Editorial

Prof. Dr. Ivan Fortunato[1]

[1] Núcleo de Estudos Transdisciplinares em Ensino, Ciência, Cultura e Ambiente (NuTECCA), Instituto Federal de São Paulo, Itapetininga, ivanfrt@yahoo.com.br

Itapetininga 30/06/2015

A Revista Hipótese já está no segundo número. Publicação jovem, porém qualificada. O **Dossiê Temático** desta edição tem como foco a **Pesquisa Ambiental Empírica**, apresentamos sete artigos, assinados por pesquisadores da UNESP, da UFABC, do IAG-USP, da UFSCAr Sorocaba, da UTFPR, da ESALQ-USP e da UNISO.

No primeiro artigo, Carlos Humberto e Roberto Lourenço, da UNESP-Sorocaba, apresentam o Parque Linear Gamelinha, localizado na zona leste de São Paulo, em uma pesquisa em que se observou 17 espécies de aves sendo 14 silvestres e 3 exóticos. Os autores ressaltam a importância destes espaços como refúgio para avifauna, importantes no controle de pragas urbanas e consequente melhoria na qualidade de vida.

No segundo artigo, Claudia Boian da UFABC e colaboradoras tiveram por objetivo fazer uma avaliação preliminar dos Compostos Orgânicos Voláteis (COV) na região de influência do Polo Petroquímico de Capuava, Mauá, SP. As amostras de ar foram coletas em dois pontos: P1 (Universidade Federal do ABC, Santo André, SP) e P2 (Escola Estadual Profa. Sada Umeizawa, Mauá, SP). Estas coletas foram feitas em tubos TENAX TA, próprios para este fim, e analisadas em laboratório pelo método de cromatografia gasosa FID. As medidas foram realizadas após a passagem de uma frente fria, representando uma atmosfera limpa,

sem a presença de plumas envelhecidas. Foram medidas concentrações baixas de COV, sendo que os de maiores concentrações foram em P1 (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano e trans-2-hexano) e P2 (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano, n-hexano). Com relação aos BTEX em P1 e P2 as maiores concentrações foram medidas para o tolueno e o m,p-xilenos. As análises das razões B/T e X/E mostraram que as fontes de emissão em ambos os pontos de medidas foram predominantemente veicular; estando em concordância com os dados meteorológicos de direção e velocidade dos ventos e do ponto de vista fotoquímico as plumas eram jovens, com as fontes próximas aos locais de medidas, conforme o esperado.

O terceiro artigo, de autoria de José Felipe Godoy Mello de Lima e colaboradores, do MBA em Gestão Ambiental e Sustentabilidade da UFSCar-Sorocaba, tem como objetivo contribuir para entender o perfil do profissional de sustentabilidade. Por meio de uma pesquisa quantitativa, constatou-se que o perfil está diretamente relacionado com os preceitos básicos do desenvolvimento sustentável: valores, mudança de paradigmas, preservação do meio ambiente e na manutenção da qualidade de vida para as presentes e futuras gerações. Constatou-se, ainda, que o profissional de sustentabilidade é predominantemente jovem, do sexo feminino e residente no estado de São Paulo. Sua formação é basicamente em especialização e pós-graduação em sustentabilidade e suas características mais relevantes são conhecimento em sustentabilidade e participação ativa em projetos e atividades com foco em sustentabilidade.

O quarto artigo, produzido na UTFPR por Danielle Martins e colaboradores, tem como objetivo analisar a eficiência de um SAC de fluxo subsuperficial horizontal seguido de um SAC de fluxo vertical para o tratamento de águas cinza provenientes de máquina de lavar roupa. O efluente foi inserido no sistema por meio de um reservatório pulmão que abastecia o sistema de tratamento com SAC. Foram analisados parâmetros de pH, turbidez, condutividade, cor aparente, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos suspensos e demanda química de oxigênio (DQO).

Os resultados apresentam uma eficiência para cor aparente, turbidez e DQO acima de 90%.

No quinto artigo, Daniel Ladeira e Roseli Benassi da UFABC, amparados por uma análise bibliográfica e estudos desenvolvidos por institutos de pesquisa que já foram divulgados em eventos ou artigos, os autores tem como objetivo traçar um panorama dos principais impactos ambientais que atingem os recursos hídricos da região Sudeste. Tais informações poderão oferecer parâmetros aos estudos condizentes com a realidade e as necessidades da conservação dos reservatórios, para o aproveitamento dos múltiplos usos e, principalmente, para a geração de energia elétrica e abastecimento público.

O sexto artigo, autoria de Tiago R. Tavares e colaboradores, do Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas da ESALQ/USP, trata de 2014 como ano de seca e da frágil vegetação nativa de Piracicaba-SP. Seu trabalho objetivou comparar o NDVI através de imagens Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) de diferentes fitofisionomias deste município no período de estiagem de 2011 e 2014. Para caracterização do período de estiagem foram utilizados os dados de precipitação mensal da série histórica de 1984-2014 registrados na estação meteorológica da ESALQ-USP. Também foi calculado o Índice de Anomalia de Chuva (RAI) do período de janeiro a setembro dos anos estudados. As imagens foram processadas utilizando *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e obtiveram-se os valores médios de NDVI de cada tipo de vegetação após o período de seca de ambos os anos. Foi utilizado delineamento de blocos inteiramente casualizados com 3 tratamentos e 2 blocos e teste de turkey para comparação de médias. A fim de facilitar a visualização e interpretação da variação temporal do NDVI, também foi realizada a operação matemática de subtração entre os mesmos fragmentos dos dois anos analisados. Foi constatado que as vegetações nativas de Piracicaba não apresentaram variação temporal de NDVI após o período de estiagem nos anos de 2011 e 2014.

O sétimo e último artigo, de Waldemar Bonventi Jr. e colaboradores, do Mestrado Profissional da UNISO, trata da segmentação em cores de imagens aéreas por agrupamentos nebulosos. O método de agrupamentos difusos ou nebulosos foi aplicado em imagens coloridas, onde a cor no espaço rgb é o atributo empregado na classificação. O algoritmo utilizado foi o *fuzzy c-means*, com métrica de distância de mahalanobis para detectar grupos alongados de pixels com cores similares. O número ideal de classes foi encontrado por minimização do índice de xie-beni. a partir da imagem original, subimagens foram reconstruídas com pixels classificados no mesmo grupo. Como resultado, foi obtida uma boa separação entre estruturas ambientais visualmente diferentes, tais como florestas, água, solo exposto e outros. Como a cor é invariante em rotação da imagem e de ampliação, este método mostrou-se muito robusto para realizar a separação entre diferentes regiões. Pode-se realizar o pós-processamento para fundir subimagens semanticamente semelhantes.

Na seção **Palavra Aberta e Inspirações**, um espaço da Revista Hipótese destinado a entrevistas, resenhas, textos de opinião etc., os estudantes do curso de licenciatura em Física do IFSP Itapetininga, Bruno Morais e Douglas Camilo, apresentam o Diálogo com Libâneo sobre didática. Atualmente a didática tem sido muito estudada, questionada e disseminada no campo da educação e sendo muito importante para investigar e buscar solucionar problemas na baixa qualidade da formação de professores. Nesse sentido pretende-se tecer um diálogo com o professor José Carlos Libâneo, através de artigos que trabalham a relação da didática com outras disciplinas, sua importância no desenvolvimento profissional, sua valorização em cursos de pedagogia, seu desenvolvimento histórico-cultural.

A Revista Hipótese está com Chamada de Artigos em aberto para seus os **Dossiês**: "Desafios da educação, desafios da docência" e "A educação em conflitos". Informações detalhadas e prazos de nossos Dossiês podem ser consultados no link Notícias em nossa página. Para a seção **Palavra Aberta e Inspirações**, as contribuições podem ser submetidas em qualquer tempo.

Ademais, estamos avançando com o plano de internacionalizar a Revista Hipótese e, dessa forma, consolidá-la como um importante veículo de comunicação científica multidisciplinar. Para alcançar esse objetivo, pesquisadores da Argentina e dos Estados Unidos foram incorporados ao nosso Conselho Editorial, o periódico foi incluído nas bases de dados Diadorim (Brasil) e Latindex (México), enquanto outras bases estão analisando a possível inclusão da Revista Hipótese.

Por fim, destacamos o acordo fimardo com a Cross Ref para que nossos artigos sejam publicados com seu Digital Object Identifier, o conhecido D.O.I., e, dessa forma, permitir que as pesquisas aqui publicadas sejam facilmente identificadas por outros pesquisadores. Com isso, espera-se que a Revista Hipótese efetivamente participe da construção do conhecimento científico.

Logo, publicaremos o terceiro número deste ano, com outro **Dossiê** dedicado à temática ambiental.

Boa leitura!

Catalogação da Avifauna do Parque Linear Gamelinha, São Paulo, (SP) Brasil

Cataloging of the avifauna of the Gamelinha Linear Park, São Paulo (SP) Brazil

Prof. Ms. Carlos Humberto Biagolini[1]
Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço[1]

[1] Ciências Ambientais Unesp-Sorocaba, carlos.biagolini@posgrad.sorocaba.unesp.br

Submetido em 10/03/2015
Revisado em 01/04/2015
Aprovado em 22/05/2015

Resumo: O Parque Linear Gamelinha, zona leste de São Paulo, abriga várias espécies de plantas e aves com espaços para práticas esportivas. Através da instalação de três bandejas com atrativos, foram realizadas observações pelo período de 12 meses. Observadas 17 espécies de aves sendo 14 silvestres e 3 exóticos. Ressalta-se a importância destes espaços como refúgio para avifauna, importantes no controle de pragas urbanas e consequente melhoria na qualidade de vida.
Palavras chave: Parques Lineares, Aves, Plantas, Convívio.

