

Utilização do método *fingerprint* no apoio às práticas de sustentabilidade organizacional

Using the fingerprint method in support of organizational sustainability practices

Thiago Michel de Brito Farias

Professor do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP – Brasil. tfarias@uninove.br

Felipe Araújo Calarge

Professor do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP – Brasil. fcalarge@uninove.br

Adriana Duarte Alves

Aluna do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP – Brasil. driamiley@hotmail.com

Marcelo Estevan da Silva

Aluno do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP – Brasil. marcelo@qualitasolucoes.com.br

Fernando Jundi Cazerta

Aluno do curso de graduação em Engenharia de Produção – Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP – Brasil. ferjuncaz@yahoo.com.br

Roseli Fernandes Gennari

Doutora em Química – Instituto de Física – Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, SP – Brasil. rgennari@if.usp.br

Resumo

Para alcançar o desenvolvimento sustentável, devem-se eliminar as modalidades de produção e consumo não sustentáveis, pois as contaminações industriais do solo e da água estão relacionadas ao processo e volume de produção, ao tipo de indústria e a localização geográfica. Dessa forma, o cuidado na gestão de riscos e impactos ambientais torna-se fundamental para que as organizações possam operar dentro de padrões aceitáveis de sustentabilidade ambiental. Neste trabalho, tem-se como objetivo a utilização do método de *fingerprinting*, com o auxílio da espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), como ferramenta de controle da qualidade em inspeções de amostras de solos de bacias hidrográficas de diferentes regiões do estado de São Paulo. A identificação de amostras de solos, com análises dos sedimentos transportados em suspensão, possibilitará avaliar as áreas que possam contribuir positivamente para o controle e gestão de resíduos através de inferências sobre o potencial poluidor de sedimentos.

Palavras-chave: Espectroscopia. Qualidade ambiental. Solos. Sustentabilidade.

Abstract

To achieve sustainable development, one must eliminate the modalities of unsustainable production and consumption, since the industrial contamination of soil and water is related to the process and volume of production, to the type of industry and to geographical location. Thus, care in the management of environmental risks and impacts is fundamental for organizations to operate within acceptable standards of environmental sustainability. This paper aims to use the method of fingerprinting, aided by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), as a tool for quality control inspections in soil samples from drainage basins in different regions of the state of São Paulo. The identification of soil samples, with analyses of sediments transported in suspension, will enable evaluating areas that can contribute positively to the control and management of waste through inferences about the polluting potential of sediments.

Key words: Environmental quality. Soils. Spectroscopy. Sustainability.

1 Introdução

O solo é um recurso finito, limitado e não renovável em face de suas taxas de degradação potencialmente rápidas – as quais têm aumentado nas últimas décadas pela crescente atividade humana –, e de suas taxas de formação e regeneração extremamente lentas. A formação de uma camada de solo de 30 cm pode levar de 1.000 a 10.000 anos para completar-se inteiramente (CORSEUIL et al., 1996).

Dessa forma, os processos de degradação do solo constituem um grave problema em escala mundial, com consequências ambientais, sociais e econômicas significativas. À medida que a população mundial aumenta, existe a necessidade de proteger o solo como recurso vital, sobretudo para produção alimentar que também tem sua demanda aumentada.

Nos últimos 40 anos, cerca de um terço dos solos agrícolas mundiais deixaram de ser produtivos do ponto de vista agrícola, devido à erosão. Por outro lado, os solos com melhor qualidade encontram-se dispersos e confinados, muitas vezes, a áreas com grande pressão para o uso da terra, nomeadamente para construção imobiliária (BERRY et al. 2005).

Evidencia-se, assim, a necessidade de planejar, da forma devida, a afetação dos solos e o ordenamento do território. Dependendo da cultura a ser praticada, fazem-se necessárias algumas medidas de precaução para que se controle o efeito erosivo do solo. Por exemplo, em uma cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, os danos podem ser minimizados preparando o solo e realizando o plantio em linhas de nível. Como cada cultura requer um tratamento específico, utiliza-se também o plantio de faixas de cultura com níveis de vegetação densa ou nativa intercaladas, sendo de grande eficiência contra enxurradas e erosão,

contribuindo, em algumas situações, em favor da melhoria da fertilidade do solo.

