

Capítulo 1

IMPACTO DOS AGROQUÍMICOS USADOS NA VIDEIRA NO VALE DO SÃO FRANCISCO¹

Roseli Freire de Melo

Engenheira Agrônoma. Doutora Manejo de Solos, Embrapa Semiárido.
Petrolina-PE.
roseli.melo@cpatsa.embrapa.br

Luiza Teixeira de Lima Brito

Engenheira Agrícola. Doutora Recursos Hídricos, Embrapa Semiárido.
luizatlb@cpatsa.embrapa.br

Alessandra Monteiro Salviano Mendes

Engenheira Agrônoma. Doutora Nutrição de Plantas, Embrapa Semiárido.
amendes@cpatsa.embrapa.br

Luciano J. F. Ximenes

Zootecnista. Doutor Zootecnia. Técnico do Etene/BNB
lucianoximenes@bnb.gov.br

¹ Pesquisa realizada com apoio financeiro do BNB (Convênio: Etene/Fundeci 22400-05/0035-1).

1.1 – Introdução

Nos últimos anos tem sido observado o uso indiscriminado do solo, dada a necessidade de obtenção de elevadas produtividades agrícolas. Práticas inadequadas de preparo do solo e uso excessivo de agroquímicos têm acelerado sua degradação pelo uso repetido e demorado de fertilizantes, promovendo o acúmulo de elementos ou compostos tóxicos em níveis indesejáveis, principalmente, metais pesados. Essas práticas são, na maioria das vezes, necessárias para suprir a deficiência nutricional dos solos, corrigir seu pH (fertilizantes e corretivos) e proteger as culturas de doenças e pragas. Como os fertilizantes não são suficientemente purificados durante o processo de manufatura, por razões econômicas, geralmente eles contêm impurezas, entre estas, metais pesados (AMARAL SOBRINHO et al. 1992; RAMALHO et al. 1999). Alguns desses metais também, frequentemente, fazem parte dos componentes ativos dos pesticidas (SANTOS; AMARAL SOBRINHO; MAZUR, 2002).

O termo “metais pesados” é comumente usado, mas esses elementos também podem ser referendados por metais-traço, elementos-traço, micronutrientes, microelementos, elementos menores, inorgânicos-traço, elementos-raros, elementos dispersos, entre outros (EGREJA FILHO, 1993).

É comum o emprego dos termos metal pesado e metal-traço em estudos de contaminação por metais. Metais pesados têm densidade superior a $5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Os metais que apresentam densidade inferior a esta se denominam “metais leves”, o que caracteriza um erro comum na discussão sobre contaminantes, dado que todos são classificados como pesados, independentemente de sua densidade. O termo “metal-traço” pretende indicar a abundância natural do mesmo. Comumente, os metais que se encontram na crosta terrestre em proporções de 0,1% ou menos (1.000ppm) em peso, se situam nesta categoria (POVINELLI, 1987). Entretanto o termo “metais pesados” é normalmente adotado como referência a metais associados à poluição e toxicidade, sendo também chamados de “metais tóxicos”. Apesar dessa denominação, os metais pesados incluem alguns elementos que são biologicamente essenciais, tais como o Co, Cu, Mn, Se e Zn, e não somente os metais tóxicos (DAMASCENO, 1996).

No Brasil, alguns casos adquiriram grande repercussão, como aqueles do Estado de São Paulo, onde foram encontrados elevados teores de pesticidas nas águas superficial e subterrânea, devido ao derramamento de pesticidas de uma fábrica, que contaminou várias chácaras vizinhas à área. Os agrotóxicos organoclorados como Endrin, Dieldrin e Aldrin foram encontrados no lençol freático e nas águas do rio Atibaia, um dos principais afluentes do Piracicaba, que abastece, entre outras, as cidades de Americana e Sumaré (SHELL, 2005). Outro caso de contaminação com pesticidas de grande impacto foi o da “Cidade dos Meninos”, Duque de Caxias, no Rio de Janeiro, neste caso foi observada severa contaminação humana e ambiental, inclusive no leite materno (ARAÚJO et al., 2000).

Para um manejo adequado dos agrotóxicos em geral, a Fao (1993) recomenda realizar avaliações periódicas do risco de contaminação em seus diferentes compartimentos ambientais, com objetivo de avaliar o potencial de lixiviação do solo, a volatilização, que está associada à vida média do produto, e para estimar quantidades desses produtos no meio. Afirma, ainda, que técnicas simples existem e que podem ser aplicadas também na ausência de análises sofisticadas, e que em muito podem contribuir para uma avaliação preliminar do risco de agrotóxicos no meio ambiente. Neste caso, deve-se evitar erros graves no manejo dos agrotóxicos; identificar substâncias químicas de alto risco para os diferentes objetivos e em diferentes áreas; e, planejar o uso de agroquímicos de acordo com as necessidades locais e características ambientais.

No âmbito internacional, países como Estados Unidos, Canadá, e Oeste Europeu já possuem legislações específicas sobre contaminação; enquanto que o Japão, Austrália e o Brasil, só mais recentemente iniciaram o desenvolvimento de projetos específicos de prevenção e controle da poluição do solo e das águas.

- Contaminação do Ambiente
- Metais pesados no solo

Solo contaminado é aquele que apresenta concentrações de determinada espécie química acima do esperado em condições naturais, não existindo no Brasil, até o presente, definição clara para concentrações que determinam estar o

solo contaminado ou não (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000). No estado de Washington, EUA, (RODELLA, 2005) apresenta a adição máxima anual de metais aos solos para alguns elementos como arsênio ($0,33\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), cádmio ($0,09\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), mercúrio ($0,02\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), zinco ($8,22\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), chumbo ($2,22\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$).

Estudos da Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental (USEPA, 1999) revelaram que a adição anual máxima ao solo permitida para elementos-traço provenientes de insumos agrícolas poderia ser superada pelo uso de alguns fertilizantes fornecedores de micronutrientes e subprodutos utilizados como corretivo de acidez. Esses estudos foram baseados em informações sobre concentrações máximas permitidas de elementos-traço em solos agricultáveis tratados com lodo de esgoto, ou que receberam fertilizantes e corretivos que continham elementos-traço. As Tabelas 1 e 2 apresentam as concentrações de elementos-traço de alguns insumos agrícolas e impactos de alguns atributos de solo na mobilidade de elementos-traço (GUILHERME et al., 2005).

TABELA 1 – Concentração de Elementos-Traço em Alguns Insumos Agrícolas

| Elementos | Fertilizante fosfatado | Calcário | Fertilizante nitrogenado | Esterco | Pesticida |
|------------------|-------------------------------|----------|--------------------------|-----------|-------------------|
| | -----mgkg ⁻¹ ----- | | | | gkg ⁻¹ |
| Cádmio (Cd) | 0,1-170 | 0,04-0,1 | 0,05-8,5 | 0,3-0,8 | - |
| Chumbo (Pb) | 7-225 | 20-1.250 | 2-1.450 | 6,6-3.500 | 600 |
| Cobalto (Co) | 1-12 | 0,4-3,0 | 5-12 | 0,3-24 | - |
| Cobre (Cu) | 1-300 | 2-125 | 1-15 | 2-60 | 120-500 |
| Cromo total (Cr) | 66-245 | 10-15 | 3-19 | 5,2-5,5 | - |
| Manganês (Mn) | 40-2.000 | 40-1.200 | - | 30-550 | - |
| Níquel (Ni) | 7-38 | 10-20 | 7-38 | 7,8-30 | - |
| Zinco (Zn) | 50-1.450 | 10-450 | 1-42 | 15-250 | 13-250 |

Fonte: Guilherme et al., 2005

TABELA 2 – Impacto de Alguns Atributos do Solo na Mobilidade de Elementos-Traço

| Atributo do solo | Base para o impacto | Impacto na mobilidade |
|--|---|-----------------------|
| Ligantes (in) orgânicos dissolvidos | Solubilidade do elemento-traço | Aumento |
| Baixo pH | Redução na adsorção de cátions em óxidos de Fe, Al e Mn | Aumenta |
| | Aumento na adsorção de ânions em óxidos de Fe, Al e Mn | Diminuição |
| | Precipitação crescente de oxiânions | Diminuição |
| Alto pH | Precipitação crescente de cátions como carbonatos e hidróxidos do metal | Diminuição |
| | Aumento na adsorção de cátions em óxidos de Fe, Al e Mn | Aumento |
| | Complexação crescente de alguns cátions por ligantes dissolvidos | Aumento |
| | Aumento na adsorção de cátions por material humificado sólido | Diminuição |
| Alto conteúdo de argila | Redução na adsorção de ânions | Aumento |
| | Aumento na troca catiônica (qualquer valor de pH) | Diminuição |

Fonte: Adaptado de Haynes e Traina (1998), *apud* Guilherme et al. (2005)

O solo possui capacidade de retenção de metais pesados; porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais tanto podem penetrar na cadeia alimentar dos organismos vivos como serem lixiviados, colocando em risco a qualidade dos sistemas. A Figura 1 mostra as principais vias pelas quais os contaminantes do solo atingem plantas, animais e o homem (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000).

A concentração de elementos-traço na solução da maioria dos solos é bastante baixa, normalmente na faixa de 1 a 1.000 μgL^{-1} , não sendo raros os casos em que esses teores são menores que 1 μgL^{-1} , o que normalmente estão abaixo do limite de detecção da maioria dos métodos-padrão de análise (MCBRIDE, 1994). Nessas condições, esses elementos tendem a ser retidos no solo via adsorção,

principalmente na forma não-trocável (MCBRIDE, 1989). Entretanto, nas situações em que o produto das concentrações (atividade) do elemento-traço e do seu íon acompanhante possa sobrepujar o valor da constante do produto de solubilidade de algumas fases sólidas, as reações de precipitação-dissolução passam a ser importantes no controle da solubilidade e disponibilidade de elementos-traço na solução do solo.