Abstract: Gamelinha Linear Park, at the east side of São Paulo, is the home of several species of plants and birds with spaces for sports. Method: Through the installation of three trays with attractive; observations were made by the 12-month period. Results: It was observed 17 species of birds; 14 wild and 3 exotics. Discussion: We emphasize the importance of these spaces as safe havens for birds, important in urban pest control and consequent improvement in quality of life.
Keywords: Linear Parks, Birds, Plants, Lounge

Introdução

A ocupação e colonização do Brasil foram caracterizadas ao longo do tempo por ser realizada com ausência de planejamento e com a consequente degradação dos recursos naturais em particular, das águas e florestas. Observando a ocupação urbana brasileira, em médias e grandes cidades, nota-se que a preservação dos recursos naturais assim como o respeito pelas leis ambientais brasileiras vigentes não constituíram alvo de referência frente à expansão urbana (Moraes et al, 2009).

> Atualmente, os fundos de vales e entorno dos cursos d'água são considerados pela legislação ambiental brasileira como Área de Proteção Permanente (APPs) e pela lei, não deveriam ser locais de edificações, mas nas áreas urbanas, a realidade tem sido outra devido ao modelo de ocupação do solo até hoje adotado (Castro, 1997).

Dentro de um modelo de desenvolvimento que se preocupou muito pouco com o aspecto socioambiental, era de se esperar um total despreparo diante de novas tecnologias, através de um aumento da utilização do maquinário e principalmente de insumos agrícolas. Estes geraram como efeito colateral da modernização, não só uma degradação ambiental significativa, mas também o aumento assustador dos incidentes de contaminação humana (Alves & Oliveira-Silva, 2003).

Sob o ponto de vista ambiental, a relação das cidades com os sistemas naturais e com os recursos disponibilizados requer atenção, tendo em vista os impactos causados pelo consumo desses recursos para satisfazer as necessidades da população e pela produção de resíduos e esgotos que solicitam espaço para serem descartados e absorvidos. Considerando também a escala dos impactos associada à taxa populacional e à quantidade de área demandada pelas aglomerações urbanas, os danos causados sobre os sistemas naturais integram a problemática da cidade contemporânea (Friedrich, 2007).

> O padrão de urbanização imprimiu às metrópoles; apesar das especificidades regionais, ao menos duas fortes características associadas ao modo predominante de fazer "cidade": apresentam componentes de "insustentabilidade" associados aos processos de expansão da área urbana e de transformação e modernização dos espaços intra-urbanos; e proporcionam baixa qualidade de vida urbana à parcelas significativas da população (Grostein, 2001)

Assim, a cidade é fruto de intervenções privadas e estatais, que atuam no espaço através de investimentos estruturais e organizacionais, regulamentando os diversos interesses de poder e de classe, estabelecendo estratégias sociais e políticas, muitas vezes geradoras de segregações e exclusões sociais (Fortunato, 2012).

No que se refere a São Paulo, na primeira metade do século XIX, a cidade já contava com pouco mais de 20.000 habitantes e embora já apresentasse sinais de grande crescimento industrial; muita vegetação natural e intacta ainda era observada pelos arredores da cidade, hoje denominados de periferia. Porém, com o crescimento populacional constante, áreas verdes naturais dão lugar às casas e prédios comerciais; reduzindo muitas áreas de vegetação intactas e preservadas. Assim por volta de 1825; a cidade já apresentava sinais de desgaste ambiental, o que culminou com as primeiras preocupações com as áreas verdes. Desta forma, São Paulo ganhava o Jardim da Luz que mais tarde se transformaria no Parque da Luz. Estava então nascendo o primeiro parque municipal da cidade de São Paulo (SVMA-PMSP, 2010).

> De modo geral, os parques urbanos são locais com habitats potenciais para fauna e possibilitam estudar as relações de comunidades de animais em função das mudanças introduzidas pelo homem, como extensas alterações na vegetação, redução de habitat, perturbações associadas à proximidade com populações humanas, etc (Gavaresk, 1976).

Já em meados dos anos 80, ganharam força e tornaram-se boa opção de proteção das margens de rios e córregos ou ainda na ocupação de espaços estreitos e longos, os chamados Parques Lineares que, além disso, ajudam a reduzir a quantidade de lixo nestes locais criando novas possibilidades de laser (SVMA-PMSP, 2010)

No contexto mundial, o conceito de Parques Lineares apareceu no século XIX em um plano para a Cidade de Berlim. Criado por Lenné, um famoso paisagista e jardineiro da época, entre os anos de 1840 e 1850. Ele estabeleceu um sistema de parques e canais de comunicação com o rio Spree, integrando soluções para assegurar a navegabilidade e a defesa contra as cheias. Ele integrava o projeto de sistema de canais, como um elemento simultaneamente urbano e rural na cidade orientando a sua expansão e permitindo associar um conjunto de parques que constituíam elementos fundamentais na estrutura verde da cidade. O desenho dos canais e das margens envolvia objetivos estéticos (valorização das margens), funcionais (navegabilidade através de comportas) e ecológicos (nível freático adequado à vegetação do Tiergarten) (Saraiva *apud* Friedrich, 2007).

Hoje, em São Paulo, há mais de 20 Parques Lineares em atividade e outros 11 em fase de construção (SVMA-PMSP, 2010).

Entre as principais constatações a partir da implantação dos Parques Lineares é de que a vegetação que os compõe, além de garantir um ambiente urbano ecologicamente saudável, funciona como um sistema em harmonia com a fauna em especial na produção de alimentos e disponibilidade de abrigo, em especial para aves e pequenos animais. Nas copas das árvores, diferentes ninhos podem ser encontrados, justificando assim o crescente número de espécies que vivem nestes espaços. São mais de 600 mil novas árvores plantadas entre os anos de 2005 e 2009, favorecendo a biodiversidade da cidade, principalmente aves (SVMA-PMSP, 2010).

Objetivo

O objetivo deste trabalho foi apresentar os resultados de uma pesquisa realizada para identificar e quantificar o número de espécies de aves observadas no Parque Linear Gamelinha, na cidade de São Paulo.

Método

Área de Trabalho

O Parque Linear Gamelinha (Figura 1), está localizado na zona leste da cidade de São Paulo e instalado as margens do córrego Gamelinha; tem 4,5 km de extensão e margeia uma importante avenida que interliga vários bairros importantes da região.

Figura 01: Mapa de Localização do Parque Linear Gamelinha, zona leste de São Paulo.



Fonte: PMSP (2015), modificado por Carlos Biagolini.

Amostragem e identificação de avifauna

O levantamento de avifauna foi realizada em um trecho de 1,5 km do parque, e a visualização foi executada com o auxílio de binóculo bifocal marca Breaker-Cobra com aumento de até 7 vezes, além de câmera fotográfica marca Fuji modelo Finepix zoom 12 vezes.

Para facilitar a visualização foram instalados em pontos distintos do trecho estudado 3 bandejas (Figura 2) que foram abastecidas a cada 2 dias com frutas (principalmente mamão e banana) além de farelo para aves composto de diferentes sementes.

Figura 02: Bandejas instaladas em árvores para colocação de alimento



Fonte: arquivo pessoal Carlos Biagolini

Os principais pontos de observação ficaram localizados a aproximadamente 20 metros de cada bandeja com alimentos e as observações se realizaram pelo período de 12 meses seguidos, 3 vezes por semana e num período de 3 horas por dia, entre os horários das 6hs as 9h e das 16h as 19h, com os registros realizados por meio fotográfico e descrição das espécies observadas. Posteriormente, através das imagens, as espécies foram sendo identificadas ou confirmadas com a utilização de bibliografia especializada. Além dos pontos fixos (bandejas) foram também observados outros pontos aleatórios do parque.

A Tabela 01 apresenta os níveis de observação de cada espécie.

Tabela 01: Níveis de observações

Cores	Níveis de observação	Valores mínimos
	Alto	A partir de 3 x dia
	Médio	Mínimo de 1 x dia
	Baixo	Até 1 x por semana

Fonte: elaboração dos autores.

Resultados

Ao final do experimento, foram observadas 17 diferentes espécies de aves mostradas no Quadro 01.

Quadro 01: Espécies observadas no local de estudo.