A fertilidade dos solos depende de um conjunto de fatores, sendo alguns de natureza física, e outros, química. Da conjugação destes fatores, resulta a capacidade de produção do solo, cujas principais ameaças são a erosão, mineralização da matéria orgânica, redução da biodiversidade, contaminação, impermeabilização, compactação, salinização, bem como o efeito degradante das cheias e desabamentos de terras. A ocorrência simultânea de algumas destas ameaças aumenta os seus efeitos, apesar de haver diferentes intensidades regionais e locais, dado que os solos não respondem todos da mesma maneira aos processos de degradação, dependendo das suas próprias características.

Com base nas informações anteriores, pode-se constatar que, atualmente, existe a necessidade de avaliação do solo por meio de técnicas que possibilitem a melhoria da sua qualidade e produtividade.

O *fingerprinting* é um método químico-matemático de identificação das fontes de origem de uma determinada matéria que ao ser analisado através de técnicas químicas ou espectroscópicas, utiliza alguns traçadores naturais, os quais possam esclarecer a origem dos materiais em associação a análise de agrupamentos (CHIANG et al., 1989; HARRIS, 2009; RADEMAKER et al., 2000).

A análise de agrupamentos engloba diversas técnicas estatísticas, como análises de desvios e variâncias, com o objetivo de encontrar e separar objetos em grupos similares. Em alguns estudos é necessário que se conheça algumas características de um determinado grupo de um conjunto de amostras. Ao obter a medida da diferença da natureza destas amostras, pode-se observar também se existe alguma similaridade no conjunto por intermédio das relações de dependência das variedades (REGAZZI, 2001; VICINI, 2005).

É conhecido que o uso de técnicas FT-IR para caracterizar materiais é de utilização difundida e consolidada há vários anos; contudo, continua ainda sendo uma ferramenta pouco utilizada na gestão da sustentabilidade e melhoria da produtividade de materiais. A avaliação de mudanças estruturais ocorridas em uma mesma amostra reciclada ou irradiada, por meio de várias técnicas disponíveis em um único aparelho FT-IR, não é algo corriqueiro, sendo difícil encontrar laboratórios de espectroscopia que atuem nesta área e que tenham profissionais com conhecimento específico da área de análise FT-IR de materiais.

Neste trabalho, tem-se como objetivo o estudo de amostras de solos de bacias hidrográficas provenientes de diferentes regiões do estado de São Paulo, com a finalidade de verificarem-se, por meio de inspeções de controle, as condições de sedimentos transportados e, dessa forma, traçar uma análise da sustentabilidade e classe de impactos ambientais.

1.1 Aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental: conceitos gerais e principais fundamentos

No ano de 1987, a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas apresentou o relatório “Nosso Futuro Comum”, conhecido como Relatório *Brundtland*, em função do sobrenome da presidente da comissão a então Primeira-Ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland. Esse relatório condenava o modelo de desenvolvimento dos países industrializados, destacando a incompatibilidade entre os atuais padrões de produção e consumo, comparativamente com a necessidade do uso racional dos recursos naturais. Esse documento formalizou o famoso conceito de desenvolvimento sustentável – aquele que atende as necessidades das gerações

atuais sem comprometer os direitos das gerações futuras (RIBEIRO, 2005).

Segundo Hermanson (2008), a sustentabilidade pode ser entendida como conjunto de práticas adotadas que visam à diminuição dos impactos gerados pelas atividades humanas e que poderiam ser prejudiciais ao meio ambiente. Ferreira (2009) acrescenta que o conceito de sustentabilidade é composto das noções de ecoeficiência e ecojustiça. A primeira noção refere-se ao uso físico dos recursos naturais; e a segunda, ao fato de que não é justo privar as gerações futuras dos mesmos recursos que dispõe a geração atual.

Dessa forma, a recente abordagem do conceito de sustentabilidade considera não ser suficiente avaliar apenas o estágio atual do desenvolvimento econômico, sendo também necessário considerar aspectos ambientais do desenvolvimento humano. Como exemplo, pode-se citar a escassez dos recursos naturais, mudanças tecnológicas, efeitos da poluição, padrões de consumo e o atendimento das necessidades básicas das populações, sendo a consideração de tais aspectos fundamental para uma visão de futuro, no qual o desenvolvimento esteja pautado em propósitos de continuidade (MARTINS et al., 2006).

Assim, conceitos atuais relacionados à “Responsabilidade Social Corporativa” e “Sustentabilidade Empresarial” devem convergir para um objetivo comum, ou seja, para uma integração de aspectos econômicos, sociais e ecológicos dos negócios. Nesta abordagem, a sustentabilidade empresarial pode ser alcançada por meio da manutenção de ações ecológicas que possam convergir para a ecoeficiência de forma a contribuir para a proteção do meio ambiente mediante redução do impacto negativo do próprio negócio (VELLANI; RIBEIRO, 2009).