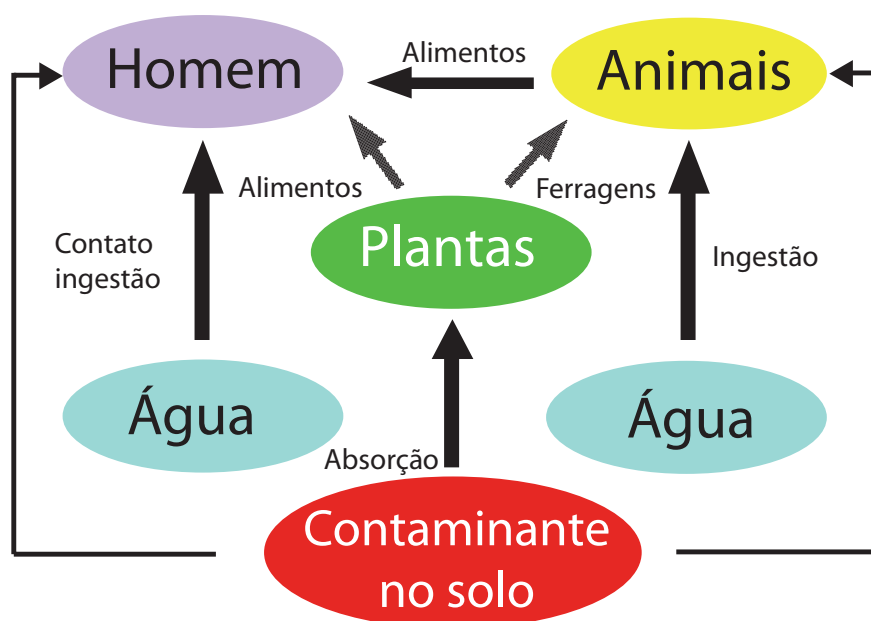


FIGURA 1 – Principais Vias de Exposição dos Contaminantes do Solo
Fonte: Adaptado de Accioly e Siqueira, 2000

É interessante ressaltar que a capacidade de formar complexos de elevada estabilidade apresentada por alguns elementos-traço, geralmente, é a responsável por sua alta toxicidade, permitindo que eles alterem algumas funções metabólicas normais. Também, podem torná-los menos disponíveis no solo, pois as reações com os minerais passam a prevalecer (HAYES; TRAINA, 1998). Algumas formas aniônicas tóxicas, que geralmente apresentam maior mobilidade no solo (Tabela 3), podem ser motivo de preocupação, embora algumas condições específicas encontradas em solos tropicais, como por exemplo, altos teores de óxidos de Fe e

Al, possam minimizar os possíveis efeitos adversos.

TABELA 3 – Mobilidade Relativa de Alguns Elementos -Traço em Solos

| Elementos | Base para mobilidade | Mobilidade relativa* |
|---------------|---|----------------------|
| Cádmio (Cd) | Cátion é adsorvido moderadamente em óxidos metálicos e argilas. | M |
| | Forma carbonato insolúvel e com sulfeto precipita | B |
| Chumbo (Pb) | Cátion se comporta de modo semelhante ao Cu | B |
| Cobalto (Co) | Cátion é adsorvido fortemente em óxidos metálicos e argilas. | B |
| | Forma sulfetos insolúveis em pH alto | B |
| Cobre (Cu) | Cátion é adsorvido fortemente em húmus, óxidos metálicos e argilas | B |
| | Forma óxidos metálicos insolúveis e sulfetos | B |
| | Forma complexos solúveis em pH alto | M |
| Cromo (Cr) | Cátion é adsorvido fortemente em óxidos metálicos e argilas. | B |
| | Forma precipitado insolúvel do óxido do metal | B |
| Manganês (Mn) | Altamente dependente das condições de pH do solo | B-A |
| Níquel (Ni) | Cátion se comporta de modo semelhante ao Cu | B |
| Zinco (Zn) | Cátion é adsorvido fortemente em óxidos metálicos e argilas; forma sulfetos insolúveis. | B |
| | Em baixo pH, é adsorvido fracamente; forma complexos solúveis em pH alto | A |

Fonte: Adaptado de Haynes e Traina (1998) *apud* Guilherme et al., 2005

Nota – *B=baixa; M=média; A=alta

1.2.2 – Metais pesados na água

Para Tavares e Carvalho (1992), as principais fontes antropogênicas de metais pesados no ambiente são fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais e, principalmente, mineração, fundição e refinamento de minérios. A biodisponibilidade destes contaminantes para os seres humanos também depende

da especiação dos mesmos nos alimentos, na composição da dieta e no estado nutricional. Em geral, as plantas absorvem prontamente esses elementos dissolvidos nas soluções do solo, seja na forma iônica, seja quelado, na forma de complexos.

A Figura 2 ilustra, resumidamente, os processos que controlam a compartimentação de elementos-traço entre as fases sólida e líquida, quais sejam: *adsorção/dessorção* e *precipitação/dissolução* (BARROW, 1989; HERING, 1995). Esses processos são influenciados por diferentes atributos, sendo o pH, o potencial redox e a complexação por ligantes (orgânicos e inorgânicos) os mais relevantes (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001), pois, além de afetarem diretamente a adsorção/dessorção e a precipitação/dissolução são também os principais fatores que controlam a especiação dos elementos-traço em solução, afetando, assim, sua reatividade. A precipitação de elementos-traço em sólidos, como em carbonatos, óxidos, fosfatos, silicatos, sulfetos ou sólidos misturados, limita a solubilidade desses elementos (BOURG, 1995).

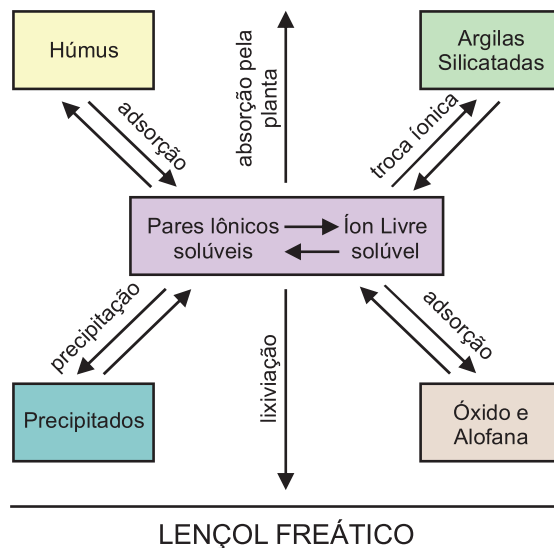


FIGURA 2 – Processos Dinâmicos Interativos que Governam a Solubilidade, Disponibilidade e Mobilidade de Elementos nos Solos

Fonte: McBride, 1994

A composição natural dos sistemas aquáticos é altamente complexa, visto

que a maioria deles contém os diversos elementos, além de um vasto número de componentes orgânicos. Assim, as interações possíveis são inumeráveis e frequentemente resultam em produtos difíceis de serem caracterizados (BUFFLE, 1990). A concentração de elementos-traço em sistemas aquáticos superficiais é consequência da: (a) geoquímica das rochas de origem e solos da bacia hidrográfica – metais liberados pelo intemperismo; (b) poluição antropogênica – derivada de resíduos ou da deposição atmosférica; e (c) reações químicas – adsorção em partículas e outras superfícies e deposição nos sedimentos (STUMM; MORGAN, 1996).

Os meios de transferência de elementos-traço de um compartimento para outro também têm grande importância no entendimento da dinâmica desses elementos. Uma vez que os metais, geralmente, não se degradam, mas volatilizam ou decaem por fotólise, e seu destino em sistemas aquáticos é, principalmente, controlado por processos de transporte. Os elementos-traço situados em ambientes aquáticos estão normalmente presentes na coluna d'água e sedimentos tanto na forma dissolvida quanto na particulada. Uma quantidade significativa da fração total de elementos-traço de um rio encontra-se normalmente na fração não-dissolvida, adsorvida à superfície de partículas em suspensão. Desse modo, as argilas e as partículas orgânicas, que têm alta capacidade de sorção de muitos compostos químicos, agem como meio de transporte de contaminantes nos sistemas aquáticos. Windom *et al.* (1991) relataram que a proporção dos elementos-traço encontrados em rios da costa leste dos EUA, ligada a partículas sólidas, era de 62% para cádmio, 40% para cobre, 90% para chumbo e 80% para zinco. Essa alta proporção de elementos-traço na forma particulada é típica de grandes rios, que são relativamente não-poluídos e apresentam alta turbidez. Por sua vez, rios de águas claras, quando poluídos por elementos-traço, apresentam maior proporção desses elementos na forma iônica (dissolvida), quando comparados a rios de águas turbidas (STUMM; MORGAN, 1996).

Os elementos-traço estão normalmente presentes em concentrações muito baixas nos sistemas aquáticos superficiais não-poluídos, em geral, na faixa de molL^{-1} a pmolL^{-1} . As concentrações de elementos-traço encontradas em grandes rios do mundo são bem inferiores àquelas sugeridas pelas agências ambientais como padrão de qualidade ou potabilidade de água (Tabela 4).