Nome popular	Nome científico	Porte	Categoria/origem
Bem-te-vi	*Pitangus sulphuratrus*	médio	Silvestre (Brasil)
Beija-Flor	*Eupetomena macroura*	pequeno	Silvestre (Brasil)
Bico-de-Lacre	*Estrilda astrild*	pequeno	Exótico (África)
Cacatua Branca	*Cacatua alba*	médio	Exótico (Indonésia)
Cambacica	*Coereba flaveola*	pequeno	Silvestre (Brasil)
Carcará/Gavião	*Caracara plancus*	médio	Silvestre (Brasil)
Corruíra	*Troglodytes musculus*	pequeno	Silvestre (Brasil)
João-de-Barro	*Furnarius rufus*	pequeno	Silvestre (Brasil)
Pardal	*Passes domesticus*	pequeno	Exótico (Europa)
Periquito-Verde	*Brotogeris tirica*	médio	Silvestre(Brasil)
Rolinha	*Columbina talpacoti*	médio	Silvestre (Brasil)
Sabiá-Laranjeira	*Turdus rufiventris*	médio	Silvestre (Brasil)
Saíra-Amarela	*Tangara cayana*	pequeno	Silvestre (Brasil)
Sanhaço-Cinzento	*Tangara sayaca*	pequeno	Silvestre (Brasil)
Sanhaço-de-Coqueiro	*Thraupis palmarum*	pequeno	Silvestre (Brasil)
Tico-Tico	*Zonotrichia capensis*	pequeno	Silvestre (Brasil)
Vira-Bosta/Chupim	*Molothrus bonariensis*	médio	Silvestre (Brasil)

Fonte: elaboração dos autores.

Discussão

Os resultados obtidos apontam para um significativo número de espécies e número de indivíduos observados. Durante a realização da pesquisa, diversos ninhos foram observados nos galhos das árvores indicando estarem bem adaptados ao local, mesmo com a intensa movimentação pelo parque.

As aves observadas foram apenas de hábitos diurnos e não foram contabilizadas aves de hábitos noturnos como, por exemplo, corujas, que contribuem na redução de vetores; comuns neste tipo de ambiente localizados as margens de córregos.

A grande quantidade de aves no parque indica também a possibilidade de dispersão de sementes na região, podendo contribuir com o aumento da vegetação local e próxima, tais como terrenos desocupados, praças públicas ou parques públicos.

Sabendo-se que as aves em períodos de reprodução, são ávidas por alimentos ricos em proteínas para alimentação de seus filhotes, torna-se natural que a presença e manutenção de diferentes espécies no parque podem ajudar no controle de pragas urbanas como insetos, pequenos animais vertebrados e invertebrados.

Sendo o local frequentado por adultos e crianças, a presença de aves e sua observação, pode alavancar educação ambiental através da observação e do convívio com este grupo de seres vivos.

É importante ressaltar também que o plantio de árvores pela população, que em alguns casos podem ser de forma ecologicamente incorreta, sem obedecer a critérios de porte, tempo de vida, toxidade ou origem do vegetal; ainda assim, contribui com o aumento do número de árvores, melhorando a qualidade do ar, reduzindo níveis de ruído e ainda diversificando a alimentação disponível para as aves e outros animais que vivem nestes espaços.

Considerações Finais

Esta pesquisa aponta para a real necessidade de se transformar ambientes degradados em áreas de lazer e convívio social, através da arborização diversificada. Mostra também que a participação da comunidade local é importante para o sucesso de um projeto urbanístico não só no sentido de utilizá-lo, mas também na conservação deste tipo de ambiente através do plantio e cuidados com a vegetação. Por fim, é uma importante contribuição para a gestão pública no sentido de demonstrar como esses sistemas podem ajudar na preservação e conservação de áreas verdes urbanas.

Referências Bibliográficas

ALVES S.R.; OLIVEIRA-SILVA J. J. Avaliação de ambientes contaminados por agrotóxicos. In: PERES F., MOREIRA J. C. (org.). **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2003, p. 137-56.

CASTRO, P. **Parque Linear: a água como destaque na revitalização de rios no espaço urbano**. Projeto desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. Disponível em: <http://migre.me/qnyay>. Acesso em 05/03/2015.

FORTUNATO, I. Mooca, ou como a verticalização devora a paisagem e a memória de um bairro**. Revista Vitruvius** , v140.05, **ano 12, jan. 2012.**
Disponível em: < http://migre.me/qnybh>. Acesso em 21 maio 2015.

FRIEDRICH, D. **O Parque Linear como instrumento de planejamento e gestão das áreas de fundo de vale urbanas.** 2007. 273 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa De Pós - graduação Em Planejamento Urbano E Regional, Departamento de Faculdade De Arquitetura, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2007.

GAVARESKI, C.A. **Relation of park size and vegetation to urban BIRD populations in Seatle, Washington**. Ed. Condor, Washington, 1976. 375-382p.

GROSTEIN, M. D. Metrópole e Expansão Urbana; a persistência de processos insustentáveis. São Paulo, **Scielo Perspectiva**, vol. 15 n. 1 , 2001.

MORAES, I. C. et al. Expansão urbana e degradação de áreas de proteção permanente em zonas urbanas: o caso do córrego Conduta/ Rio Claro/SP. Anais. Congresso de Meio Ambiente da

AUGM. AUGM Ambiente 2009. In*:* **Universidade Federal de São Carlos**. São Carlos – SP. out. 2009.

PMSP. **Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano**. (MAPAS). Disponível em:< http://migre.me/qnybW>.Acesso em 21/05/2015.

SARAIVA, M.G.A.N. O **Rio como Paisagem: Gestão de Corredores Fluviais no Quadro do Ordenamento do Território**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para a Ciência e Tecnologia, Ministério da Ciência e Tecnologia, 1999.

SVMA-PMSP. **Guia dos Parques Municipais de São Paulo**, v2. 2010. 194p.
Disponível em:< http://migre.me/qnydk>Acesso em: 05/03/2015.

Avaliação preliminar das concentrações de COV no entorno do Polo Petroquímico de Capuava, Mauá – SP

Preliminary assessment of VOC concentrations in the vicinity of Petrochemical Capuava, Mauá - SP

Profa. Dra. Cláudia Boian[1]
Mônica Maria Brumatti[1]
Profa. Dr. Adalgiza Fornaro[2]

[1] CECS/UFABC, claudia.boian@ufabc.edu.br.
[2] Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP)

Submetido em 27/03/2015
Revisado em 04/04/2015
Aprovado em 05/05/2015

Resumo: Este trabalho teve por objetivo fazer uma avaliação preliminar dos Compostos Orgânicos Voláteis (COV) na região de influência do Polo Petroquímico de Capuava, Mauá, SP. As amostras de ar foram coletas em dois pontos: P1 (Universidade Federal do ABC, Santo André, SP) e P2 (Escola Estadual Profa. Sada Umeizawa, Mauá, SP). Estas coletas foram feitas em tubos TENAX TA, próprios para este fim, e analisadas em laboratório pelo método de cromatografia gasosa FID. As medidas foram realizadas após a passagem de uma frente fria, representando uma atmosfera limpa, sem a presença de plumas envelhecidas. Foram medidas concentrações baixas de COV, sendo que os de maiores concentrações foram em P1 (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano e trans-2-hexano) e P2 (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano, n-hexano). Com relação aos BTEX em P1 e P2 as maiores concentrações foram medidas para o tolueno e o m,p-xilenos. As análises das razões B/T e X/E mostraram que as fontes de emissão em ambos os pontos de medidas foram predominantemente veicular; estando em concordância com os dados meteorológicos de direção e velocidade dos ventos e do ponto de vista fotoquímico as plumas eram jovens, com as fontes próximas aos locais de medidas, conforme o esperado.
Palavras-chave: COV, hidrocarbonetos, poluição atmosférica, cromatografia gasosa.

Abstract: This study aimed to make a preliminary assessment of Volatile Organic Compounds (VOC) in the area of influence of the Petrochemical Capuava, Maua, SP. Air samples were collected at two points: P1 (Federal University of ABC, Santo André, SP) and P2 (State School Professor Sada Umeizawa, Maua, SP). These collections were made on TENAX TA tubes, suitable for this purpose, and analyzed in the laboratory by gas chromatography method FID. The measurements were performed after the passage of a cold front, representing a clean atmosphere without the presence of aged feathers. Were measured low concentrations of VOC, with the highest concentrations were in P1 (1,2,4-trimethylbenzene, BTEX, dodecane and trans-2-hexene) and P2 (1,2,4-trimethylbenzene, BTEX, n- dodecane, n-hexane). Regarding BTEX in P1 and P2 the highest concentrations were measured for toluene and m, p-xylenes. Analyses of the reasons B / T and X / E showed that the sources of emissions in both measurement points were predominantly serve; which is in accordance with the meteorological data of wind speed and direction and the photochemical standpoint the feathers were young, with sources close to local measures, as expected.
Keywords: VOC, hydrocarbons, smog, gas chromatography.

Introdução

Os compostos orgânicos voláteis (COV) são uma classe de contaminantes com características bastante diferenciadas do restante dos poluentes atmosféricos. O número de espécies orgânicas na atmosfera é elevado e as pressões de vapor de muitas delas fazem com que a transição de gás para partícula seja frequente. Assim, existe uma variedade de compostos orgânicos presentes simultaneamente como vapores e como partículas no ar ambiente. Por definição, um COV é uma substância cuja pressão de vapor a 20 ºC é inferior à pressão atmosférica normal ($1{,}013\times10^5$ Pa) e maior do que 130 Pa. O termo COV é, por vezes, estendido aos compostos semi-voláteis e engloba não só os hidrocarbonetos (HC, compostos de carbono-hidrogênio), mas também outras funções orgânicas, como, por exemplo, as que contêm oxigênio (aldeídos, cetonas, alcoóis, éteres, etc.), nitrogênio (aminas, etc.) cloro (PCBs, polivinilclorados). É também frequente utilizar o termo HC menos o metano (HCNM), uma vez que este último é, em geral, estudado separadamente (Alves et al., 2006). Os COV são também classificados em leves e pesados, sendo o primeiro aqueles que possuem até cinco carbonos na sua composição.

