estimation from the *SDT* dosage applied to the soil can be important aid in decision-making, in field conditions, regarding the application of wastewater in the soil.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é um recurso natural fundamental para a vida no planeta, além de exercer um papel significativo no desenvolvimento econômico e social em todo o mundo. Inúmeros são os setores que se utilizam dos recursos hídricos como insumo básico para suas atividades. Dentre esses usos, no Brasil, a Agência Nacional de Águas – ANA (2002) destacou os seguintes: agricultura e irrigação, geração de energia hidroelétrica, transporte hidroviário, pesca e aquicultura, além de turismo e lazer.

Com exceção da região semiárida no Nordeste brasileiro, o país sempre foi considerado muito rico em água, mas esse cenário vem passando por significativa modificação. A evolução dos padrões demográficos e o tipo de crescimento econômico observado no Brasil aumentaram a pressão sobre os recursos hídricos, provocando situações de escassez de água ou de conflitos de utilização em várias regiões do país (ANA, 2002). Em nível mundial, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), mais de um bilhão de pessoas sofrem com problemas relacionados à escassez e contaminação da água, e esse número deve dobrar até 2025.

À medida que a água se torna um recurso escasso, a tendência é que se busquem alternativas para complementar ou reduzir seu consumo em seus respectivos usos, visando restabelecer um equilíbrio entre a oferta e a demanda. Nesse sentido, a utilização de águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas pode ajudar a mitigar os efeitos prejudiciais dos déficits hídricos atuais (MATOS; MATOS, 2016). Além disso, Garcia (2003) considera que a agricultura é a atividade que pode tolerar águas de qualidade inferior, impróprias para indústria e uso doméstico. Sendo inevitável, portanto, que exista uma crescente tendência para se encontrar, na agricultura, a solução para os problemas relacionados tanto à escassez hídrica quanto à destinação de efluentes.

Adicionalmente, sob o aspecto agrônomico, as águas residuárias, devido a sua composição química, fornecem nutrientes ao solo, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, entre outros, que são essenciais para o crescimento

e desenvolvimento de diversas culturas (SILVA, 2017), podendo auxiliar na melhoria de algumas características físicas e físico-químicas do solo.

Entretanto, se a fertirrigação for realizada de maneira inadequada, proporciona a aplicação de sais que podem ser acumulados no solo, em regiões de baixa pluviosidade, ou lixiviados, vindo a contaminar águas subterrâneas (MATOS, 2010; GHEYI *et al.*, 1997). Pedrotti *et al.* (2015) afirmaram que o uso inadequado do solo e o manejo inadequado da irrigação/fertirrigação têm contribuído sensivelmente para expansão da área de solos degradados por salinidade e sodicidade. No mesmo sentido, Gheyi (2000) alerta que o uso inadequado da prática de irrigação tem levado à salinização de ampla área do Nordeste brasileiro, aproximadamente 25% das áreas irrigadas dessa região encontram-se salinizadas.

Dentre os impactos causados por sais no solo, podem ser citadas: baixa produtividade agrícola e altos custos de produção; aumento no escoamento superficial e ocorrência de enchentes; diminuição na recarga dos aquíferos; dentre outros (PEDROTTI *et al.*, 2015).

O desenvolvimento das plantas é diretamente atingido pela salinização, em decorrência de possível toxicidade proporcionada por alguns íons, desequilíbrios nutricionais e, principalmente, pelas dificuldades na absorção de água e nutrientes ocasionadas pelo aumento da pressão osmótica da solução do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Isso porque uma maior concentração da solução exige da planta um maior gasto energético para absorção de água (efeito osmótico), prejudicando seus processos metabólicos essenciais (TOMÉ JR, 1997).

De acordo com Pedrotti *et al.* (2015), as consequências econômicas da salinização do solo não são facilmente avaliadas, devido à falta de relação direta entre salinização e produtividade agrícola.

Considerando-se os efeitos deletérios da salinização para a qualidade do solo e das águas subterrâneas, torna-se cada vez mais importante monitorar sua salinidade visando melhor compreensão da dinâmica e dos processos afetados pela aplicação de águas residuárias, como fertirrigação de áreas agrícolas.