O desenvolvimento sustentável pode ser ainda considerado como um projeto social e político que aponta para o ordenamento ecológico e a des-

centralização territorial da produção, bem como para a diversificação dos estilos culturais de desenvolvimento e dos modos de vida das populações que habitam o planeta (LEFF, 2007).

1.2 Aspectos da sustentabilidade voltados para a gestão das organizações

Segundo Pereira et al. (2010), procedimentos que constituem uma forma eficaz no entendimento do desenvolvimento sustentável e suas estratégias nas empresas devem estar pautados em: aplicação de métodos de produção mais limpa, sistema de gestão integrado, otimização da cadeia de abastecimento e relações dos produtos. Assim, conforme os autores, a obrigatoriedade de relatórios de sustentabilidade é considerada como o primeiro passo para a introdução e integração de atividades de sustentabilidade nas práticas de negócios tradicionais. Essas publicações podem ser consideradas iniciativas das próprias organizações devido às exigências dos grupos de *stakeholders*.

No que se refere a um Sistema de Gestão Ambiental, a norma ISO 14001 tem sido amplamente praticada nas organizações. Criada em 1996, esta norma passou por revisões em 2004, buscando-se no seu desenvolvimento um grau de similaridade com os padrões da série ISO 9000, com a finalidade principal de integrar questões relativas ao meio ambiente na gestão de uma organização (FROSSARD et al., 2006; LAGODIMOS et al., 2006).

Os 22 requisitos que envolvem a ISO 14001 compreendem aspectos relacionados a: requisitos do sistema de gestão ambiental; política ambiental; requisitos gerais; planejamento; aspectos ambientais; requisitos legais e outros; objetivos e metas; programa(s) de gestão ambiental; implementação e operação; estrutura e responsabilidade; treinamento, conscientização e competência; comunicação; documentação do sistema de gestão

ambiental; controle de documentos; controle operacional; preparação e atendimento a emergências; verificação e ação corretiva; monitoramento e medição; não conformidade e ações corretiva e preventiva; registros; auditoria do sistema de gestão ambiental; análise crítica pela administração (ISO, 2008).

De acordo com a ABNT (2004), este sistema é utilizado para desenvolver e implementar uma política ambiental, gerindo seus aspectos por intermédio da utilização de ferramentas que permitam a organizações controlar o impacto de suas atividades, de seus processos, produtos e serviços sobre o aspecto do ambiente natural. A Figura 1, a seguir, mostra os diferentes passos para a melhoria contínua em SGA.

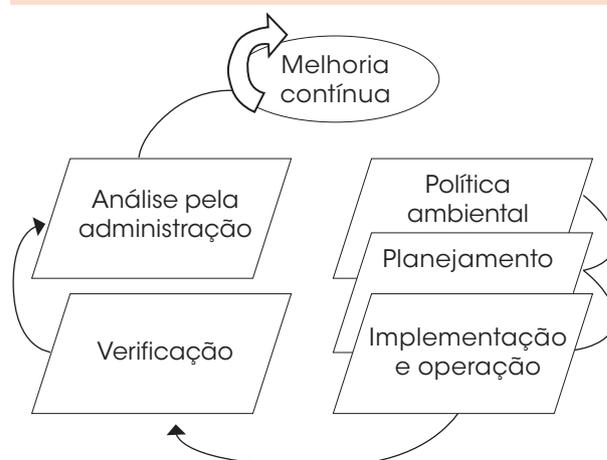


Figura 1: Ciclo de melhoria contínua, segundo a NBR ISO 14001:2004

Fonte: NBR ISO 14001:2004 (ABNT, 2004).

1.3 Técnica de *fingerprint*: conceitos e aspectos fundamentais

O termo *fingerprinting* originou-se da técnica de análise da impressão digital humana, descoberta pelo médico Marcello Malpighi (1628-1694), a qual tinha como objetivo de reconhecimento e individualização de uma determinada pessoa por meio de uma característica física ou comporta-

mental. De maneira análoga, a técnica de *finger-printing* é capaz de individualizar uma determinada análise presente em um grupo e informar da interação desta com outros grupos, sendo atualmente muito utilizada na área de ciências biológicas (RADEMAKER et al., 2000).