Os COV (excetuando o metano) são encontrados na troposfera em concentrações variando desde partes por bilhão (ppbv) até partes por trilhão (pptv), (Alves et al., 2006). Estes compostos na atmosfera urbana e industrial são provenientes principalmente da exaustão do motor de veículos e outros processos que utilizam a queima de combustíveis fóssil, armazenamento e distribuição de petróleo, o uso de solventes e outros processos industriais (Cetin, et al., 2003). As refinarias de petróleo e petroquímicas são geralmente instalações industriais grandes. Suas operações estão associadas com a emissão de vários compostos orgânicos na atmosfera, dentre eles o grupo dos COV aromáticos (benzeno, tolueno, etil benzeno e xilenos), coletivamente chamados de BTEX. Estes compostos são emitidos principalmente a partir dos processos de produção industrial, de armazenamentos em tanques e áreas de resíduos (Kalabokas et al.,

2001). Em áreas urbanas e industrializadas o grupo do BTEX, constitui mais de 60% dos COV (Tiwari et al., 2010). Ressalta-se que estes compostos apresentam efeitos tóxicos, cancerígenos e mutagênicos sobre a saúde humana (Zaccarelli-Marino, 2012), (Hsieh et al., 2006).

De um modo geral, inúmeros efeitos dos COV são reconhecidos, tais como a sua contribuição para a depleção do ozônio estratosférico, a formação do ozônio troposférico, os efeitos tóxicos e cancerígenos na saúde humana e o aumento do efeito estufa (Dewulf & Langenhove, 1999). No Brasil, apesar dos conhecidos efeitos adversos dos COV, não existem regulamentações para o controle de suas emissões (Junqueira, et al., 2005).

Na região da cidade de São Paulo, grande parte das emissões de poluentes atmosféricos é devida à imensa frota de veículos automotores (de diferentes idades), rodando com os mais diversos tipos de combustíveis (etanol, gasolina, diesel, GNV, mistura diesel/biodiesel). Porém a Região do Grande ABC (Santo André, São Bernardo, São Caetano do Sul, Mauá, Diadema, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra) apresenta singularidades porque além de uma frota significativa de veículos automotores, possui um forte caráter industrial. Na cidade de Mauá, que faz divisa com Santo André, existem dois polos industriais (Capuava e Sertãozinho) e um grande Polo Petroquímico onde está localizada a refinaria da Petrobrás de Capuava (RECAP). Estes polos transformaram a cidade de Mauá em um dos maiores parques industriais do país. O Polo Petroquímico de Capuava dista cerca de 6 km da região central de Santo André, Figura 1.

Figura 01: Localização geográfica do Polo Petroquímico de Capuava com relação à Universidade Federal do ABC (UFABC) e o centro de Santo André (SP).



Fonte: google maps.

A RECAP tem uma capacidade instalada de 49 mbbl/dia (milhões de barris/dia), produzindo principalmente os seguintes derivados do petróleo: propeno, gás liquefeito de petróleo (GLP), gasolina, óleo diesel metropolitano (que apresenta baixo teor de enxofre) e solventes especiais, Petrobrás, (2013). A RECAP apresenta uma peculiaridade com relações a demais, por ser a única com localização no entorno de área residencial e por estar inserida numa planta industrial de manufaturados de subprodutos de petróleo, ocupada por 14 indústrias produzindo polietileno e polipropietileno, a partir da destilação da nafta e várias substâncias intermediárias que são usadas como matéria prima para a manufatura de outros produtos (Zaccarelli-Marino, 2012).

Poucos estudos sobre a poluição atmosférica na região do ABC e seus impactos foram desenvolvidos. Podemos citar os trabalhos de (i) Saiki, et al., (2006) que utilizaram espécies de liquens para fazer um biomonitoramento da poluição atmosférica no município de Santo André. De acordo com este estudo existem regiões no município onde a poluição está mais concentrada, na região de Capuava foram medidas as maiores concentrações de As, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Fe, La, Na, Sb, Sc, U e Zn; (ii) Savóia et al., 2009 fizeram um biomonitoramento dos riscos genotóxicos, utilizando bioensaios TRAD-MCN, desenvolvido com a espécie

Tradescantia pallida "Purpurea", em períodos do ano aonde os riscos são maiores e em áreas da cidade de Santo André contaminadas por diferentes poluentes atmosféricos. Os resultados mostraram que as condições do meio ambiente observadas nas regiões urbanizadas e industrializadas de Santo André são desgastantes o suficiente para promover o aumento do dano cromossômico em células polens mãe na inflorescência da *Tradescantia pallida* "Purpurea".

Apesar de diversos estudos na Região Metropolitana de São Paulo acerca da poluição atmosférica, poucas informações tratam sobre a singularidade da região do Grande ABC. A motivação para o desenvolvimento deste trabalho veio: (i) da falta de estudos mais específicos sobre a problemática da poluição do ar para a Região do Grande ABC, levando em conta a vocação industrial deste local e a presença de um grande Polo Petroquímico nas adjacências, aliados ao crescente contingente de emissões por fontes veiculares, que integram o inventário de emissões da região; (ii) da inexistência de medidas de COV para a Região do Grande ABC. Por serem as primeiras medidas de COV na região e no entorno do Polo Petroquímico de Capuava, esperamos com este trabalho realizar uma avaliação preliminar da área de estudo e fornecer subsídios para estudos futuros mais detalhados sobre a influência das emissões do Polo Petroquímico na qualidade do ar e na saúde humana na região de Santo André e Mauá, SP.

Objetivo

Fazer uma avaliação preliminar dos COV na região de influência do Polo Petroquímico de Capuava.

Área de Estudo

A área de estudada compreende os pontos de amostragem de ar nas cidades de Santo André, SP e Mauá, SP. Estes pontos foram escolhidos de forma a representar as emissões: (i) numa região próxima ao Polo Petroquímico e com contribuição significativa de fontes móveis (P1 – UFABC, localizada na Avenida

dos Estados, corredor de ligação entre as cidades do Grande ABC (Mauá, Santo André e São Caetano) e São Paulo, localizado a cerca de 5 Km à noroeste do Polo (Figura 1) ; (ii) na área de influência do Polo Petroquímico de Capuava (P2 – Escola Estadual Profa. Sada Umeizawa), que dista cerca de 2 Km à sudeste do mesmo.

Metodologia de Trabalho

A amostragem de ar para posterior análise dos COV é realizada por tubos TENAX TA, uma resina de polímero especificamente concebida para a retenção de compostos voláteis e semi-voláteis na atmosfera (Seeley, et al., 2005). Neste trabalho a entrada de ar para os tubos foi feita com o auxílio de uma bomba a vácuo (método ativo), utilizando um fluxo constante (0,3 L/min) à baixa pressão, com o período de coleta de uma hora.

Após a dessorção térmica as amostras são analisadas em laboratório pelo método de cromatografia gasosa com detector FID - *Flame Ionization Detector* (Silveira, 2009). O detector é um dispositivo que qualifica e/ou quantifica os componentes separados pela coluna cromatográfica. No detector FID a amostra é queimada em chama de hidrogênio e oxigênio, e é gerada uma corrente elétrica que é proporcional à concentração de analito, em seguida a corrente passa por um conversor de sinal e é registrado (Silva et. al, 2004).

As amostras foram analisadas no Laboratório de Análise de Processos (LAPAT), no IAG/USP, utilizando a técnica de cromatografia com detector FID. Foi utilizado um sistema cromatográfico - Perkin Elmer com dois detectores de ionização de chama (CG/FID modelo Clarus 500), acoplado a um módulo de dessorção térmica. O duplo sistema CGFID contêm dois detectores FID e duas colunas analíticas: coluna PLOT (Porous Layer Open Tubular) para a fração mais volátil separada e coluna de BP-1 metil silicone para os HC menos voláteis.

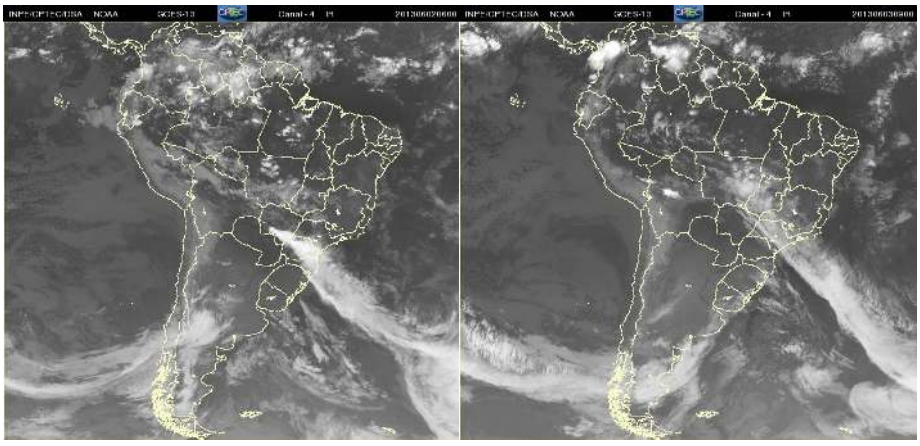
Cada cartucho TENAX TA é automaticamente transferido para um sistema de dessorção térmica controlada. Todo vapor gerado passa primeiro por

uma coluna de metil-silicone (50m x 0,22m x 1 μm), da qual a partir do controle de tempo, do fluxo e da temperatura, a amostra é direcionada para duas colunas distintas, a PLOT e a BP1, para separação dos HC mais e menos voláteis, respectivamente. No total foram determinados 36 HC pesados.