TABELA 4 – Padrões de Potabilidade e, ou, Qualidade da Água, Pertinentes a Elementos-Traço Estipulados por Agências Ambientais

| Elementos | Brasil ⁽¹⁾ | Brasil ⁽²⁾ | USA ⁽³⁾ | OMS ⁽⁴⁾ | USEPA ⁽⁵⁾ |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| -----mgL ⁻¹ ----- | | | | | |
| Alumínio (AL) | 0,2 | 0,2* | 0,2 | 0,2 | - |
| Cádmio (Cd) | 0,005 | 0,01 | 0,005 | 0,003 | 0,005 |
| Chumbo (Pb) | 0,01 | 0,033 | 0,01 | 0,01 | 0,015 |
| Cobalto (Co) | 2 | 0,013* | 2 | 2 | 1,3 |
| Cobre (Cu) | | 0,02 | | 1,0 | |
| Cromo total (Cr) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| Ferro total (Fe) | 0,3 | 5,0* | 0,2 | - | - |
| Manganês (Mn) | 0,1 | 0,5 | 0,05 | 0,5 | - |
| Níquel (Ni) | - | 0,025 | 0,02 | 0,02 | - |
| Zinco (Zn) | 5 | 5 | 0,1-5 | 3 | - |

Fonte: Brito et al., 2010.

Notas - ⁽¹⁾ Portaria Nº 518, de 25/03/04 – Padrões de potabilidade (Brasil, 2004);

⁽²⁾ Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/05 – Padrões de qualidade para água doce, classe III;

⁽³⁾ Diretiva do Conselho de 3/11/98, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano;

⁽⁴⁾ Padrões de potabilidade recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS);

⁽⁵⁾ Agência Ambiental Americana (2002), citado por Guilherme et al., 2005.

Esses elementos, uma vez no ar ou no solo, são facilmente carreados para os sistemas aquáticos, podendo ficar disponíveis ou retidos nos sedimentos. A afinidade dos elementos-traço pelas partículas sólidas, as quais tendem a se sedimentar, controla o tempo de residência e a sua concentração na água (STUMM; MORGAN, 1996). Assim como ocorre em solos, o pH tem grande influência no destino dos elementos-traço na coluna d'água, afetando sua solubilidade e sua capacidade de formar complexos.

Na região do Submédio São Francisco, as condições de solos são favoráveis à lixiviação de produtos químicos, podendo causar contaminação do lençol subterrâneo, dada a aplicação de insumos nos sistemas de produção, associado ao manejo inadequado da água de irrigação. Estudos realizados em parcelas irrigadas da bacia hidrográfica do rio Salitre identificaram elevados níveis de nitrato nas águas superficiais e subterrâneas, como também, elevados níveis de metais pesados nos sedimentos depositados no leito do rio, o que provavelmente está associado ao uso indiscriminado de fertilizantes (BRITO et al. 2005).

1.2.3 – Metais pesados nos adubos químicos

Os metais pesados se encontram distribuídos por toda a natureza. Nos solos, são originários da rocha de origem e de outras fontes adicionadas ao solo, como: precipitação atmosférica, cinzas, calcário, fertilizantes químicos e adubos orgânicos (estercos de animais, lixo domiciliar e biossólidos). Os metais pesados considerados micronutrientes para as plantas podem ser classificados como: essenciais (Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), benéficos (Co, Ni, V), não-essenciais ou sem função (Al, Cd, Cr, Hg, Pb, etc).

A planta retira do solo os elementos minerais indispensáveis para o seu desenvolvimento. Conforme a quantidade que é necessária para o seu perfeito crescimento, eles são denominados de macronutrientes (N, P, K, S, Ca, Mg) ou micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Na, Se, Zn). Os adubos utilizados para suprir os micronutrientes possuem uma composição, que além dos elementos desejáveis, também, em geral, contém metais pesados tóxicos, como cádmio, chumbo e o cromo (Tabela 5).

TABELA 5 – Concentrações de Cádmio, Chumbo e Cromo nos Adubos

| Adubo | Cádmio (kg ⁻¹) | Chumbo (mg) | Cromo |
|----------------|----------------------------|-------------|-------|
| Stimussed Plus | 4,0 | 1623 | 6500 |
| BR-12 Especial | 164 | 6132 | 104 |
| FTE-Cerrado | 323 | 1713 | 169 |
| Zincogran | 99 | 1464 | 1111 |
| Micronutri 121 | 10,8 | 1960 | 292 |

Fonte: Gonçalves Jr. e Pessoa (2002).

O aumento acentuado das concentrações de metais pesados nos solos de agricultura altamente tecnificada é resultado da deposição atmosférica e da aplicação de agrotóxicos, resíduos orgânicos e inorgânicos, urbanos e industriais, fertilizantes e corretivos (AMARAL SOBRINHO et al., 1992; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984). A dinâmica de um elemento no sistema solo-planta-atmosfera deve ser acompanhada e medida pelas seguintes variáveis: diminuição no crescimento ou redução na colheita, sintomas visíveis e concentração no tecido (LANZIANI, 1995).

A contaminação do solo por metais pesados provocada pela aplicação de fertilizantes parece pequena, mas requer um monitoramento, pois seu uso é mais amplamente disseminado que outros agroquímicos (AMARAL SOBRINHO et al. 1996). A Tabela 6 apresenta os teores médios de fósforo e de metais pesados presentes nos fertilizantes fosfatados.

Assim, essa pesquisa tem por objetivo caracterizar os parâmetros físicos e químicos do solo e da água de irrigação e de drenagem, incluindo avaliações de metais pesados e pesticidas nos lisímetros instalados no campo experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, em um pomar de videira Superior Seedless, com seis anos de instalado.

TABELA 6 – Teores Médios de Fósforo e de Metais Pesados nos Fertilizantes Fosfatados

| Fertilizantes | Total | Água | Ác cit. 2% | CNA+ Água | Cd | Ni | Fe | Cu | Mn | Zn |
|----------------------------|-------|-------|---------------|--------------|------|-------|---------|------|---------|-------|
| | | | | | | | | | | |
| Supertriplo (ST) | 208 | 962 | 988 | 1.055 | 1,7 | 785,3 | 1.063,3 | 8,9 | 1.63,6 | 8,4 |
| Termof. magnésiano (TY) | 396 | ----- | 371 | 171 | 37,2 | 589 | 1.529,9 | 51,4 | 2.613,5 | 494,9 |
| Carolina Norte (FCN) | 663 | ----- | 213 | 122 | 46,6 | 33,5 | 1.023,8 | 6,6 | 17,4 | 404,0 |
| Fosfato Arad (FA) | 757 | ----- | 228 | 67 | 17,5 | 58,5 | 309,6 | 19,2 | ----- | 493,1 |

Fonte: Camargo et al., 2000

1.3 – Desenvolvimento dos Estudos

Os estudos propostos foram conduzidos no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, localizado em Petrolina-PE (Latitude: 09°09'S,

Longitude: 40°22'W; Altitude: 365m). Foi utilizado um pomar de videira Superior Seedless, onde se encontravam instalados doze lisímetros de drenagem, sob quatro níveis de intermitência de manejo de água de irrigação, com três repetições.

Os tratamentos estudados foram: I_1 – sem intermitência do tempo de irrigação (testemunha) – lisímetros (1, 2 e 3); I_2 – com duas intermitências – lisímetros (4, 5 e 6); I_3 – com três intermitências – lisímetros (7, 8 e 9) e I_4 – com quatro intermitências – lisímetros (10, 11 e 12). Entretanto, nos estudos de impacto ambiental da atividade agrícola foram utilizados apenas dois lisímetros, sendo um correspondente ao tratamento I_1 e outro ao tratamento I_3 , conforme Figura 3.

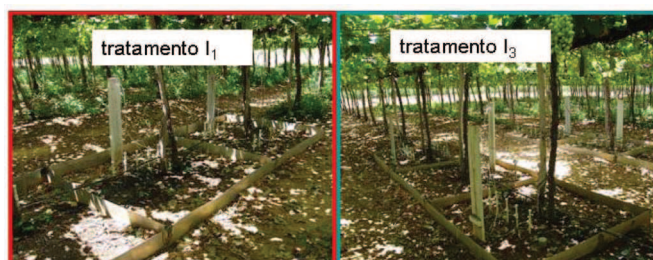


FIGURA 3 – Detalhe dos Tratamentos Analisados

Fonte: Luiza Teixeira de Lima Brito.

A Figura 4 mostra pluviômetros de báscula acoplados a um datalogger CR 23X, cujas leituras foram realizadas a cada 10 minutos, e os dados coletados semanalmente, depois transferidos para um módulo de armazenamento externo e, em seguida, para um microcomputador, onde foram processados, para se quantificar a água perdida por drenagem ao longo do ciclo fenológico da videira.



FIGURA 4 – Detalhes da Instalação do Datalogger CR 23X

Fonte: Luiza Teixeira de Lima Brito.

No período de agosto de 2006 a junho de 2008, foram avaliados dois ciclos de cultivo da videira. Nestes períodos, foram realizadas coletas de

água de drenagem e de irrigação e também de amostras de solo, nas profundidades de 0-20 e de 80-100cm para análises de pesticidas, metais pesados e caracterização de outros elementos químicos. As coletas foram realizadas nos períodos de 15 e 25 dias após a poda (DAP), a segunda entre 40 e 55 DAP, e a terceira entre 70 e 85, de cada ciclo produtivo. As análises de metais pesados e pesticidas foram realizadas no Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP), em Recife. As análises de pesticidas em água foram realizadas com base nas metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (ed. 18ª., 1992). As análises físico-químicas foram todas realizadas no laboratório Solos, Água e Nutrição de Plantas da Embrapa Semiárido.