Utilizando conhecimentos da área de ciências biológicas e a técnica de *finger-printing*, nos dias atuais, é possível a obtenção de organismos geneticamente modificados, o que possibilita a produção de alimentos em maior quantidade e qualidade. Também é possível o aumento da resistência biológica a pragas e doenças específicas, reduzindo-se a necessidade de pesticidas químicos e diminuindo-se o risco de perdas nas plantações, ocasionando, assim, aumento de produtividade. As características nutricionais como proteínas ou gorduras, bem como a vitamina A, o ferro, o iodo e o zinco, também podem ser analisados em relação a outros produtos (CHIANG et al., 1989).

Outro campo de aplicação da técnica do *finger-print* se dá na área de geologia, na qual é possível explorar limitações de uma metodologia de análise de solo e as potencialidades na identificação das fontes de sedimentos (MINELLA et al., 2009). Esta classificação e caracterização possibilitam a identificação da contribuição relativa das fontes geradoras de bacias hidrográficas, sendo este um aspecto preponderante em atividades de planejamento agrícola e de construção de rodovias.

O procedimento é conduzido em duas etapas, por meio das análises estatísticas aplicadas às propriedades geoquímicas das fontes potenciais de sedimentos e dos sedimentos fluviais em suspensão, na tentativa de construir um *finger-printing* composto que seja capaz de discriminar as fontes potenciais de sedimentos em suspensão dentro da área de estudo.

Para a aplicação da técnica, são realizadas coletas em diferentes partes da área de estudo (para cada possível fonte de sedimentos), contem-

plando no mínimo seis amostras compostas, as quais devem ser coletadas em cinco pontos para serem misturadas e formarem uma amostra representativa do local (TRENTIN et al., 2009).

Na utilização da técnica espectroscópica como ferramenta de melhoria da qualidade associada, pode-se citar a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), em que a radiação proveniente de uma fonte pode chegar a um separador de feixe que transmite parte da radiação e reflete outra parte. O espectro emitido pode ser decomposto nos comprimentos de ondas que o compõem, sendo cada pequena faixa de comprimento de onda dirigida a um dos elementos do detector (TRENTIN et al., 2009).

A espectroscopia FT-IR pode ser usada para identificação e caracterização de compostos orgânicos, inorgânicos e poliméricos (BERRY et al., 2005), sendo avaliado pela medida da fração da energia transmitida ou absorvida em relação à incidente em determinado comprimento de onda ou número de onda. Diversos estudos foram publicados, como Minella et al. (2009) e Lyra (2010), devido à capacidade da técnica em detectar mudanças estruturais decorrentes de diferentes tratamentos, incluindo-se entre esses os relacionados às poliamidas e polímeros, sendo, portanto, indicadores no controle da qualidade de características da composição de tais materiais.

Trabalhos referentes aos efeitos da radiação – como ensaios de termogravimetria (TG) e calorimetria exploratória diferencial (DSC), os quais permitem o acompanhamento do processo de reticulação em função da dose de radiação –, podem ser associados com a técnica de FT-IR. A aplicação de técnicas de preparação de amostras (transmissão e reflexão) para análise por espectroscopia no infravermelho médio (MIR) (4000 a 666 cm^{-1}) com transformada de Fourier (FT-IR) também pode ser uma boa prática para avaliação mais completa composição de materiais e atendimento dos requi-

sitos especificados, pela análise do interior e superfície destes materiais (Silva et al., 2009).

2 Material e métodos

Segundo Silverstein et al. (2008), a radiação infravermelha (IR) corresponde aproximadamente a parte do espectro eletromagnético situada entre as regiões do visível e das micro-ondas. A porção de maior utilidade para as análises químicas situa-se entre 4000 a 400 cm^{-1} , pois o espectro de infravermelho nesta região é característico de cada molécula e, em alguns casos, de grupos de átomos que podem produzir bandas com frequências vibracionais próximas, podendo estar associada a possíveis contaminações de amostras.

Em análises químicas, em geral, existe um grande número de variáveis, as quais podem ser minimizadas por ferramentas estatísticas, identificando, assim, características singulares em amostras.

Neste trabalho, foi utilizado para as análises um espectrômetro de FT-IR, modelo Nicolet iS5, acoplado a um Acessório de Reflectância Total (ATR), com cristal refletor de 50 mm \times 10 mm \times 2 mm, 45 °, que produz uma resolução de 8 cm^{-1} , sendo utilizado 64 *scans* para cada medida.