Resultados e Discussões

As amostragens de ar foram realizadas nos dias 04 e 05 de junho de 2013, nos pontos P1 e P2, respectivamente. As amostras foram coletadas a cada 1h, no período das 8h15min até 11h15min, numa condição meteorológica pós-frontal (após a passagem de uma frente fria), conforme mostram as imagens de satélite da Figura 2 (a e b).

Figura 02: Imagens do satélite GOES - 13, no infravermelho para: (a) 02/06/2013, 0:00 UTC; (b) 03/06/2013 9:00 UTC.



(a) (b)

Fonte: CPTEC/INPE, (2013).

Para o período de amostragem do ar foram utilizados os dados meteorológicos (temperatura, precipitação, direção e velocidade do vento) provenientes da Estação CETESB de São Caetano do Sul, SP – SCS (distante cerca de 7,5 km com relação ao Polo Petroquímico, na direção nordeste) e da Estação Meteorológica do IAG/USP, Água Funda, SP (distante cerca de 15 km com relação

ao Polo Petroquímico, na direção oeste). Os parâmetros meteorológicos para os dias 04 e 05/06/2013 são mostrados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 01: Dados meteorológicos da Estação Meteorológica IAG/USP, Água Funda, SP e da CETESB São Caetano do Sul, SP – SCS para 04/06/2013.

04/06/2013					
Horário	Temperatura Média (°C) - Estação Meteorológica IAG/USP	Precipitação (mm) - Estação Meteorológica IAG/USP	Direção dos ventos - CETESB SCS	Velocidade (média) dos ventos (m/s) - Cetesb SCS	RADG (Radiação Geral Global) W/m²
8:00-9:00	14,4	0	NO	0,7	265
9:00-10:00	17,0	0	O	1,2	435
10:00-11:00	17,4	0	ENE	1,1	490

Tabela 02: Dados meteorológicos da Estação Meteorológica IAG/USP, Água Funda, SP e da CETESB São Caetano do Sul, SP – SCS para 05/06/2013**.**

05/06/2013					
Horário	Temperatura Média (°C) - Estação Meteorológica IAG/USP	Precipitação (mm) - Estação Meteorológica IAG/USP	Direção dos ventos - CETESB SCS	Velocidade (média) dos ventos (m/s) - Cetesb SCS	RADG (Radiação Geral Global) W/m²
8:00-9:00	17,2	0	ESSE	1,4	324
9:00-10:00	18,5	0	SE	1,6	498
10:00-11:00	19,9	0	SE	1,6	627

As Figuras 3 a 4 mostram, respectivamente, as concentrações dos HC pesados para os pontos de amostragem P1 e P2.

Figura 03: Concentração de HC pesados em P1.

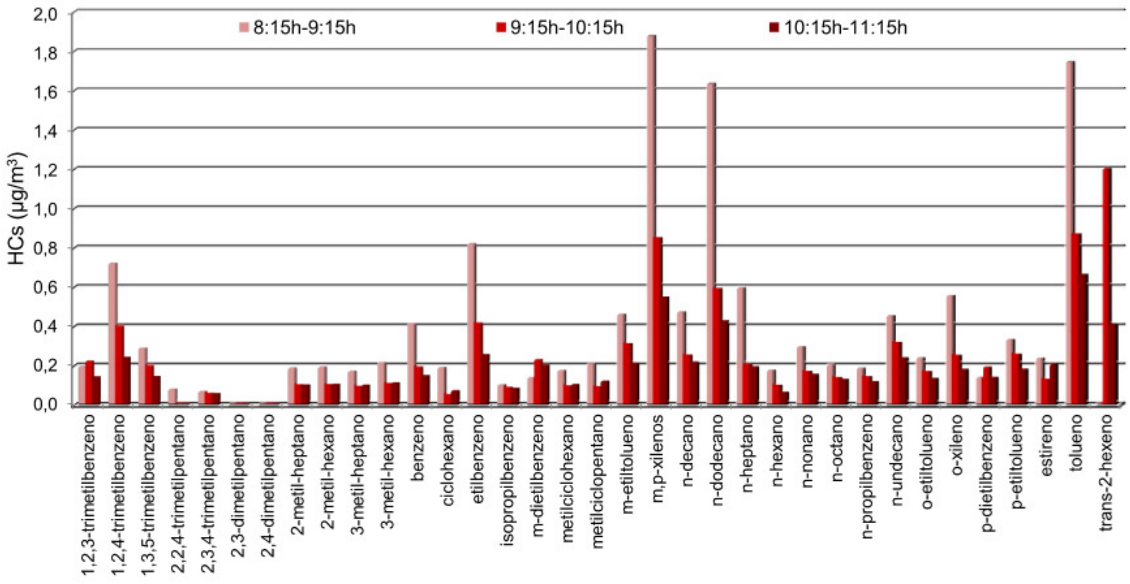
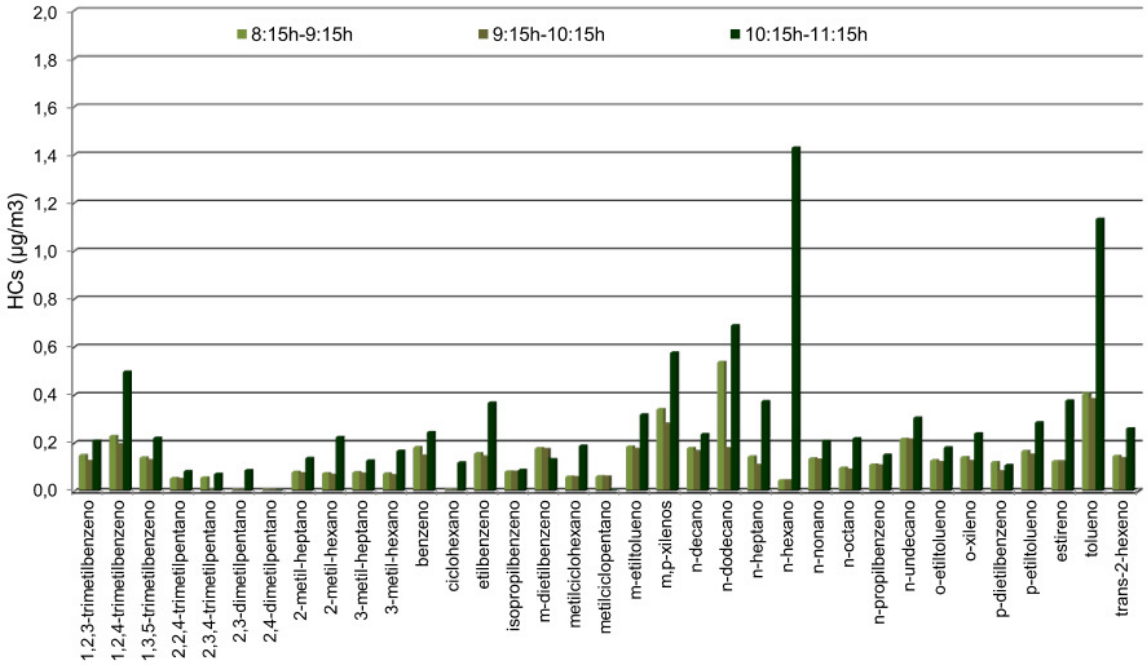


Figura 04: Concentração de HC pesados em P2.



As concentrações mais elevadas foram medidas em P1 e os HC com valores mais elevados foram: **P1** (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano e trans-2-hexano) e **P2** (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano, n-hexano), Como as amostragens foram realizadas após a passagem de uma frente fria, espera-se uma atmosfera mais limpa (sem a presença de plumas envelhecidas) sob a influência das emissões locais. De acordo com os dados meteorológicos de direção e velocidade do vento (ver Tabela 1), o ponto P1 estava sob a influência de parcelas de ar vindas de áreas urbanas (São Caetano do Sul e Santo André), passando pela região da Avenida do Estado que representa uma fonte significativa de emissões veiculares (fluxo médio de veículos de 12.000 veículos/h, Proieti, 2013). Em P2, de acordo com os dados de direção e velocidade de vento (ver Tabela 2) as parcelas de ar presentes no local de amostragem durante a medição não estavam sob a influência das emissões do Polo Petroquímico de Capuava.

Em P1 as concentrações diminuíram com o tempo e em P2 observou-se o contrário. Como as concentrações dos HC em uma parcela de ar em área urbana

podem decrescer por dispersão, deposição e reações químicas ou aumentar em função de emissões recentes, entende-se que em P1 as reações químicas estejam consumindo rapidamente os HC e em P2 os aumentos em função do tempo sejam devido às emissões recentes.

Conforme mencionado neste trabalho, o BTEX corresponde a um grupo importante de HC, assim analisamos estes compostos com mais detalhes. As Figuras 5 e 6 mostram as concentrações horárias dos BTEX em P1, P2, respectivamente.

Figura 05: BTEX em P1.