1.4 – Principais Resultados

1.4.1 – Resultados das análises referentes ao 1º. ciclo de produção da videira

1.4.1.1 – análises físico-químicas e pesticidas no solo

No primeiro ciclo de produção da videira, os resultados da análise físico-químico do solo referentes à matéria orgânica (M.O), pH, condutividade elétrica (CE), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), alumínio (Al), alumínio trocável (H+Al), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V) e densidade real e aparente estão apresentados na Tabela 7. Conforme estes resultados, foi possível observar aumentos nos valores da condutividade elétrica (CEs) do extrato de saturação do solo no lisímetro quando comparados com os resultados do solo da área não cultivada (CEsnc). Quando se considera a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no lisímetro (CEs), constatou-se que os maiores valores foram 2,15 e 2,5dS/m na camada 80-100cm no final do ciclo da cultura (70 a 85 DAP), valores estes muito superiores aos da água de irrigação (0,5dS/m), no mesmo período (Figura 5).

Entretanto, após este ciclo de produção, no período das chuvas, foi observada acentuada redução na CE para 0,30dS/m, resultante da lavagem do perfil do solo.

Mesmo assim, quando se relaciona este valor com o obtido para o solo não cultivado, cuja condutividade elétrica do extrato de saturação foi da ordem de 0,15dS/m, corresponde a um aumento na ordem de 100%, embora, este valor ainda se encontre muito aquém do limite considerado para um solo salino, que é de CEs > 4dS/m (Richards, 1954). Porém, é importante considerar que muitas plantas apresentam sensibilidade a salinidade do solo ou da água de irrigação, como exemplo a videira que a partir de CE superior a 2,5dS/m ocorrem perdas de até 10% no rendimento potencial, podendo aumentar as perdas em condições de CE mais elevadas e associadas a outros fatores de produção (AYERS; WESTCOT, 1999).

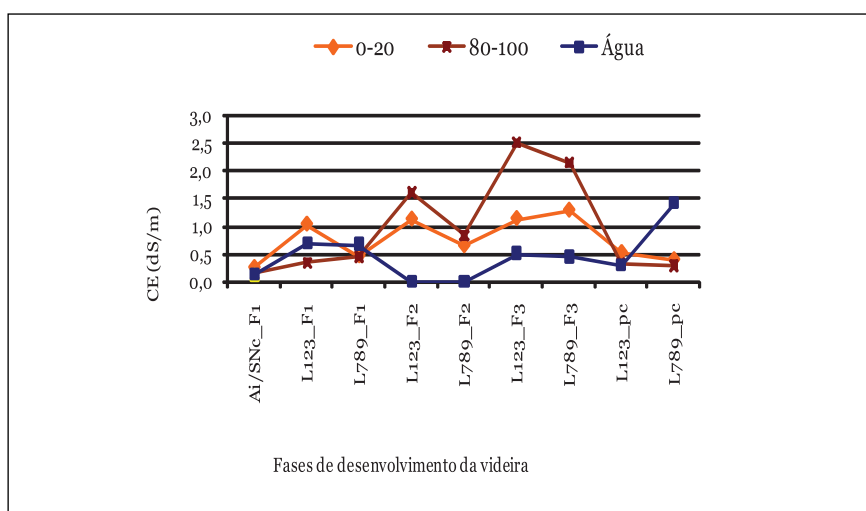


FIGURA 5 – Variação da Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação do Solo dos Lisímetros (CE_s) e do Solo não Cultivado (CE_{SNC}) nas Profundidades de 0-20 e 80-100cm e da Água de Irrigação (AI) e de Drenagem (CE_{AD}) ao Longo das Fases 1 a 3 da Videira e no Período Chuvoso (L_{123_PC} , L_{789_PC})

Fonte: Brito et al., 2010.

O uso do sistema de irrigação por gotejamento, de um modo geral, apresenta eficiência de aplicação de água em torno de 90%, assim, as perdas de água por drenagem ou percolação profunda tendem a ser menores, principalmente quando se adota a prática da intermitência, quando comparados com outros métodos de

irrigação. Verifica-se, portanto, que o solo em pauta, já vem sendo cultivado com maior intensidade, desde 1976, mas que os níveis de salinidade no perfil do solo estão dentro dos padrões de um solo normal.

Na Tabela 7, também podem ser observados os teores de matéria orgânica e de fósforo obtidos em diferentes profundidades do solo dos lisímetros, ao longo do primeiro ciclo de cultivo da videira, onde é possível observar que os teores de fósforo encontrados na camada superficial do solo (0-20cm) foram da ordem de 286mg/dm³ aos 15-25 DAP, no entanto, nas seguintes fases, que compreendem os períodos de 40-50 e 70-85 DAP, houve redução nos de fósforo (P), que provavelmente está associada a maior absorção deste nutriente pelas plantas (Figura 6). Quando se considera a camada de 80-100cm, pode-se verificar, por ocasião da floração, a partir de 50 DAP que o teor de fósforo se mantém na faixa de 15mg/dm³ nos lisímetros, porém, com decréscimo gradativamente até o fim do ciclo fenológico.

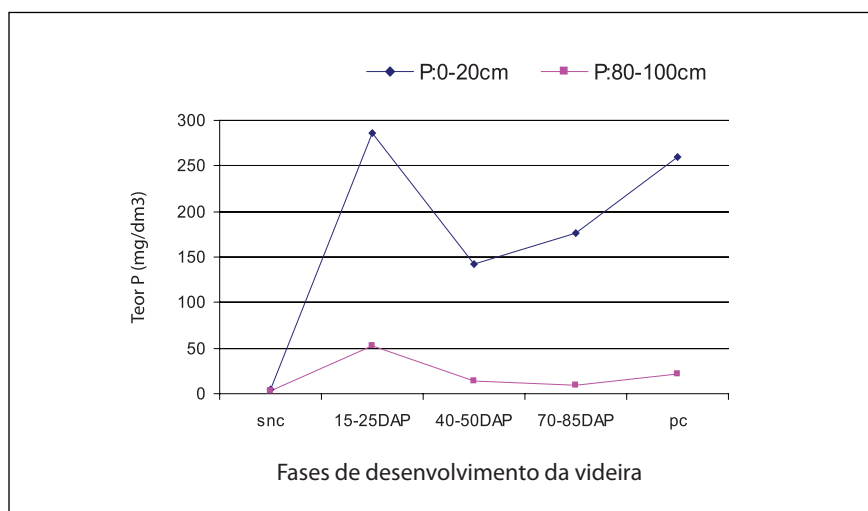


FIGURA 6 – Teores de Fósforo (P) no Solo em Função do Ciclo da Videira

Fonte: Brito et al., 2010.

TABELA 7 – Resultados das Análises de Solos Para Alguns Elementos Realizadas em Condições Naturais (SNAT) e nos Lisímetros L123 e L789 Durante as Fases de Desenvolvimento do 1º. Ciclo de Produção da Videira

| Local | Prof. (cm) | M.O. g/kg | pH H ₂ O – 1,2,5 | C.E. dS/m | P mg/dm ³ | K | Ca | Mg | Na | Al | H+Al | S(bases) | CTC | V (%) | | Densidade (g/cm ³) | |
|---------------------------------|------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------------------|------|------|------|------|------|------|----------|------|-------|----------|--------------------------------|----------|
| | | | | | | | | | | | | | | Real | Aparente | Real | Aparente |
| -----cmol/dm ³ ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15-25 DAP | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S _{Ne} | 0-20 | 8,79 | 6,40 | 0,26 | 5,0 | 0,47 | 3,00 | 0,90 | 0,01 | 0,05 | 0,66 | 4,38 | 5,04 | 87,0 | 2,52 | 1,52 | |
| | 80-100 | 2,48 | 6,30 | 0,15 | 3,0 | 0,11 | 3,60 | 0,90 | 0,07 | 0,05 | 1,15 | 4,68 | 5,83 | 80,0 | 2,54 | 1,42 | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 25,65 | 6,90 | 1,04 | 286,0 | 0,95 | 4,30 | 1,50 | 0,07 | 0,05 | 1,32 | 6,82 | 8,14 | 84,0 | 2,48 | 1,32 | |
| | 80-100 | 3,31 | 5,30 | 0,34 | 53,0 | 0,55 | 2,90 | 1,00 | 0,03 | 0,10 | 2,14 | 4,48 | 6,62 | 68,0 | 2,56 | 1,37 | |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 24,20 | 6,70 | 0,47 | 203,0 | 1,00 | 4,40 | 1,70 | 0,06 | 0,05 | 1,15 | 7,16 | 8,31 | 86,0 | 2,52 | 1,36 | |
| | 80-100 | 4,55 | 5,90 | 0,45 | 37,0 | 0,57 | 3,30 | 1,10 | 0,05 | 0,05 | 1,65 | 5,02 | 6,67 | 75,0 | 2,56 | 1,37 | |
| 40-50 DAP | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 13,24 | 6,30 | 1,13 | 143,0 | 0,73 | 4,60 | 1,90 | 0,17 | 0,05 | 1,15 | 7,40 | 8,55 | 86,0 | 2,50 | 1,36 | |
| | 80-100 | 2,48 | 5,30 | 1,60 | 14,0 | 0,71 | 3,60 | 1,50 | 0,07 | 0,10 | 1,98 | 5,88 | 7,86 | 75,0 | 2,49 | 1,37 | |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 9,72 | 6,30 | 0,65 | 140,0 | 0,74 | 3,40 | 1,20 | 0,04 | 0,05 | 1,65 | 5,38 | 7,03 | 76,0 | 2,50 | 1,41 | |
| | 80-100 | 1,76 | 5,30 | 0,83 | 17,0 | 0,59 | 2,80 | 1,00 | 0,10 | 0,10 | 1,81 | 4,49 | 6,30 | 71,0 | 2,53 | 1,36 | |
| 70-85 DAP | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 10,78 | 6,50 | 1,14 | 177,0 | 0,54 | 3,90 | 1,20 | 0,03 | 0,05 | 0,99 | 5,67 | 6,66 | 85,0 | 2,53 | 1,25 | |
| | 80-100 | 2,69 | 5,30 | 2,50 | 9,0 | 0,81 | 3,40 | 1,20 | 0,14 | 0,05 | 1,48 | 5,55 | 7,03 | 79,0 | 2,57 | 1,37 | |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 11,07 | 6,70 | 1,29 | 168,0 | 0,55 | 4,30 | 1,50 | 0,05 | 0,05 | 0,82 | 6,40 | 7,22 | 89,0 | 2,46 | 1,20 | |
| | 80-100 | 3,62 | 6,00 | 2,15 | 25,0 | 0,91 | 3,50 | 1,30 | 0,19 | 0,05 | 1,48 | 5,90 | 7,38 | 80,0 | 2,53 | 1,33 | |
| Periodo de chuvas (07/02/07) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 11,27 | 6,10 | 0,53 | 260,13 | 0,78 | 3,10 | 1,10 | 0,08 | 0,05 | 1,81 | 6,06 | 6,87 | 74,0 | - | - | |
| | 80-100 | 5,17 | 5,40 | 0,32 | 21,81 | 0,69 | 2,10 | 1,20 | 0,05 | 0,05 | 2,14 | 4,04 | 6,18 | 65,0 | - | - | |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 10,13 | 6,50 | 0,40 | 162,75 | 0,65 | 2,50 | 1,40 | 0,06 | 0,05 | 1,32 | 4,61 | 5,93 | 78,0 | - | - | |
| | 80-100 | 4,86 | 4,40 | 0,29 | 12,60 | 0,65 | 1,80 | 0,90 | 0,06 | 0,20 | 2,47 | 3,41 | 5,88 | 58,0 | - | - | |