Para facilitar tanto o manejo e o controle operacional para o responsável pela fertirrigação, bem como a ação de agentes fiscalizadores ambientais, em nível de propriedades agrícolas, faz-se necessário o desenvolvimento de técnicas de monitoramento que possam ser utilizadas como indicativos de excessos na aplicação de águas residuárias, *in loco* e em curto prazo de tempo. Dentre as variáveis de potencial uso nesse tipo de monitoramento, está a condutividade elétrica do solo (*CEs*), tendo em vista que podem ser utilizadas práticas que possibilitam sua medição em condições de campo. Com isso, o responsável pela aplicação da água residuária e o analista ambiental, responsável por monitorar a qualidade química do solo, poderão ter ciência se a aplicação está sendo feita de acordo com as condições previamente estabelecidas e que a lâmina de fertirrigação aplicada não está sendo excessiva.

Estudos relativos à *CEs* têm apontado sua relação com o conteúdo de argila e de água (MOLIN; RABELLO, 2011), capacidade de troca catiônica e teores de cálcio e magnésio trocáveis (McBRIDE *et al.*, 1990), teor de matéria orgânica (CARMO; SILVA, 2016), dentre outros.

A condutividade elétrica do solo pode ser definida como a capacidade que o mesmo possui em conduzir corrente elétrica (MOLIN; RABELLO, 2011). Heiniger *et al.* (2003) afirmaram que a mudança na disponibilidade de íons e sais no solo pode afetar a *CEs*, o que permite inferir que a condução de corrente elétrica ocorre de acordo com a disponibilidade e a concentração de sais e íons associados às fases sólida e líquida do solo. A *CEs*, medida em sua suspensão com água, é proporcional à sua concentração iônica, o que a torna uma propriedade capaz de quantificar a salinidade do solo.

A mensuração da condutividade elétrica do solo é simples e pode ser realizada por contato, fazendo passar uma corrente elétrica em eletrodos isolados, ou com o uso de corrente induzida por um campo magnético, sem necessidade de contato com o solo (SUDDUTH *et al.*, 2005). Os equipamentos utilizados nessa medição são pontes de Wheatstone (MATOS, 2012).

Diante do exposto, observa-se a necessidade de pesquisas acerca de ferramentas que orientem

quantitativamente o processo de avaliação e monitoramento de áreas fertirrigadas com águas residuárias, utilizando-se a condutividade elétrica como indicador de potencial salinização, com vistas a se obter a máxima produtividade das culturas agrícolas e minimizando-se as perdas da qualidade do solo e/ou das águas subterrâneas.

Portanto, neste estudo, buscou-se definir, utilizando dados secundários, modelos matemáticos que relacionem quantitativamente a condutividade elétrica de solos de diferentes texturas e a dose aplicada de sólidos dissolvidos, disponibilizando-se, assim, coeficientes de estimativa da salinidade do solo *in loco*, em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo baseou-se na utilização de dados secundários obtidos a partir de uma revisão da literatura especializada (artigos científicos, livros, dissertações de mestrado e teses de doutorado), efetuada entre os meses de julho e outubro do ano de 2017. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias: fertirrigação, salinização de solos, reúso de água e disposição de águas residuárias no solo. Os critérios do aproveitamento das informações contidas nos textos técnico-científicos analisados foram o de disponibilizar informações sobre caracterização da condutividade elétrica da água residuária, das doses aplicadas no solo e da *CEs* que proporcionaram. Considerando-se que os valores de *CEs* dependem da forma como foram medidos e de características do solo, principalmente textura, informações relativas a isso também foram consideradas.

Pretendendo-se obter um banco de dados para subsidiar a elaboração do modelo matemático a ser proposto, os dados selecionados foram organizados explicitando-se o autor do estudo, o tipo de água residuária utilizada, a textura do solo, a condutividade elétrica e as doses da água residuária aplicadas, a condutividade elétrica do solo e o método de mensuração dessa condutividade elétrica para cada pesquisa adotada.

Considerando-se que os dados relacionados à dose de água residuária aplicada (apresentado em mm ou m³ ha⁻¹) precisavam ser convertidos para alguma variável que independesse da sua

tipologia, optou-se por converter essa variável em concentração de sólidos dissolvidos totais (*SDT*), os quais estão relacionados matematicamente na Equação 1, conforme recomendado por Ferreira (1997):

$$SDT = 0,67 \times CEa \quad (1)$$

em que,

SDT = concentração de sólidos dissolvidos totais (g L⁻¹);

0,67 = fator de proporcionalidade que varia de 0,64 a 0,70 e que foi adotado o valor médio (adimensional); e

CEa = condutividade elétrica na água residuária (dS m⁻¹).