Foram coletadas amostras de solo de cinco diferentes regiões do estado de São Paulo (Aldeia da Serra, Campinas, Campos do Jordão, Santos, São Paulo-capital). Para cada região, coletaram-se quatro amostras, as quais foram armazenadas em frascos estéreis, e catalogadas por região, como amostra da região 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, totalizando, assim, 20 amostras.

O uso de 20 amostras, sendo quatro de cada região a ser estudada, está dentro do limite aceitável para o processo de *fingerprinting*, conforme Trentin et al. (2009), uma vez que as amostras serão analisadas por meio da comparação dos perfis dos compostos identificados, conforme Minella et al. (2009).

Posteriormente, as amostras foram peeneiradas e mantidas em estufa a 100 °C por três horas para a retirada do excesso de umidade, o qual pode interferir no espectro de FT-IR, uma vez que a vibração da molécula de água (na região de 1600 cm^{-1}) pode aumentar as bandas de absorção nesta região, a qual também é verificada como a região de energia vibracional de contaminantes, tais como amônia e benzeno, sendo estes muito comuns em insumos agrícolas.

Empregou-se a análise de agrupamentos com o objetivo de descrever os dados que estão contidos em um conjunto composto de diferentes amostras de solos, sendo feita uma análise multivariada com planilhas do Excel®. Este método é considerado como um método fatorial, em que a redução do número de variáveis é realizada por meio da construção de novas variáveis, obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais.

Para a aplicação da análise de agrupamentos, utilizou-se o esquema de aglomeração que informa os casos a serem combinados em cada estágio de um processo hierárquico de aglomeração através do centroide de agrupamento, que representa os valores médios das variáveis para todos os casos em um agrupamento em particular. A medida de distância e a de proximidade são baseadas em diferentes medidas de proximidade e, geralmente, pode-se obter resultados diferentes. Segundo Regazzi (2001, p. 166):

“[...] embora a distância euclidiana seja uma medida de dissimilaridade, às vezes ela é referida como uma medida de semelhança, pois quanto maior seu valor, menos parecidos são os indivíduos ou unidades amostrais [...]”. Neste estudo, utilizou-se a medida euclidiana: considerando dois indivíduos i e j , a distância entre eles é dada pela equação 1

$$d_{i,j} = \left[\sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i',j})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Ao utilizar este método matemático, pode-se organizar um banco de dados ou

medidas que podem ser utilizados na identificação de uma amostra dentro deste banco de dados chamado de *fingerpringitig*.

3 Resultados e discussão

Inicialmente, foram realizadas medidas de FTIR com o objetivo da obtenção de espectros que indicam a possível composição ou contaminação das amostras de solos. As análises foram realizadas na região do espectro entre 4500 a 250 cm^{-1} , como se pode observar na Figura 2.