Fonte: Brito et al., 2010.

Quanto aos teores de matéria orgânica (M.O), pode-se constatar (Tabela 7) que estes valores tiveram comportamento semelhante ao do fósforo (P). Isso possivelmente se deve ao fato de que a mineralização da matéria orgânica proveniente da aplicação de esterco de curral, tipo caprino, favoreceu a disponibilidade de fósforo no solo, além da aplicação de superfosfato triplo, aplicados em fundação antes da poda seca da videira.

TABELA 8 – Relação dos Produtos Aplicados na Videira e Resultados dos Princípios Ativos Analisados

| Data Aplicação | Marca Comercial | Ingrediente Ativo/ Nome Comum | Grupo Químico | Resultado |
|----------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|
| 10/1/2006 | Curzate | Cimoxanil | Acetamida | Ausente |
| 10/1/2006 | Rubigan | Fenarimol | Pirimidinil carbinol | Ausente |
| 24/1/2006 | Forum | Dimetomorfe | Morfolina | N.a*. |
| 24/1/2006 | Cercobin | Tiofanato-metílico | Benzimidazol (precursor de) | N.a. |
| 6/2/2006 | Equation | Cimoxanil | Acetamida | Ausente |
| 6/2/2006 | Score | Difenoconazol | Triazol | Ausente |
| 6/2/2006 | Abamex | Abamectina | Avermectina | N.a. |
| 15/2/2006 | Folpan | Folpete | Dicarboximida | Ausente |
| 15/2/2006 | Systhane | Miclobutanil | Triazol | Ausente |
| 21/2/2006 | Curzate | Cimoxanil | Acetamida | Ausente |
| 21/2/2006 | Rubigan | Fenarimol | Pirimidinil carbinol | Ausente |
| 28/7/2006 | Afugan | Pirazofós | Fosforotioato de heterociclo | Ausente |
| 28/7/2006 | Harpon | Cimoxanil | Acetamida | Ausente |
| 28/7/2006 | Abamex | Abamectina | Avermectina | N.a. |
| 24/8/2006 | Kumulus | Enxofre | Inorgânico | N.a. |
| 24/8/2006 | Rubigan | Fenarimol | Pirimidinil carbinol | Ausente |
| 24/8/2006 | Harpon | Cimoxanil | Acetamida | Ausente |
| 1/9/2006 | Kumulus | Enxofre | Inorgânico | N.a. |
| 1/9/2006 | Systhane | Miclobutanil | Triazol | Ausente |
| 13/9/2006 | Rubigan | Fenarimol | Pirimidinil carbinol | Ausente |
| 13/9/2006 | Talstar | Bifentrina | Piretroide | Ausente |

Fonte: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

Nota – N.a= composto não analisado nas amostras

Com relação aos resultados das análises de pesticidas realizadas nos solos

dos lisímetros e nas águas de irrigação (A_i) e drenagem (L_{123} e L_{789}), não foi detectada a presença de nenhum dos 87 princípios ativos examinados. Na Tabela 8 encontram-se alguns compostos aplicados antes e durante o primeiro ciclo de produção da videira, onde se pode observar a ausência da maioria dos ingredientes ativos analisados pelo Itep na água de irrigação e de drenagem.

1.4.1.2 – análises físico-químicas e metais pesados na água

Os resultados das análises físico-químicas da água de irrigação e de drenagem durante o primeiro ciclo de produção da videira referentes a cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), cloreto (Cl⁻), pH, condutividade elétrica (CE), dureza total (DT) e razão de adsorção de sódio (RAS) realizadas nos dois tratamentos de intermitência de irrigação estão apresentados na Tabela 9. Conforme estes resultados foi possível observar que os maiores valores de CE da água de drenagem foram da ordem de 0,69dS/m na fase de floração, mas que decresceu para 0,48dS/m aos 80 DAP, alcançando 0,29dS/m no tratamento I_{123} , aumentando para 1,43dS/m no tratamento I_{789} , no período chuvoso. Dessa maneira, observa-se aumento nos valores da condutividade elétrica da água de drenagem quando comparados com os resultados da água de irrigação (A_i). De modo geral, quando se compara os teores de nutrientes da água de irrigação (A_i) com a água drenada nos lisímetros (L_{123} , L_{789}) pode-se observar aumentos significativos nos teores de Ca, Mg, Na e K na água de drenagem, principalmente no período de análise de 15-25 DAP; porém no período de 70-85 DAP ocorreu ligeira redução, o que é explicado pela maior absorção desses nutrientes pela cultura nas fases de frutificação e de amadurecimento dos frutos.

Pode-se constatar na Tabela 10 que os teores de chumbo, por exemplo, apresentaram valores <0,5 na fase de 40-50 DAP sendo que o limite permissível para água subterrânea (Tabela 11) é de apenas 0,01mg/L, como mostrado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), para o Estado de São Paulo e limites para água de consumo humano de acordo com a Portaria 518, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

TABELA 9 – Resultados das Análises de Água de Irrigação (A_i) e de Drenagem dos Lisímetros L₁₂₃ e L₇₈₉ nas Fases de Desenvolvimento do Primeiro Ciclo de Produção da Videira

| Local | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | pH | C.E. | DT | RAS |
|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------|--------|-----|------|
| | mmol/L | | | | | | | | (dS/m) | m(g/L) | | |
| 15-25 dias após a poda | | | | | | | | | | | | |
| A _i | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,07 | 0,0 | 1,0 | 0,05 | 0,1 | 7,2 | 0,12 | 344 | 0,32 |
| L ₁₂₃ | 3,5 | 0,9 | 0,52 | 1,16 | 0,0 | 1,5 | 3,2 | 1,3 | 6,8 | 0,69 | 220 | 0,35 |
| L ₇₈₉ | 3,5 | 1,0 | 0,67 | 1,17 | 0,0 | 2,6 | 2,1 | 1,5 | 6,8 | 0,68 | 225 | 0,45 |
| 40-50 dias após a poda | | | | | | | | | | | | |
| 70-85 dias após a poda | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 2,9 | 0,5 | 0,43 | 0,81 | 0,0 | 2,3 | 1,8 | 0,5 | 7,1 | 0,51 | 170 | 0,33 |
| L ₇₈₉ | 2,1 | 0,5 | 0,52 | 0,93 | 0,0 | 1,4 | 1,85 | 0,7 | 6,7 | 0,45 | 130 | 0,46 |
| P_chuva (07/02/07) | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 1,9 | 0,3 | 0,28 | 0,84 | 0,0 | 2,9 | 0,1 | 0,2 | 6,9 | 0,29 | 110 | 0,27 |
| L ₇₈₉ | 6,8 | 3,9 | 2,1 | 4,1 | 0,0 | 3,7 | 6,23 | 4,3 | 7,5 | 1,43 | 535 | 0,91 |

Fonte: Brito et al., 2010.

Nota – *Falta de água de drenagem nos lisímetros.

TABELA 10 – Resultados das Análises de Metais Pesados na Água de Irrigação e de Drenagem dos Lisímetros (L_{ABC}, L_{DEF}) no Primeiro Ciclo de Produção da Videira

| Local | Al | Cd | Pb | Co | Cu | Cr | Fe | Mn | Ni | Zn |
|-------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | (mg/L) | | | | | | | | | |
| 15-25 dias após a poda | | | | | | | | | | |
| A _{IRRIG} | 0,09 | <0,003 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,08 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| L _{ABC} | 0,11 | <0,003 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,17 | <0,01 | 0,47 |
| L _{DEF} | 0,07 | <0,003 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,04 | 0,04 | <0,01 | 0,4 |
| 40-50 dias após a poda | | | | | | | | | | |
| L _{ABC} | 0,37 | <0,007 | <0,5 | <0,01 | <0,03 | <0,01 | 0,15 | 0,18 | <0,02 | 0,54 |
| L _{DEF} | 0,7 | <0,007 | <0,5 | <0,01 | <0,03 | <0,01 | 0,22 | 0,04 | <0,02 | 0,13 |
| 70-85 dias após a poda | | | | | | | | | | |
| L _{ABC} | 0,5 | <0,007 | <0,1 | <0,01 | <0,03 | <0,01 | 0,26 | 0,07 | <0,02 | 0,3 |
| L _{DEF} | 0,79 | <0,007 | <0,01 | <0,01 | <0,03 | <0,01 | 0,6 | 0,08 | <0,02 | 0,12 |
| P_chuva (07/02/07) | | | | | | | | | | |
| L _{ABC} | 0,56 | <0,003 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,03 | 1,0 | <0,01 | 0,07 |
| L _{DEF} | 0,93 | <0,003 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | <0,01 | 1,12 | 0,08 | <0,01 | 0,13 |

Fonte: Brito et al., 2010.