No que se refere à transformação de dados de *CEs* obtidos por meio de diferentes processos de preparo da suspensão, na qual a medição é realizada quando necessária, utilizou-se a Equação 2 que está diretamente associada à proporção de água incorporada para preparo da suspensão, baseada na relação apresentada por Ferreira (1997):

$$CEs_{(1:2,5)} = CEs_{(qualquer)} \times P/2,5 \quad (2)$$

em que,

*CEs*_(1:2,5) = condutividade elétrica no solo, medida em suspensão preparada na proporção 1:2,5 (solo: água) (dS m⁻¹);

*CEs*_(qualquer) = condutividade elétrica no solo, medida em suspensão preparada em proporção diferente da 1:2,5 (solo: água) (dS m⁻¹); e

P = proporção de água utilizada no preparo da suspensão (adimensional).

Os dados padronizados foram submetidos ao ajuste de equações lineares de *CEs*, em dS m⁻¹, como função da dose de *SDT* aplicada, em t ha⁻¹, por meio de análise de regressão efetuada utilizando-se o *software* Microsoft Excel. As equações obtidas foram inicialmente agrupadas de acordo com a textura do solo, tendo em vista que, assim procedendo, poderia-se verificar possível efeito da textura do solo no coeficiente angular da reta ajustada e, com isso, se tentar apresentar equações únicas de variação na *CEs* em função da dose de *SDT* devido a classe textural do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos critérios estabelecidos para obtenção de dados secundários, foram encontrados alguns estudos que cumpriam todos os requisitos de informações indispensáveis:

- Souza *et al.* (2013), que avaliaram a alteração de algumas características químicas (condutividade elétrica e teores de fósforo e nitrogênio) em um solo muito argiloso, fertirrigado com águas residuárias da suinocultura;
- Lo Monaco (2005), que analisou os atributos químicos de um solo argiloso, após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos;
- Ribeiro (2014), que avaliou os efeitos da fertirrigação de diferentes culturas com esgoto sanitário minimamente tratado sobre as propriedades químicas de um solo de textura média;
- Erthal *et al.* (2010), que realizaram um experimento utilizando quatro doses de aplicação da água residuária de bovinocultura para observar os efeitos dessa aplicação sobre as características físicas e químicas de um solo argiloso;
- Melo (2004), que avaliou as alterações físicas e químicas, distribuição e mobilidade dos íons em três solos (um arenoso, outro textura média e outro muito argiloso) tratados com manijueira;
- Garcia (2013), que analisou alterações químicas, físicas e mobilidade de íons em três solos (um arenoso, outro textura média e outro argiloso), decorrentes da aplicação da água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon.

Tratam-se, em geral, de estudos que buscaram avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de águas residuárias no solo, sobre algumas características químicas do mesmo, dentre elas a condutividade elétrica.

Após a seleção e transformação dos dados para associação de *CEs* com dose de *SDT*, esses foram organizados e apresentados na Tabela 1, que também apresenta as equações lineares e seus coeficientes de determinação (*R*²) ajustados.

Tabela 1. Informações quanto à autoria dos estudos, fonte de água residuária aplicada, classificação textural do solo e equação ajustada para relacionar $CEs_{(1:2,5)}$ ($dS\ m^{-1}$) e a dose de SDT aplicada ($t\ ha^{-1}$).

Autor	Fonte da água residuária	Classe textural do solo	Equação ajustada	R ²
Souza <i>et al.</i> (2013)*	Suinocultura	Muito argiloso	$CEs_{(1:2,5)} = 0,272 \times SDT + 0,580$	0,61
Melo (2004)	Manipueira	Muito argiloso	$CEs_{(1:2,5)} = 0,184 \times SDT + 0,439$	0,52
Lo Monaco (2005)	Descascamento dos frutos do cafeeiro	Argiloso	$CEs_{(1:2,5)} = 0,017 \times SDT + 0,070$	0,74
Erthal (2010)*	Bovinocultura	Argiloso	$CEs_{(1:2,5)} = 0,057 \times SDT + 0,139$	0,87
Garcia (2013)	Descascamento dos frutos do cafeeiro	Argiloso	$CEs_{(1:2,5)} = 0,321 \times SDT + 0,631$	0,99
Ribeiro (2014)	Esgoto sanitário tratado	Média	$CEs_{(1:2,5)} = 0,050 \times SDT + 0,194$	0,77
Melo (2004)	Manipueira	Média	$CEs_{(1:2,5)} = 0,453 \times SDT + 0,379$	0,96
Garcia (2013)	Descascamento dos frutos do cafeeiro	Média	$CEs_{(1:2,5)} = 0,326 \times SDT + 0,413$	0,97
Melo (2004)	Manipueira	Arenoso	$CEs_{(1:2,5)} = 0,199 \times SDT + 0,306$	0,94
Garcia (2013)	Descascamento dos frutos do cafeeiro	Arenoso	$CEs_{(1:2,5)} = 0,224 \times SDT + 0,555$	0,99