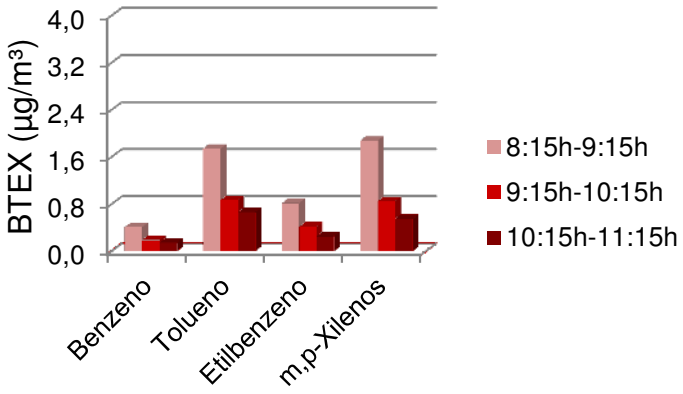
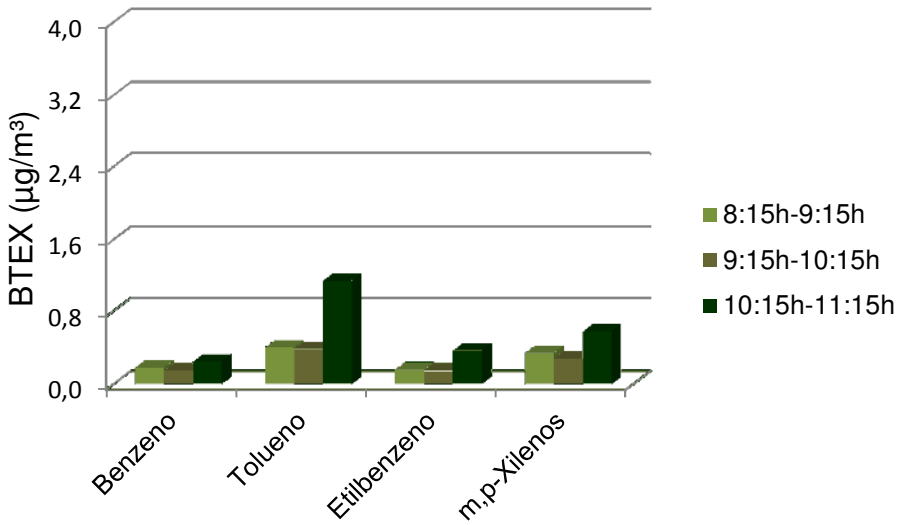


Figura 06: BTEX em P2.



Com relação aos BTEX, em P1 e P2 as maiores concentrações foram medidas para o tolueno e o m,p-xilenos.

A razão benzeno/tolueno (B/T) pode ser usada para estimar a origem das fontes; se essa razão estiver entre 0,2 e 0,5 às emissões predominantes podem ser consideradas de origem veicular (Martins et al., 2008). A Tabela 3 mostra valor médio destas razões em P1 e P2. Com base nos resultados podemos inferir que em ambos os pontos de amostragem a fonte predominante é veicular, estando em concordância com a análise dos dados meteorológicos (ver Tabelas 1 e 2).

A razão m,p-xilenos/etilbenzeno (X/E) é usada como um indicativo da idade fotoquímica da pluma, isto porque o etilbenzeno tem um tempo de vida longo (cerca de 1,6 dia), sendo menos reativo em contraposição aos xilenos que são os mais reativos (tempo de vida entre 11-20h), Ho et al., (2004). Esta razão também é utilizada para indicar a distância entre o ponto de coleta e a fonte. Nos pontos P1 e P2 os valores médios foram 2,2 e 1,8, respectivamente (Tabela 3), indicando uma pluma jovem do ponto de vista fotoquímico e que as fontes de emissão estão próximas ao local de medida. De acordo com Martins, (2008) para São Paulo os valores da razão X/E, para diferentes fontes de emissão, obtidas em diferentes estudos estão geralmente entre 2,8 e 4,6.

Tabela 03: Razões Benzeno/Tolueno (B/T); m,p-Xilenos/Etilbenzeno (X/E) em P1 e P2.

Local	B/T	X/E
P1	0,2	2,2
P2	0,3	1,8

Considerações Finais

Este trabalho teve por objetivo caracterizar os COV na região de influência do Polo Petroquímico de Capuava. Ressaltamos que se trata de uma avaliação preliminar, em que foram realizadas pela primeira vez medidas de COV na Região

do Grande ABC. Assim, esperamos que este trabalho forneça subsídios para estudos futuros sobre a influência das emissões do Polo Petroquímico na qualidade do ar na região de Santo André e Mauá.

As medidas foram realizadas após a passagem de uma frente fria, representando uma atmosfera limpa, sem a presença de plumas envelhecidas. Foram medidas concentrações baixas de HC, sendo que os de maiores concentrações foram em P1 (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano e trans-2-hexano) e P2 (1,2,4 trimetilbenzeno, BTEX, n-dodecano, n-hexano).

Em P1 as concentrações diminuíram com o tempo e em P2 observou-se o contrário. Como as concentrações dos HC em uma parcela de ar em área urbana podem decrescer por dispersão, deposição e reações químicas ou aumentar em função de emissões recentes, entende-se que em P1 as reações químicas estejam consumindo rapidamente os HC e em P2 os aumentos em função do tempo sejam devido às emissões recentes.

Com relação aos BTEX, em P1 e P2 as maiores concentrações foram medidas para o tolueno e o m,p-xilenos. As análises das razões B/T e X/E mostraram que as fontes de emissão em ambos os pontos de medidas foram predominantemente veicular, estando em concordância com os dados meteorológicos de direção e velocidade dos ventos e do ponto de vista fotoquímico as plumas eram jovens, com as fontes próximas aos locais de medidas, conforme o esperado.

Referências

ALVES, C.; PIO, C.; GOMES, P. Determinação de hidrocarbonetos voláteis e semi-voláteis na Atmosfera, **Química Nova**, v. 29, n. 3, p.477-488, Portugal, 2006.

CETIN, E.; ODABASI ,M.; SEYFIOGLU, R. Ambient Volatile Organic Compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. **Science of The Total Environment**, v. 312, p. 103-112. Turquia, 2003.

CPTEC/INPE – **Imagens do Satélite GOES-13 para o Infravermelho**. < http://migre.me/qnifH>, Último acesso em 17/09/2013.

DEWULF, J.; LANGENHOVE, H.V. Antropogenic volatile organic compounds in ambient air and natural waters: a review on recent developments of analytical methodology, performance and interpretation of field measurements. **Journal of Chromatography A**, n. 843, p. 163-177, 1999.

HO, K.F.; LEE, S.C.; GUO, H.; TSAI, W.Y. Seasonal and diurnal variation of volatile organic compounds (VOCs) in the atmosphere of Hong Kong. **Science of the Total Environment. v. 322, p.155-166, 2004.**

HSIEH, L.,L.; CHANG, C.C.; SREE, U.; LO, J.G. Determination of volatile organic compounds in indoor air of buildings in nuclear power plants, Taiwan. **Water Air and Soil Pollution***,* v. 170, p.107-121, 2006.

JUNQUEIRA, T. L., ALBUQUERQUE, E. L. e TOMAZ, E. Estudo sobre os compostos orgânicos voláteis em Campinas – SP. **VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, UNICAMP, 2005.

KALABOKAS, P.D.; HATZIANESTIS, J.; BARTZIS, J.G.; PAPGIANNAKOPOULOS, P. Atmosferic concentrations of satured and aromatic hydrocarbons around a Greek oil refinery. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 14, p. 2545-2555, 2001.

MARTINS, L.D.; ANDRADE, M.F.; YNOUE, R.Y.; ALBUQUERQUE E.L.; TOMAZ, E.; VASCONCELOS, P.C. Ambiental volatile organic compounds in the megacity of São Paulo, **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2009-20013, 2008.
PETROBRÁS, **Dados de refinarias** <http://migre.me/qnj1j>, último acesso em 18/09/2013.

PROIETI, C. Av. dos Estados é a 1ª em ranking de acidentes. **Diário do Grande ABC**. Disponível em <http://migre.me/qnj1I> Último acesso em 20/09/2013.

SAIKI, M.; ALVES, E.R.; MARCELLI, M.P. Analysis of lichen species for atmospheric pollution biomonitoring in the Santo André municipality, São Paulo, Brazil. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 273, n. 3, p. 543-547, DOI:10.1007/s10967-007-0906-6, 2007.

SAVÓIA, E.J.L.; DOMINGOS, M.; GUIMARÃES, E.T.; BRUMATI, F.; SALDIVA, P.H.N. Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, São Paulo, Brazil, through Trad-MCN bioassay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n. 72, p.255-260, 2009.

SEELEY, I.; TIPLER, A.; CROSSER, Z. Ozone precursor analysis Using the TurboMatrix Thermal Desorption GC System, **Manual Técnico Perkin Elmer**, Estados Unidos, 2005.

SILVA, J. C. R.; BELVEDERE, P.; RUSSO, P.; CONTADORI, A. S.; LEITE, D. W.; LANÇAS, F. M. Desenvolvimento de um Mini Detector de Ionização de Chama, **Revista Analytica**, n. 10, p. 30-35, Brasil, 2004. Ultimo acesso em 14/12/2012. Disponível em < http://migre.me/qnj1V >.

SILVEIRA, K. C. **Produção e Caracterização de Monoglicerídeos a partir do Biodiesel**, Trabalho de Conclusão de Curso em Química, Porto Alegre, p. 34, Universidade Federal do RS, 2009. Ultimo acesso em 14/12/2012. Disponível em < http://migre.me/qnj28>.