TABELA 11 – Valores Orientadores Para Solo e Águas Subterrâneas – a_Subt (CETESB, 2005) Para o Estado de São Paulo e Limites Para Água de Consumo Humano, Portaria 518

| Substâncias Inorgânicas | Solos (mg.kg ⁻¹ de peso seco) | | | Á_subt | Portaria N°. 518 (mg.L ⁻¹) |
|-------------------------|--|-----------|----------------------------|-----------------------------------|--|
| | Referência de qualidade | Prevenção | Intervenção Agrícola APMáx | Intervenção (µg.L ⁻¹) | |
| Alumínio (Al) | - | - | - | 200 | 0,2 |
| Cádmio (Cd) | <0,5 | 1,3 | 3 | 5 | 0,005 |
| Chumbo (Pb) | 17 | 72 | 180 | 10 | 0,01 |
| Cobalto (Co) | 13 | 25 | 35 | 5 | - |
| Cobre (Cu) | 35 | 60 | 200 | 2.000 | 2,0 |
| Cromo (Cr) | 40 | 75 | 150 | 50 | 0,05 |
| Níquel (Ni) | 13 | 30 | 70 | 20 | - |
| Zinco (Zn) | 60 | 300 | 450 | 5.000 | 5,0 |

Fonte: Brasil, 2004

1.4.2 – Resultados das análises referentes ao 2º. ciclo de produção da videira

1.4.2.1 – análises físico-químicas e de metais pesados no solo

Os resultados das análises físico-químicas do solo, obtidas no segundo período de cultivo da videira, estão apresentados na Tabela 11. Nesta tabela, pode-se observar que os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEs) na camada 0-20cm variavam de 4,97 e 4,90dS/m no período de 40-50 DAP nos lisímetros L₁₂₃ e L₇₈₉, respectivamente. Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo maiores que quatro (CEs > 4dS/m), imprimem ao solo a característica de salino, segundo (Richards, 1954). Os valores de CEs obtidos neste segundo ciclo de produção foram significativamente maiores que os obtidos

nos mesmos lisímetros e profundidade no primeiro ciclo de produção, que foram de 1,13 e 0,65dS/m, respectivamente, sinalizando o acúmulo de sais no solo, o que pode afetar a produtividade da videira, classificada como moderadamente sensível à salinidade do solo e, também ocorrer lixiviação de sais para o lençol freático.

O manejo adequado de solos afetados por sais é essencial para uma agricultura eficiente e sustentável. No processo de recuperação destes solos são empregadas diversas práticas, sejam de forma individual ou combinadas entre si, relativas ao manejo do solo, da água e da cultura. Entre elas, duas são consideradas fundamentais: a lavagem dos sais e a aplicação de melhoradores químicos. Outras técnicas auxiliares são empregadas (aração, subsolagem, aplicação de resíduos orgânicos, etc), no entanto, agem indiretamente sobre algumas propriedades do solo, facilitando sua recuperação (SANTOS; HERNANDEZ, 1997). Para que a lavagem dos sais seja efetiva, as condições de drenagem dos solos devem ser adequadas de maneira que os sais solúveis, sódio trocável e/ou boro possam ser removidos da zona radicular.

A lavagem do perfil do solo pode ocorrer aplicando-se lâminas de irrigação maiores que as determinadas para a cultura ou por meio da ocorrência das chuvas. No primeiro ciclo produtivo da videira, durante a ocorrência das chuvas (07/02/07) realizaram-se coletas de solo e água, observando reduções significativas nos valores da CEs e da CE da água de drenagem (Tabelas 7 e 12) quando comparados com os valores obtidos no ciclo produtivo. Semelhantemente, após o segundo ciclo de produção, foi aplicada uma lâmina de água capaz de promover a lixiviação dos sais no solo, ocorrendo reduções significativas na CEs, de 4,97 e 4,90dS/m para 0,41 e 064dS/m, nos lisímetros L_{123} e L_{789} , respectivamente, na profundidade de 0-20cm (Tabela 12).

Na Tabela 12, verifica-se que os teores de fósforo encontrados na camada superficial do solo (0-20cm) no período de 15-25 DAP foram da ordem de 409mg/dm³ e 304mg/dm³ nos lisímetros L_{123} e L_{789} , respectivamente. No entanto, nas fases seguintes que compreendem aos períodos de 40-50 e 70-85 DAP, houve redução de fósforo (P), possivelmente, dada a maior absorção deste nutriente pelas plantas. Quando se considera a camada de 80-100cm, pode-se verificar, por

TABELA 12 – Resultados das Análises de Solos Para Alguns Elementos Realizadas nos Lisímetros L₁₂₃ e L₇₈₉ Durante as Fases de Desenvolvimento da Videira no Segundo Ciclo de Produção

| Local | Prof. (cm) | M.O g/kg | pH H ₂ O-1,2,5 | C.E dS/m | P mg/dm ³ | K | Ca | Mg | Na | Al | H+Al | S(bases) | CTC (%) | V | |
|--|------------|----------|---------------------------|----------|----------------------|------|-----|------|------|------|------|----------|---------|------|----------|
| | | | | | | | | | | | | | | Real | Aparente |
| 15-25 DAP | | | | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 38,6 | 6,8 | 3,24 | 409 | 1,08 | 4,9 | 2,7 | 0,25 | 0,05 | 1,24 | 8,88 | 10,1 | 88 | - |
| | 80-100 | 5,43 | 5,8 | 0,43 | 96 | 0,59 | 2,1 | 1,35 | 0,08 | 0,05 | 2,06 | 4,11 | 6,17 | 67 | - |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 18,1 | 6,7 | 1,49 | 304 | 0,75 | 3,8 | 1,55 | 0,11 | 0,05 | 0,74 | 6,17 | 6,91 | 89 | - |
| | 80-100 | 6,0 | 6,0 | 0,29 | 63,5 | 0,57 | 2,6 | 1,2 | 0,05 | 0,05 | 2,14 | 4,42 | 6,56 | 68 | - |
| 40-50 DAP | | | | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 7,14 | 6,6 | 4,97 | 168 | 1,14 | 3,7 | 1,6 | 0,16 | 0,05 | 0,82 | 6,60 | 7,42 | 89 | 2,54 |
| | 80-100 | 6,31 | 5,6 | 1,40 | 51 | 0,81 | 2,1 | 1,2 | 0,10 | 0,05 | 2,31 | 4,21 | 6,52 | 65 | 2,59 |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 14,17 | 6,8 | 4,90 | 191 | 1,16 | 5,1 | 2,4 | 0,15 | 0,05 | 1,32 | 8,81 | 10,13 | 87 | 2,50 |
| | 80-100 | 2,90 | 5,5 | 0,41 | 5 | 0,78 | 2,1 | 0,9 | 0,10 | 0,05 | 2,14 | 3,88 | 6,02 | 64 | 2,53 |
| 70-85 DAP* | | | | | | | | | | | | | | | |
| Após lavagem do solo (06/05/08) | | | | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 13,24 | 6,6 | 0,41 | 236 | 0,45 | 4,1 | 1,6 | 0,03 | 0,05 | 0,99 | 6,18 | 7,17 | 86 | 2,66 |
| | 80-100 | 5,27 | 4,8 | 0,71 | 26 | 0,59 | 1,8 | 1 | 0,06 | 0,3 | 2,64 | 3,45 | 6,09 | 57 | 2,69 |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 22,96 | 6,4 | 0,44 | 295 | 0,4 | 4,8 | 1,4 | 0,03 | 0,05 | 1,15 | 6,63 | 7,78 | 85 | 2,62 |
| | 80-100 | 6,41 | 6,1 | 0,64 | 57 | 0,6 | 3,7 | 1,5 | 0,07 | 0,05 | 1,65 | 5,87 | 7,52 | 78 | 2,67 |

Fonte: Brito et al., 2010.

Nota – * Não houve drenagem.

ocasião da floração, a partir de 50 DAP, que o teor de fósforo se mantém na faixa de 30mg/dm³ nos lisímetros. Quanto aos teores de matéria orgânica (M.O.), pode-se constatar que estes valores tiveram comportamento semelhante ao do fósforo (P). Isso possivelmente se deve ao fato de que a mineralização da matéria orgânica, proveniente da aplicação de esterco de curral, favoreceu a disponibilidade de fósforo no solo, além da aplicação de superfosfato triplo, aplicado em fundação, antes da poda seca da videira. Os resultados das análises de metais pesados no solo, obtidas no segundo período de cultivo da videira, estão apresentados na Tabela 13.