* experimentos conduzidos em lisímetros

Os resultados obtidos demonstram que os coeficientes de determinação podem ser, à exceção dos obtidos para a equação ajustada por Melo (2004) e por Souza *et al.* (2013), ambos para solos muito argilosos, considerados razoáveis a bons, o que indica que a equação matemática descreve de razoável a bem a relação entre CEs e dose de SDT . A penetração e distribuição das águas residuárias no perfil podem variar com a textura do solo (MATOS, 2010). Sendo assim, o resultado obtido pode ser explicado em razão de em solos argilosos haver tendência de menor uniformidade na distribuição da água residuária e, conseqüentemente, dos íons no solo, o que pode proporcionar maior heterogeneidade no meio, repercutindo nos resultados obtidos.

Numa avaliação geral de todas as equações, pode-se verificar que o coeficiente angular variou de 0,017 a 0,453. As faixas por textura de solo são, entretanto, de 0,184 a 0,272 para solos muito argilosos; 0,017 a 0,321 para solos argilosos; 0,050 a 0,453 para solos de textura média e 0,199 a 0,224 para solos arenosos. Com base nessas faixas, torna-se importante uma discussão em relação à amplitude nos valores encontrados, notadamente para as equações ajustadas para solos argilosos e de textura média, em relação à influência da textura do solo nos valores encontrados.

No que se refere aos baixos valores encontrados por Lo Monaco (2005), Ribeiro (2014) e Erthal (2010), torna-se importante ressaltar que, após a aplicação da água residuária, era aplicada água de irrigação (de baixa condutividade elétrica) nas parcelas experimentais, geralmente com o intuito de se complementar o atendimento das necessidades hídricas da planta, não satisfeitas com a aplicação dessa água residuária. Isso proporcionou maior lixiviação, tanto dos íons presentes no solo quanto dos incorporados ao mesmo devido a aplicação da água residuária. Dessa forma, houve diminuição na presença de íons e, conseqüentemente, a expressão de menores valores para CEs . Com isso, torna-se recomendável a criação de um novo grupo que represente os solos submetidos à irrigação logo após a aplicação da água residuária. Na prática, esse grupo também poderia representar as condições da CEs em período chuvoso ou em locais irrigados. Para esse grupo, a faixa de valores do coeficiente angular da equação é de 0,017 a 0,057 para solos argilosos e de textura média, sendo o valor médio de 0,037 ou aproximadamente 0,04.

Sendo criado o grupo de solos submetidos à irrigação depois de efetuada a aplicação da água residuária, as faixas de coeficiente angular da equação para os solos receptores de águas residuárias diversas passaram a ser de 0,184 a

0,272 para solos muito argilosos; 0,321 para solos argilosos; 0,326 a 0,453 para solos de textura média e 0,199 a 0,224 para solos arenosos.

Avaliando-se a influência da textura do solo nos valores do coeficiente angular, verifica-se haver tendência para que os valores sejam maiores em solos de textura média, entretanto, não se encontra explicação para esse fato. Isto porque, em função da fraca capacidade tampão do sistema, esperava-se que solos arenosos apresentassem os maiores valores, o que não ocorreu, com base nos dados avaliados.

Diante disso, buscou-se definir uma faixa de coeficiente angular que atendesse a solos de diferentes texturas, sendo essa faixa de 0,184 a 0,453 com seu valor médio de 0,319 ou, aproximadamente, 0,32.

Então, o modelo matemático sugerido para se estimar o valor de *CEs* em função da dose de *SDT*, em área na qual se efetue a aplicação de água de irrigação ou em período de alta incidência de chuvas, pode ser expresso pela Equação 3:

$$CEs_{(1:2,5)} = 0,04 \times SDT + CEs_{(1:2,5)nat} \quad (3)$$

em que,

$CEs_{(1:2,5)nat}$ = a condutividade elétrica, obtida em suspensão 1:2,5 (proporção solo: água) do solo de área não receptora da água residuária.