TIWARI, V.; HANAI, Y.; MASUNAGA, S. Ambient levels of volatile organic compounds in the vicinity of petrochemical industrial area of Yokahama, Japan. **Air Qual Atmos** Health, n.3, p.65-75, DOI 10.1007/s1 1869-009-0052-0, 2010.

ZACARELLI-MARINO, M. A. Chronic Autoimmune Thyroiditis in Industrial Areas in Brazil: A 15-Year Survey**. J Clin Immunol**, DOI 10.1007/s10875-012-9703-2 2012.

Contribuições para o perfil do profissional de sustentabilidade

Contributions to the sustainability professional profile

José Felipe Godoy Mello de Lima[1]
Prof. Dr. Júlio César Pereira[1]
Prof. Dr. Ricardo Coser Mergulhão[1]

[1] MBA em Gestão Ambiental e Sustentabilidade da UFSCar-Sorocaba, felipe.gmdelima@gmail.com

Submetido em 27/03/2015
Revisado em 09/04/2015
Aprovado em 09/05/2015

Resumo: A partir de novas linhas de pensamento sobre a relação do ser humano com o meio ambiente surgem diversos profissionais instigados a se especializar para trabalhar em organizações, com o intuito de colaborar para a transformação social necessária à humanidade, conciliando o desenvolvimento econômico com corresponsabilidade socioambiental. O presente artigo tem como objetivo contribuir para entender o perfil do profissional de sustentabilidade. Por meio de uma pesquisa quantitativa, constatou-se que o perfil está diretamente relacionado com os preceitos básicos do desenvolvimento sustentável: valores, mudança de paradigmas, preservação do meio ambiente e na manutenção da qualidade de vida para as presentes e futuras gerações. Constatou-se, ainda, que o profissional de sustentabilidade é predominantemente jovem, do sexo feminino e residente no estado de São Paulo. Sua formação é basicamente em especialização e pós-graduação em sustentabilidade e suas características mais relevantes são conhecimento em sustentabilidade e participação ativa em projetos e atividades com foco em sustentabilidade.
Palavras-chave: sustentabilidade, mercado de trabalho, perfil profissional, área de atuação.

Abstract: Based on new thoughts about the relationship between humans and the environment, new professionals have emerged and are interested in specialising with the intention to work in organizations and to collaborate for social changing required for humanity. These changes aim to reconcile economic development and environmental responsibility. The objective of this paper is to contribute to understanding the profile of a professional in the sustainability area. A quantitative research showed the profile is directly linked to basic precepts of the sustainable development: values, changing of paradigms, environment preservation and maintenance of life quality for the present and future generations. The professionals of the sustainability area are predominantly young, female and residents of São Paulo state. They are mostly post graduates from the sustainability area and their characteristics most relevant is their expertise in sustainability and active participation in activities and projects focusing in the sustainability area.
Key-words: sustainability, labor market, professional profile, practice area.

Introdução

O crescimento populacional e a demanda cada vez mais crescente por recursos naturais faz surgir, principalmente em meados de 1970, a partir de eventos como Clube de Roma e a Conferência de Estocolmo, novas linhas de pensamento sobre a relação da humanidade com o Meio Ambiente.

Segundo Meadows (1972) as previsões alarmantes do Clube de Roma, em 1972, sobre a exaustão dos recursos não renováveis, que podiam estabelecer limites ao crescimento, motivaram uma conscientização sobre a necessidade de proteger o meio ambiente na busca de um desenvolvimento mais justo e racional. Jacobi (2005), afirma que no mesmo ano a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu a Conferência de Estocolmo, que discutiu a questão ambiental em âmbito planetário, e inseriu a discussão ambiental na agenda internacional. Em seguida, a ONU (1988), por meio do Relatório de Bruntdland, define o termo desenvolvimento sustentável como "aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades".

Nesse contexto, destaca-se também a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, evento ambiental marcante para o Mundo e especialmente para seu país sede, o Brasil. Também conhecida como Eco 92, teve como principal documento, a divulgação do programa Agenda 21, cujos objetivos e diretrizes contribuíram de maneira determinante para que órgãos públicos e empresas começassem a se preocupar mais com a sustentabilidade, adaptando-se a um novo paradigma, baseado na preservação dos recursos naturais e em uma ética global.

De acordo com o site da ONU Brasil (2015), na Agenda 21, os governos delinearam um programa detalhado para afastar o mundo do atual modelo insustentável de crescimento econômico, direcionando para atividades que protejam e renovem os recursos ambientais, no qual o crescimento e o desenvolvimento dependem. As áreas de ação incluem: proteger a atmosfera;

combater o desmatamento, a perda de solo e a desertificação; prevenir a poluição da água e do ar; deter a destruição das populações de peixes e promover uma gestão segura dos resíduos tóxicos.

Recentemente, por meio do evento Rio+20 realizado no Rio de Janeiro, a ONU reforçou através do conceito de Economia Verde, a ideia de que é possível e necessário conciliar lucratividade com manutenção da qualidade do meio natural e a eliminação da desigualdade social. Segundo Unep (2011): "O objetivo-chave de uma transição para uma economia verde é eliminar os *trade-offs* entre crescimento econômico e investimento e os ganhos em qualidade ambiental e inclusão social".

Os vários debates e conferências ocorridos, o esgotamento dos recursos naturais e a desigualdade social proporcionam um panorama socioeconômico, no qual surgem diversos profissionais de diferentes áreas, instigados a se especializar para trabalhar em organizações públicas e privadas, com o intuito de colaborar para a transformação social necessária à humanidade, conciliando o desenvolvimento econômico com corresponsabilidade socioambiental.

Segundo Buenafuente e Santos,

> novos perfis de profissionais foram fomentados a partir da expansão do processo de globalização e da relação meio ambiente e desenvolvimento. Para atender a essa condição, as corporações intensificaram a adoção de processos adaptativos às práticas sustentáveis. Necessitava-se de profissionais com grandes possibilidades de se adaptarem a inovação tecnológica, a comunicação, ao gerenciamento moderno, e principalmente que tivessem condições de ter um domínio transversal das relações humanas e suas implicações com o mercado e com a sociedade (Buenafuente & Santos, 2010, p. 2).

Considerando esse contexto político e econômico e as novas exigências do atual mercado de trabalho, o presente artigo tem como objetivo geral contribuir para entender o perfil dos profissionais de sustentabilidade. Como objetivos específicos pretende-se: i) Identificar quem são esses profissionais: suas principais características e formação; ii) Verificar as áreas de atuação desse profissional: onde trabalham, principais funções e em quais temas têm interesse para aperfeiçoamento;

iii) Identificar como esses profissionais entendem sustentabilidade e; iv) Quais são as dificuldades, desafios e oportunidades para esses profissionais no mercado.

A justificativa é a importância atribuída ao profissional de sustentabilidade como agente transformador nas diversas instituições existentes e para manutenção da qualidade de vida no planeta Terra para as futuras gerações. Deve-se ressaltar a dificuldade em se compreender quem é esse profissional, devido a abrangência de conceitos relacionados à sustentabilidade e variedade de profissionais atuantes nessa área, bem como a escassez de pesquisas relacionadas.

Métodos

Para melhor entender o perfil do profissional de sustentabilidade e atingir os objetivos propostos, a metodologia utilizada foi baseada em uma análise sobre um conjunto de dados resultante de pesquisa quantitativa e questões fechadas, realizada pela Associação Brasileira dos Profissionais de Sustentabilidade (ABRAPS). Para a análise dos dados resultantes, foram empregadas as técnicas de estatística descritiva, isto é, tabelas de frequências e análise gráfica (Bussab & Morettin, 2005). Deve-se ressaltar que os critérios para seleção das questões analisadas foram a porcentagem de respostas obtidas em cada questão – somente aquelas com mais 90% de adesão – e a pertinência das mesmas para os fins deste estudo.

A pesquisa foi realizada no ano de 2011 e os respondentes são provenientes de um banco de dados pertencente à ABRAPS e seus cofundadores. Além desses, outros também puderam ter acesso por meio de um link da pesquisa na internet, disponível no site da ABRAPS e no grupo Sustentabilidade Brasil. Por meio de uma plataforma online coletou-se 283 respostas e entre os respondentes estão profissionais de sustentabilidade que trabalham em empresas, consultoria, universidades, entre outros. Em relação à ABRAPS é importante destacar que a mesma surgiu em setembro de 2011, com o propósito de representar um segmento

de mercado profissional que está cada vez mais em evidência: o profissional de sustentabilidade.

Segundo a ABRAPS (2015),

> A Abraps - Associação Brasileira dos Profissionais de Sustentabilidade é uma instituição sem fins lucrativos, empenhada em fortalecer a atuação do profissional que atua com os princípios da sustentabilidade. A entidade busca contribuir com o fortalecimento dessa atividade, por meio do estímulo à conexão e à troca de experiências entre os associados, da participação e realização de eventos, do fomento à construção e disseminação de conhecimento, da disponibilização de produtos serviços e oportunidades e da representação formal desses profissionais na defesa de seus interesses, para tornar a atividade legítima e reconhecida na sociedade (ABRAPS, 2015).

Resultados e Discussões

Quem são os Profissionais que trabalham com Sustentabilidade

As questões descritas nas Tabelas 1, 2 e 3 foram escolhidas para entender quem são os profissionais de sustentabilidade, a partir de suas informações básicas pessoais. Para tanto, selecionou-se as questões referentes ao sexo, estado onde reside e idade.