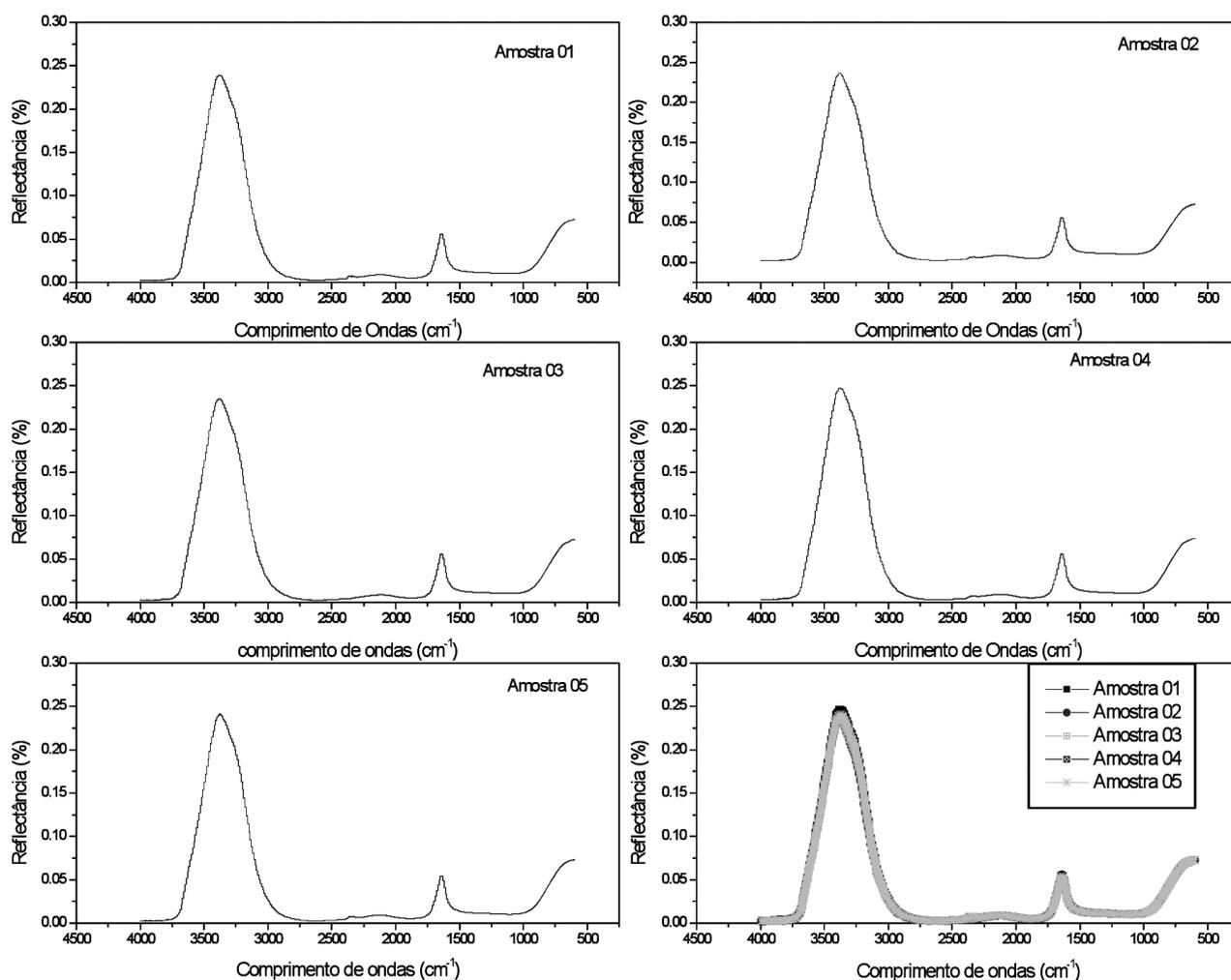


Figura 2: Espectros de FT-IR das amostras de solo

Em conjunto com o Instituto de Física da Universidade de São Paulo, a amostra foi analisada por meio da Espectroscopia de Massas com Plasma Induzido (ICP-MS) para a caracterização de macro e microcomponentes, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Concentração de macro e microcomponentes presentes nas amostras de solos analisadas por ICP-MS

Concentração (µg/g)	Amostras				
	01	02	03	04	05
Bário	0,032	0,029	0,024	0,020	0,20
Cálcio	2,26	0,88	17,14	0,78	3,48
Magnésio	1,60	0,40	9,83	0,38	2,19
Potássio	1,51	0,78	1,30	0,42	2,49
Sódio	3,57	0,79	1,10	0,41	13,90
Sulfato	1,13	0,01	0,2	0,01	1,82
Bicarbonato	18,04	3,90	105,15	5,83	0,02
Fluoreto	0,02	0,02	0,05	0,01	0,02
Nitrato	2,71	3,40	0,8	0,1	18,98
Cloreto	2,76	3,12	0,13	0,06	20,66
Estrôncio	0	0,01	0,020	0,001	0,2
Fosfato	0,1	0,03	0	0,5	0,8
Boro	0,3	0,02	0	0	0,01

Mediante identificação dos principais picos presentes nas amostras, podem-se quantificar estes picos fazendo uma proporção entre a intensidade da reflectância com as concentrações presentes nas amostras por meio dos dados da Tabela 1. Esta quantificação associada a uma análise multivariada de dados resultou em representações de agrupamentos estatísticos denominados dendogramas, como se observa nas Figuras 3 e 4, sendo indicados, respectivamente, o dendograma obtido pelos compostos ou elementos presentes nas amostras e concentrações.

Na Figura 3, observa-se que existe associação entre o fosfato (PO₄) com Ba e Sr, significando provável presença dos sais de fosfato de Ba e Sr nas amostras.