Em áreas onde não haja irrigação após a aplicação da água residuária ou durante o período de estiagem, a equação a ser aplicada é expressa pela Equação 4:

$$CEs_{(1:2,5)} = 0,32 \times SDT + CEs_{(1:2,5)nat} \quad (4)$$

CONCLUSÕES

- Equações lineares foram ajustadas para condutividade elétrica do solo (*CEs*) como função da dose de sólidos dissolvidos totais (*SDT*) na água residuária aplicada ao mesmo;
- A irrigação da área após a aplicação da água residuária no solo teve mais influência sobre o coeficiente angular das equações ajustadas do que a textura do solo. Sendo assim, deve-

se utilizar fator de multiplicação expresso pelo coeficiente angular mais baixo na estimativa de *CEs* em áreas irrigadas ou durante o período chuvoso, do que o utilizado em caso de áreas não irrigadas ou sob período de estiagem;

- Recomenda-se a utilização de fatores de multiplicação de 0,04 para áreas irrigadas ou durante períodos chuvosos e de 0,32 para áreas não irrigadas e em períodos mais secos do ano, possibilitando-se a estimativa da *CEs* e, com isso, auxiliar na tomada de decisão, em condições de campo, a respeito da aplicação de águas residuárias no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). A evolução da gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil. Brasília; 2002.

CARMO, D.L.; SILVA, C.A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n.10, p.1762-1772, 2016.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

FERREIRA, P.A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H.R. QUEIROZ, J.E., MEDEIROS, J.F. SIMPÓSIO “MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA”. Campina Grande: UFPB, 1997. p.37-67.

GARCIA, G.O. Alterações químicas, físicas e mobilidade de íons no solo decorrentes da aplicação da água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon. M.S., Departamento de Engenharia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 2003. 101p.

GHEYI, H.R. Problemas de salinidade na

- agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.; ASSIS, J.R.; R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. Agricultura, sustentabilidade e o semiárido. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.329-345.
- GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. 383p.
- HEINIGER, R.W.; MCBRIDE, R.G.; CLAY, D.E. Using soil electrical conductivity to improve nutrient management. *Agronomy Journal*, v.95, p.508-519, 2003.
- LO MONACO, P.A. Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 2005. 96p.
- MATOS, A.T. Poluição Ambiental: Impactos no meio físico. Ed. UFV. 1ª Ed. Viçosa, MG, 2010. 264p.
- MATOS, A.T. Qualidade do Meio Físico Ambiental: Práticas de Laboratório, Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 2012. 126p.
- MATOS, A.T.; MATOS, M.P. Disposição de águas residuárias no solo e em Sistemas alagados construídos. Viçosa, MG, 2016. 371p.
- McBRIDE, R.A.; GORDON, A.M.; SHRIVE, S.C. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, v.54, p.290-293, 1990.
- MELO, R.F. Avaliação das alterações físicas e químicas, distribuição e mobilidade dos íons em três solos tratados com manipueira. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 2004. 59p.
- MOLIN, J.P.; RABELLO, L.M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.1, p.90-101, 2011.
- OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ROSSETTO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba: USP, 2002.
- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.M.; RAMOS, V.C.; PRATA, A.P.N.; LUCAS, A.A.T.; SANTOS, P.B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos, *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM*, Santa Maria, v.19, n.2, p.1308-1324, maio-agosto, 2015.
- RIBEIRO, D.P. Alterações químicas em solo cultivado com milho, algodoeiro e feijoeiro em sucessão e fertirrigado com esgoto sanitário tratado. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 2014. 76p.
- SILVA, J.R.M. Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com Grama esmeralda (*zoysia japonica*). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras: UFLA, 2017.
- SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A.; MATOS, A.T.; RODRIGUES, A.S.L. Effect of irrigation with wastewater from swine in the chemical properties of a latossol, *African Journal of Agricultural Research*, n.18, v.41, p.5166-5173, 2013.
- SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R.; WIEBOLD, W.J.; BATCHELOR, W.D.; BOLLERO, G.A.; BULLOCK, D.G.; CLAY, D.E.; PALM, H.L.; PIERCEF, F.J.; SCHULER, R.T.; THELEN, K.D. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. *Computers and Electronics in Agriculture*, New York, v.46, p.263-283, 2005.
- TOMÉ JÚNIOR, J.B. Manual para interpretação de análise de solo. Curitiba: Editora Guaíba Agropecuária, 1997. 247p.