TABELA 13 – Resultados das Análises de Metais Pesados no Solo dos Lisímetros (L₁₂₃, L₇₈₉) no Segundo Ciclo de Produção da Videira

| Local | Prof. (cm) | ----- (mg/L) ----- | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|--------------------|------|-----|-------|------|-------|-------|------|-------|
| | | Cd | Pb | Co | Cu | Cr | Fe | Mn | Ni | Zn |
| 15-25 dias após a poda | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 7,1 | 32,3 | 2,5 | 10,7 | 25,2 | 30,0 | 48,0 | 13,0 | 30,42 |
| | 80-100 | 6,0 | 30,0 | 2,7 | 8,9 | 28,5 | 101,0 | 11,0 | 14,6 | 32,9 |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 5,1 | 20,0 | 2,0 | 10,5 | 23,4 | 29,8 | 58,8 | 17,9 | 33,91 |
| | 80-100 | 7,1 | 27,0 | 2,6 | 7,0 | 20,7 | 66,0 | 20,2 | 16,3 | 33,02 |
| 40-50 dias após a poda | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 4,6 | 20,7 | 2,4 | 11,8 | 22,7 | 30 | 48,71 | 15,5 | 30,9 |
| | 80-100 | 4,8 | 21,0 | 3,3 | 9,9 | 32,0 | 99 | 10,6 | 17,7 | 33,7 |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 3,7 | 18,2 | 2,3 | 10,36 | 26,9 | 29 | 60,72 | 15,6 | 33,0 |
| | 80-100 | 3,5 | 37,8 | 3,6 | 7,8 | 29,2 | 65 | 20,2 | 16,3 | 33,0 |
| 70-85 dias após a poda | | | | | | | | | | |
| Depois da chuva (06/05/08) | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 0-20 | 7,1 | 30,9 | 2,1 | 10,93 | 23,4 | 30,9 | 51,9 | 15,8 | 33,6 |
| | 80-100 | 6,4 | 36,5 | 3,3 | 8,91 | 27,7 | 101 | 9,57 | 13,5 | 33,2 |
| L ₇₈₉ | 0-20 | 6,8 | 17,0 | 1,8 | 9,71 | 23,3 | 29,3 | 62,6 | 16,1 | 33,7 |
| | 80-100 | 5,3 | 29,7 | 3,1 | 6,59 | 25,7 | 67,9 | 18,1 | 17,6 | 32,6 |

Fonte: Brito et al., 2010.

1.4.2.2 – análises físico-químicas e de metais pesados na água de drenagem

Os resultados das análises físico-químicas da água de drenagem, obtidos no segundo período de cultivo da videira e após o período chuvoso, caracterizando a lavagem do solo, estão apresentados na Tabela 14.

Os resultados das análises de metais pesados da água, obtidos no segundo período de cultivo da videira e após o período chuvoso, estão apresentados na Tabela 15, para os elementos cobre, ferro, manganês e zinco. Comparando-se os resultados desta tabela referentes ao segundo ciclo produtivo com os da Tabela 11 – valores orientadores para solos definidos pela Cetesb, observa-se que estes se encontram abaixo dos limites de Referência de Qualidade de solo, assim, não apresentam riscos de contaminação.

TABELA 14 – Resultados das Análises Físico-Químicas de Água de Drenagem dos Lisímetros L₁₂₃ e L₇₈₉ nas Fases de Desenvolvimento do Segundo Ciclo da Videira e Após o Período Chuvoso

| Local | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | pH | C.E | DT | RAS |
|----------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------|------|-----|------|
| | -----mmol/L----- | | | | | | | (dS/m) | m(g/L) | | | |
| 15-25 dias após a poda | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 1,9 | 0,4 | 0,35 | 0,70 | 0,0 | 1,60 | 0,82 | 0,80 | 6,7 | 0,36 | 115 | 0,33 |
| L ₇₈₉ | 2,0 | 0,4 | 0,40 | 0,72 | 0,0 | 1,90 | 0,63 | 0,80 | 6,6 | 0,38 | 120 | 0,36 |
| 40-50 dias após a poda | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 2,6 | 0,7 | 0,26 | 0,88 | 0,0 | 2,00 | 1,21 | 2,25 | 7,4 | 0,40 | 165 | 0,20 |
| L ₇₈₉ | 2,7 | 1,5 | 0,39 | 0,85 | 0,0 | 2,50 | 2,00 | 1,32 | 7,3 | 0,55 | 210 | 0,27 |
| Depois da chuva (07/05/08) | | | | | | | | | | | | |
| L ₁₂₃ | 4,1 | 1,7 | 0,75 | 2,2 | 0,0 | 1,1 | 6,0 | 0,9 | 6,5 | 0,94 | 290 | 0,44 |
| L ₇₈₉ | 3,0 | 1,1 | 0,9 | 1,95 | 0,0 | 1,7 | 3,8 | 1,0 | 6,9 | 0,69 | 205 | 0,63 |

Fonte: Brito et al., 2010.

TABELA 15 – Resultados das Análises de Metais Pesados na Água de Drenagem dos Lisímetros (L_{ABC} , L_{DEF}) no Segundo Ciclo de Produção da Videira

| Local | Cd | Pb | Co | Cu | Cr | Fe | Mn | Ni | Zn |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ----- (mg/L) ----- | | | | | | | | | |
| 15-25 dias após a poda | | | | | | | | | |
| L_{123} | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,17 | 0,33 | 0,07 | 0,03 | 0,32 |
| L_{789} | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,11 | 0,54 | 0,21 | 0,03 | 0,45 |
| 40-50 dias após a poda | | | | | | | | | |
| L_{123} | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,42 | 0,22 | 0,05 | 0,66 |
| L_{789} | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,36 | 0,08 | 0,06 | 0,68 |
| 70-85 dias após a poda | | | | | | | | | |
| Depois da chuva (06/05/08) | | | | | | | | | |
| L_{123} | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,10 | 2,31 | 0,28 | 0,05 | 0,94 |
| L_{789} | 0,01 | 0,08 | 0,01 | 0,02 | 0,22 | 0,44 | 0,09 | 0,04 | 0,32 |

Fonte: Brito et al., 2010.

1.4.3 – Balanço hídrico nos lisímetros

Na Figura 7 estão apresentados os valores correspondentes às lâminas de irrigação aplicadas, precipitações ocorridas, lâminas infiltradas e aplicadas totais correspondentes a três ciclos de cultivo da videira Superior Seedless, tendo o primeiro e o terceiro sido destinados à produção e o segundo à formação da planta. O primeiro ciclo foi conduzido no período de 03/07 a 17/10/06, tendo a necessidade de irrigação bruta (NIB) sido da ordem de 280,72mm e a precipitação pluviométrica (P) ocorrida de 45,48mm, cujo somatório correspondeu a 326,20mm e que representa a lâmina de água total aplicada (LTA). Como a área do lisímetro é de 3,92m² e que corresponde à aproximadamente 50% da área ocupada pela planta, o valor da NIB foi convertido em volume aplicado (VTA)/lâmina infiltrada (LTI), cujo valor correspondeu a 596,30mm.

O segundo ciclo, que se refere à formação da planta, foi conduzido no

período de 01/12/06 a 30/04/07, e apresentou os seguintes valores de manejo de água: 159,33, 202,96, 362,29 e 521,62mm, correspondentes à NIB, P, LTA e LTI, respectivamente. Quando se analisa o terceiro ciclo de cultivo ou segundo ciclo de produção, que foi conduzido no período de 30/05 a 09/09/07, pode-se observar que os valores de NIB, P, LTA e LTI foram de 543,15, 37,33, 580,48 e 1134,32mm, respectivamente. Neste ciclo, pode-se constatar que o valor da lâmina total de água aplicada mostrou-se 39,94% superior àquela aplicada no primeiro ciclo (produção). Este resultado é decorrente da necessidade de se ajustar os valores de coeficiente de cultura (kc) para esta cultivar. Como após a formação da planta e a poda de produção tem-se que submeter a videira a uma condição de estresse hídrico severo, as irrigações foram suspensas por um período de aproximadamente 30 dias, conforme (Figura 7).

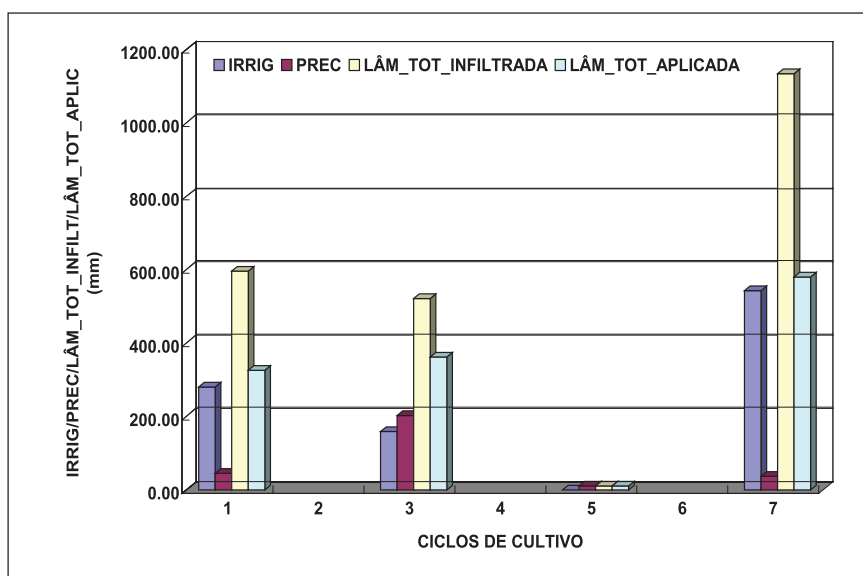


FIGURA 7 – Resumo das Lâminas de Irrigação Aplicadas, Precipitações Ocorridas, Lâminas de Água Infiltrada e Aplicadas Totais, Relativo a Três Ciclos de Cultivo da Videira

Fonte: Brito et al., 2010.