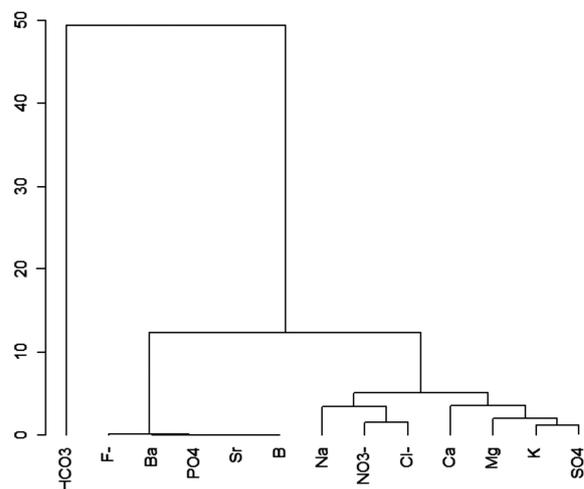


Figura 3: Dendrograma organizado por principais elementos ou compostos presentes nas amostras

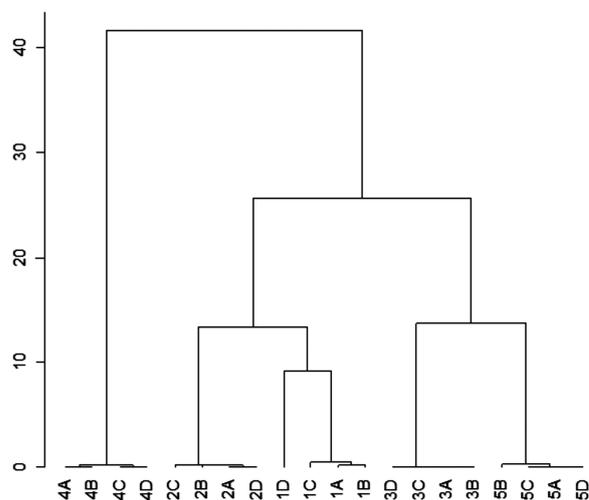


Figura 4: Dendrograma organizado por meio da correlação matemática dos principais elementos ou compostos presentes nas amostras e sua quantidade

De maneira similar, o Na está presente provavelmente na forma de nitrato e cloretos. Observa-se também que o fluoreto e o boro também estão associados ao fosfato e ao Ba e Sr, indicando a possibilidade de haver sais duplos e fluoretos destes elementos.

O bicarbonato não está associado a nenhum dos elementos analisados, indicando que pode es-

tar associado a processos aeróbicos ou à alcalinidade da amostra. Na Figura 2, verifica-se que um dos pontos de coleta do local 1 (1D) é diferente dos demais do mesmo local e, isto só acontece neste local, porque não há distinção entre os demais pontos de coleta em nenhum dos outros locais.

Em resumo, preliminarmente pelas análises multivariadas, pode-se concluir que as amostras coletadas nas regiões pesquisadas (1, 2, 3, 4 e 5) são diferentes entre si, sendo a região 1 mais semelhante à região 2; a 3, mais semelhante à 5 e a 4 singular em relação às demais regiões. A análise multivariada dos compostos foi caracterizada pela máxima variação dos resultados, em que se verificou que as amostras podem ser caracterizadas e identificadas, sobretudo, pela presença de fosfato, Ba e Sr.

Após esta análise inicial para identificar as primeiras correlações das amostras, iniciou-se a fase de análises dos sedimentos transportados em suspensão, o que possibilita avaliar as áreas que possam contribuir para uma melhor produção agrícola e fazer inferências sobre o potencial poluidor desses sedimentos, contribuindo para a sustentabilidade do processo.

Para cada região, como mencionado anteriormente, foram coletadas amostras de solo de diferentes pontos próximos aos leitos dos rios, e com distância mínima de 100 m, e para cada amostra foram realizadas extrações químicas, análises de FT-IR e análises multivariadas.

4 Conclusão

Por meio das análises multivariadas, pode-se concluir que as amostras coletadas nas cinco regiões são diferentes entre si, sendo a região 1 mais semelhante à região 2; a 3 mais semelhante à 5 e a região 4 apresentando uma singularidade em relação às demais regiões. A análise multivariada