Na Figura 8 estão apresentados os valores das perdas de água por percolação profunda, obtidas por meio de lisímetros de drenagem, em função das intermitências

de irrigação adotadas, correspondentes a três ciclos de cultivo da videira Superior Seedless, tendo o primeiro e o terceiro sido destinados à produção e o segundo à formação da planta. No segundo ciclo não foram realizadas coletas de água e de solo para análises. De um modo geral, pode-se observar que as perdas de água por drenagem profunda apresentam uma tendência decrescente, à medida que o número de intermitências de irrigação passa de um para quatro, ou seja, quando se analisa detalhadamente cada ciclo, pode-se constatar que no primeiro, as perdas foram da ordem de 21,06; 18,12; 14,53 e 6,53%, correspondendo às intermitências de irrigação um, dois, três e quatro, respectivamente.

Durante o segundo ciclo, verificou-se que estas perdas foram praticamente duas vezes mais elevadas quando comparadas com aquelas obtidas no primeiro ciclo, em decorrência de chuvas mais intensas e com maior frequência, aos menores valores de evapotranspiração da cultura por a planta encontrar-se apenas em formação e por se tratar de um período com menor demanda evapotranspirométrica. No terceiro ciclo, que corresponde ao ciclo produtivo, as perdas de água por percolação profunda apresentaram-se ligeiramente mais elevadas, do que as obtidas no ciclo de formação, tendo seus valores oscilados em torno de 53,23; 47,00; 39,17 e 23,50% correspondentes às intermitências de irrigação I_1 , I_2 , I_3 e I_4 , respectivamente (Figura 8). Os altos valores de perdas de água por drenagem foram decorrentes da necessidade de ajustes dos valores de K_c da cultivar Superior Seedless.

1.5 – Conclusões e Recomendações

Os resultados obtidos no primeiro ciclo de cultivo da videira cultivar Superior Seedless, relativos à contaminação do solo e da água de drenagem por agroquímicos, não se pode confirmar sua contaminação, embora tenha sido observada tendência de aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e da água de drenagem nos lisímetros em estudo e de alguns metais pesados, quando comparado com o solo não cultivado e com a água de irrigação. Também, foi observado redução nos teores de nutrientes no solo ao longo do ciclo fenológico da videira.

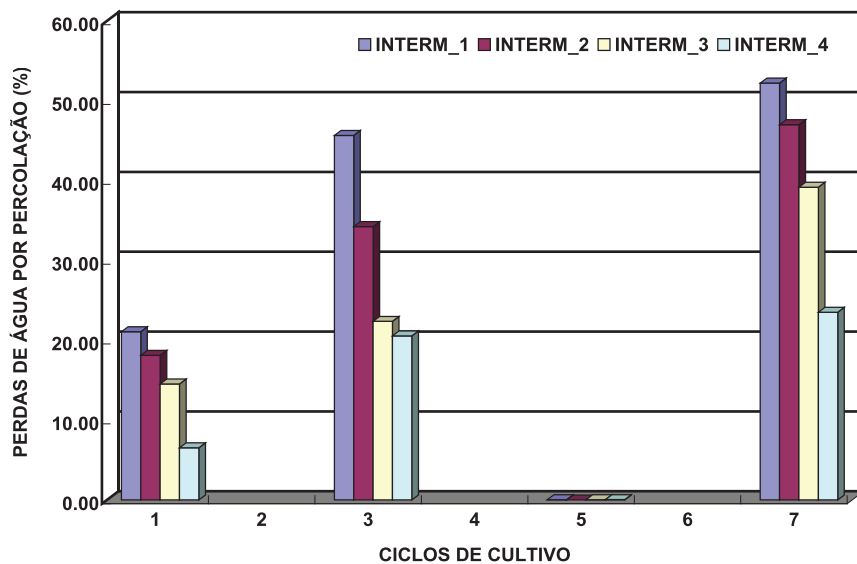


FIGURA 8 – Resumo das Perdas de Água por Percolação na Base de Lisímetros de Drenagem

Fonte: Brito et al., 2010.

No segundo período da realização do projeto de acordo com os resultados, a qualidade da água utilizada para a videira, nas áreas avaliadas, encontra-se dentro dos padrões recomendados, as análises de solo apresentam valores superiores a 4dS/m, considerado solo salino.

Seguindo recomendações da FAO, devem-se realizar avaliações periódicas do risco de contaminação ambiental em todos os compartimentos, como solo, água, ar, plantas e alimentos, de modo a avaliar o potencial de lixiviação do solo cultivado, a volatilização para determinar a vida média do produto utilizado e para estimar quantidades desses produtos no meio.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. **Tópicos em Ci. do Solo**. Viçosa: SBCS, 2000. p. 299-352. v.1.

ALENCAR, J.A. de. et al. Diagnóstico preliminar do uso de agrotóxicos em perímetros irrigados do Submédio do São Francisco. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS, 1996, Águas de Lindóia-SP. **Resumos...** Águas de Lindóia-SP: IAC/UNESP, 1996.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B. et al. Efeito de um resíduo da indústria de Zn sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, v.20, p.271-276, 1996.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B. et al. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, v.16, p.271-276, 1992.

ARAÚJO, A.J. et al. (Orgs.). "**Meio ambiente, saúde e trabalho**": cut-rj, comissão de meio ambiente. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.sindipetro.org.br/extra/cartilha-cut/index.htm>>. acesso em: 8 ago. 2006.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

BARROW, N.J. Reactions of anions and cations with variable-charge soils. **Adv. Agron.**, v. 38, p.183-230, 1985.

BARROW, N.J. The reaction of plant nutrients and pollutants with soil. **Aust. J. Soil Res.**, v. 27, p. 475-492, 1989.

BOURG, A.C.M. Speciation of heavy metals in soils and groundwater and implications for their natural and provoked mobility. In: SOLOMONS, W.; FORSTNER, U.; MADER, P. **Heavy metals: problems and solutions**. Berlin: Springer Verlag, 1995. P. 18-29.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004. **D. Oficial**

da União, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1, p. 266.

BRITO, L. T. L. et al. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Salitre. **Rev. Bras. de Eng. Agr. Amb.**, Campina Grande, PB, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.

BRITO, L. T. de L. et al (Coord.). **Relatório Final BNB: análise de impactos ambientais causados pelo uso de agroquímicos em áreas irrigadas do submédio São Francisco**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. 43 p. (Convênio: Etene/Fundeci 22400-05/0035-1).

BUFFLE, J. The ecological role of aquatic organic and inorganic components, deduced from their nature, circulation and interactions. In: BROEKAERT, J.A.C.; GUCER, S.; ADAMS, F., (eds.). **Metal speciation in the environment**. Berlin: Springer Verlag, 1990. p. 469-501.

CAMARGO, M. S. et al. Adubação fosfatada e metais pesados em latossolo cultivado com arroz. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.513-518, jul./set. 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatórios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: ago. 2007.

DAMASCENO, S. **Remoção de metais pesados em sistemas de tratamento de esgoto sanitário por processo de iodo ativado e por um reator compartimentado anaeróbio**. 1996. 141f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

EGREJA FILHO, F. B. **Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano**. 1993. 174f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1993.

EPA – Agencia de proteção ambiental – Pesticide Program. Promoting Safety for America's Future. FY 2002 Annual Report. EPA, 2002. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppfod01/annual/2002/2002annualreport.pdf> . acesso em: 8 ago. 2006.

FAO. Prevencion de la contaminacion del agua por la agricultura y actividades afines. FAO. Santiago, 1992. Anais de la consulta de expertos. Santiago, 1993. **Informes sobre temas hídricos**, 1.

GONÇALVES Jr. A. C.; PESSOA, A. C. S. dos. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em argissolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, v. 3, p.19-23, 2002.

GUILHERME. L. R. G. et al. Elementos Traços em Solos e ambientes aquáticos. In: **Tópicos de Ci. do Solo**, v.4, p.345-390, 2005.

HAYNES, K.F.; TRAINA, S.J. Metal speciation and its significance in ecosystem health. In: HUANG, P.M., (Ed.). **Soil chemistry and ecosystem health**. Madison: Soil Science Society of America, 1998. p. 45-84. (SSSA Special Publication, 52).

HERING, J. G. Implications of complexation, sorption and dissolution kinetics for metal transport in soils. In: ALLEN, H.E. et al. (Eds.). **Metal speciation and contamination of soil**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p.59 – 83.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315 p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.

LANZIANI, A. **Avaliação da disponibilidade de zinco em alguns adubos comerciais**. 1995. 55f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1995.

MCBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406p.

MCBRIDE, M. B. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. **Adv. Soil Sci.**, v. 10, p.1-56, 1989.

POVINELLI, J. **Ação dos metais pesados nos processos biológicos de tratamento de águas residuárias**. 1987. 169f. Tese (Doutorado – Livre Docência

em Engenharia/Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, v. 23, p. 971-979, 1999.

RICHARDS., L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

RODELLA, A. A. Legislação sobre teores de contaminantes em fertilizantes: estudo de um caso. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, v. 29, p.797-801, 2005.

SANTOS, F.S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. Influência de diferentes manejos agrícolas na distribuição de metais pesados no solo e em plantas de tomate. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, v.26, p.535-543, 2002.

SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação dos solos afetados por sais. IN: Ghevy, H.R; Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F. (Eds). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB/SBEA, 1997, p. 319-356.

SHELL, 2005. **Relatório na Sociedade Brasileira 2004/2005**. Disponível em: <www.shell.com/static/br-pt/downloads/news_and_library/rel2004/relatorio_shell_2004.pdf>. Acesso em: 10 out. 2008.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. 1022p.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F.M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. **Rev. Quím. Nova**, v. 15, p.147-154, 1992.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Background report on fertilizer use, contaminants and regulations**. United States: Environ: Protec. Agency/ Office of Pollution Prevention and Toxics. EPA,

747-R-98-003, 1999. 395 p.

WINDOM, H.L. et al. Inadequacy of NAS-QUAN data for assessing metal trends in the nation's rivers. **Environ. Sci. Technol.**, v. 25, p.1137–1142, 1991.