dos compostos foi caracterizada pela máxima variação dos resultados, em que se percebeu que as amostras podem ser caracterizadas e identificadas, principalmente pela presença de fosfato, Ba e Sr.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Nove de Julho (Uninove), pelas bolsas de estudo concedidas e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo suporte financeiro desta pesquisa.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental – requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004.
- BERRY, A. J., HERMANN, J., O'NEILL, H. S. C. Fingerprinting the water site in mantle olivine. *Geological Soc America*, v. 33, n. 11, p. 869-872, 2005.
- CHIANG, C.Y. et al. Aerobic biodegradation of benzene, toluene, and xylene in a sandy aquifer: data analysis and computer modeling. *Ground Water*, v. 27, n. 6, p. 823-834, 1989.
- CORSEUIL, H. X., AIRES, J. R., ALVAREZ, P. J. J. Implications of the presence of ethanol on intrinsic bioremediation of BTEX plumes in Brazil. *Haz. Was. Haz. Mat.*, v. 13, n. 2, p.213-221, 1996.
- FERREIRA, A. C. S. Contabilidade ambiental: uma informação para o desenvolvimento sustentável. 2. ed., São Paulo: Atlas, 2009.
- FROSSARD, E. C. H. et al. Responsabilidade social corporativa: a inserção de um novo elemento na composição do sistema integrado de gestão. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2005, Porto Alegre, RS, Brasil. *Anais ... Porto Alegre: Enegep*, p. 1412-1420, 2005.
- HARRIS, D.C. *Análise química quantitativa*. 6. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- HERMANSON, B. Sustentabilidade, este conceito veio pra ficar. Portal SEBRAE-SP, São Paulo, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.sebraesp.com.br>>. Acesso em: 26 maio 2010.
- ISO. ISO 14001:2004, Environmental management system. Requirements with guidance for use, 2008.

- LEFF, E. SENAC e Educação ambiental. *Senac*, Rio de Janeiro, n. 1, jan/abril 2007, p. 8-12, ano 16.
- LAGODIMOS, A. G.; CHOUNTALAS, P. T.; CHATZI, K. The state of ISO 14001 certification in Greece. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, p. 1743-1754, 2007.
- LYRA, M. C. C. P. et al. Fingerprinting de rizóbios isolados de leguminosas da Caatinga usando a técnica de rep-PCR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., 2010, Guarapari, ES. *Anais...* Guarapari: Fertbio, 2010.
- MARTINS, A. R. P.; FERRAZ, F. T.; COSTA, M. M. Sustentabilidade ambiental como nova dimensão do Índice de Desenvolvimento Humano dos países. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v.13, n. 26, p. 139-162, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>> . Acesso em: 26 maio 2010.
- MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; CLARKE, R. T. Método “fingerprinting” para identificação de fontes de sedimentos em bacia hidrográfica rural. *Rev. Bras. Eng. Agric. e Amb.*, v. 13, n. 5, p. 633-638, 2009.
- PEREIRA, M. A.; CALARGE, F. A.; PEREIRA, F. H. Novas abordagens da gestão organizacional com enfoque na sustentabilidade: uma análise exploratório do setor sulcroatoleiro. In: SHEWC'2010 – SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 2010, Sao Paulo. *Proceedings...* São Paulo: Claudio da Rocha Brito, 2010. v. 1. p. 455-459.
- RADEMAKER, J. L.W. et al. Comparison of AFLP and rep-PCR genomic fingerprinting with DNA-DNA homology studies: *Xanthomonas* as a model system. *Internacional Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 50, p. 665-677, 2000.
- REGAZZI, A. J. *Análise multivariada*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Departamento de Informática, 2001. Apostila de disciplina.
- RIBEIRO, M. S. *O tratamento contábil dos créditos de carbono*. 2005. 90 f. Tese (Livre Docência)–Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/SP – USP, Ribeirão Preto, 2005.
- SILVA, S. I. et al. Application of molecular fingerprinting for analysis of a PAH-contaminated soil microbiota growing in the presence of complex PAHs. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11. Guarapari, ES. *Anais...* Guarapari: Fertbio, 2010.
- SILVERSTEIN, R.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. *Identificação espectrométrica de compostos orgânicos*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SANTOS, L. J. C. Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Itu, oeste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, v. 36 n. , p. 95-105, jan./abr. 2009.
- VELLANI, C. L.; RIBEIRO, M. S. Sistema contábil para gestão da eco eficiência empresarial. *Revista Contabilidade & Finanças*, USP, São Paulo, v. 20, n. 49, p. 25-43, jan/abril 2009.
- VICINI, L. *Análise multivariada da teoria à prática*. 2005. Monografia (Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa)– Departamento de Estatística-CCNE, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

Recebido em 10 set. 2012 / aprovado em 26 mar. 2013

Para referenciar este texto

FARIAS, T. M. B. et al. Utilização do método *fingerprint* no apoio às práticas de sustentabilidade organizacional. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 23-32, 2013.