Tabela 01: Sexo do profissional de sustentabilidade

Sexo	Frequência de respostas por item	% pelo total de respostas
Masculino	114	40,28%
Feminino	152	53,71%
Não Respondidas	17	6,01%
Total:	283	100,00%

Tabela 02: Em qual estado reside o profissional de sustentabilidade

Estado de residência	Frequência de respostas por item	% pelo total de respostas
Ceará	5	1,77%
Minas Gerais	21	7,42%
Paraná	11	3,89%
Pernambuco	6	2,12%
Rio de Janeiro	24	8,48%
Rio Grande do Sul	9	3,18%
Santa Catarina	7	2,47%

São Paulo	157	55,48%
Não Respondidas	21	7,42%
Total:	283	100,00%

Tabela 03: Qual a idade do profissional de sustentabilidade

Idade	Frequência de respostas por item	% pelo total de respostas
Até 20 anos	6	2,12%
21 a 25 anos	19	6,71%
26 a 30 anos	55	19,43%
31 a 35 anos	50	17,67%
36 a 40 anos	29	10,25%
41 a 45 anos	38	13,43%
46 a 50 anos	36	12,72%
51 a 55 anos	20	7,07%
56 a 60 anos	17	6,01%
Acima de 60 anos	9	3,18%
Não Respondidas	4	1,41%
Total:	283	100,00%

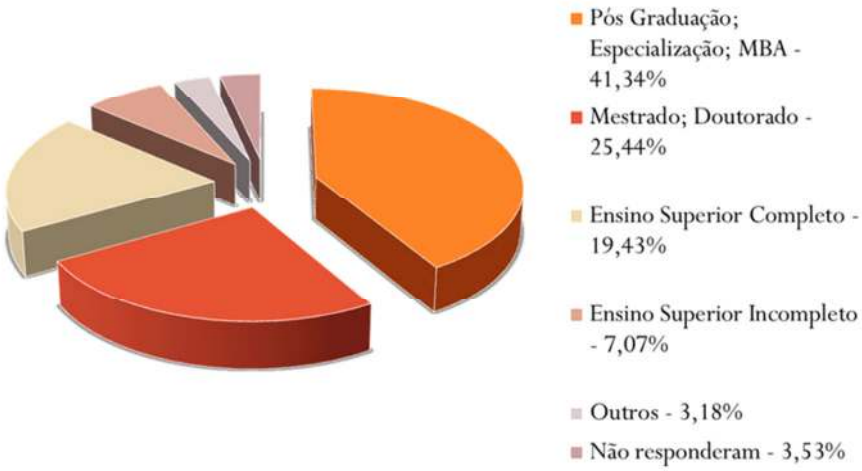
Ao analisar a tabela 03 percebe-se que, por ser uma área ainda recente, há uma predominância de jovens entre os profissionais de sustentabilidade – mais de 40% têm entre 20 e 35 anos. A tabela 02 revela o número majoritário de profissionais residentes no estado de São Paulo (mais de 55%), reconhecidamente a região mais dinâmica em termos de indústrias e negócios no Brasil. Contudo, é importante ressaltar que o fato da sede ABRAPS estar situada no município de São Paulo também pode ter influenciado neste resultado.

Em relação à tabela 01, é interessante notar que há quase 15% a mais de profissionais do sexo feminino do que do sexo masculino trabalhando com sustentabilidade. As mulheres, principalmente, entre os jovens vêm ganhando força no mercado de trabalho e em muitos casos, como neste segmento, já representam maioria.

Nos gráficos das Figuras 1 e 2 pretende-se elucidar a formação dos profissionais que atuam com sustentabilidade. Esses dados são de suma importância, pois esclarecem como e onde esses profissionais estão buscando se preparar para esse novo mercado de trabalho. A princípio, ajuda a compreender

também, a partir dos cursos de formação, em qual segmento de mercado são – ou poderão - ser mais atuantes.

Figura 01: Gráfico sobre grau de instrução do profissional de sustentabilidade



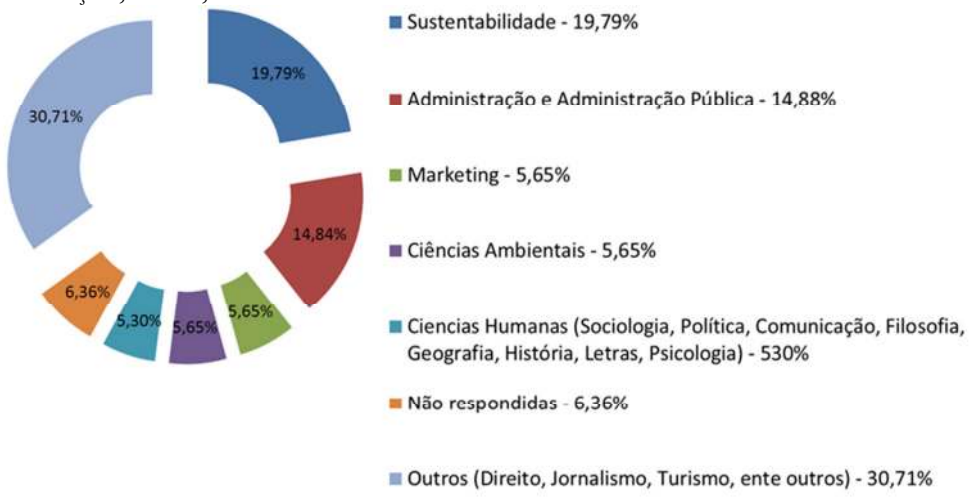
Observa-se no gráfico da Figura 1 que a maioria dos respondentes têm pós graduação (quase 70%, considerando mestrado, doutorado, especialização e MBA). Contudo, apesar de muitos cursarem especialização e MBA (cerca de 40%), relativamente poucos continuam na área acadêmica (apenas 25,44%) restringindo-se apenas ao Latu Sensu.

Esse fato pode ser elucidado pelo perfil preponderantemente mercadológico desses profissionais que, portanto, tendem a dar menos atenção para a carreira acadêmica que exige mais tempo e muitas vezes dedicação exclusiva. No entanto, outro fator que também deve ser relevado é o perfil jovem desses profissionais – conforme constatado na Tabela 03 -, e o tempo de duração de um mestrado seguido de doutorado - em média 6 anos de duração. Assim, pode-se inferir que há possibilidade desses jovens ainda estarem cursando ou se interessarem por esses cursos posteriormente, quando estiverem mais estabilizados no mercado.

O gráfico representado na Figura 2 demonstra que aqueles que atuam com sustentabilidade têm em sua maioria formação de pós graduação específica nessa

área (mais de 19% deles), o que corrobora para a ideia de que o perfil deste profissional tem atributos peculiares à sua área de atuação, não podendo ser compreendido apenas por meio de outras áreas – como o administrador sustentável ou o biólogo sustentável por exemplo.

Figura 02: Gráfico sobre qual área o profissional de sustentabilidade faz ou concluiu a Pós-graduação, especialização, MBA, mestrado ou doutorado



No entanto, a necessidade de entender o mercado e aplicar ferramentas de gestão estratégica para a sustentabilidade contribuem para que cursos de administração e administração pública sejam os que melhor se adaptam ao perfil do profissional de sustentabilidade, estabelecendo-se como o segundo mais frequentado pelo mesmo com 14,88% das respostas.

A tabela 04, diz respeito às características mais importantes ao profissional de sustentabilidade. As duas alternativas mais respondidas foram a formação teórica na área com 20,41% e atuação em iniciativas e processos com foco na sustentabilidade com 19,20%. Essas duas características podem ser traduzidas em dois requisitos específicos e essenciais para o profissional de sustentabilidade: conhecimento profundo em desenvolvimento sustentável e proatividade.

Tabela 04: Características consideras ais importantes pelo profissional de sustentabilidade

Características consideras ais importantes pelo profissional de sustentabilidade	Frequência de respostas por item	% pelo total de respostas
Ter formação teórica na área	80	20,41%
Participar de eventos, palestras e congressos do setor	34	8,67%
Ter experiência em organizações/empresas do Terceiro Setor	21	5,36%
Ser bem relacionado com a liderança / diretoria da organização/empresa	61	15,56%
Ter trabalhado em outras áreas dentro de uma organização/empresa de grande porte (Marketing, Planejamento Estratégico, Finanças, etc)	34	8,67%
Ser associado e ter relacionamento com a ABRAPS	9	2,30%
Ter experiência prática na área há mais de 5 anos	33	8,42%
Atuar em processos e iniciativas com foco na sustentabilidade para a preservação da vida	37	9,44%
Atuar em processos e iniciativas com foco na sustentabilidade	78	19,90%
Outra. Qual?	5	1.28%
Não Respondidas	0	0,00%
Total:	392	100,00%

É interessante ressaltar que o profissional de sustentabilidade não considera a experiência, um requisito indispensável, provavelmente devido ao seu perfil jovem. No entanto, exige-se uma boa capacitação e formação fundamentada, conforme descrito na Figura 2, em cursos de especialização sobre sustentabilidade. Além disso, requer que esse profissional participe ativamente das atividades da empresa em seus diversos setores, bem como nos processos de decisão.

Contudo, se a organização não tiver uma política socioambiental clara (ou ao menos intensão de tê-la) o profissional de sustentabilidade fica sem amparo. Nesse sentido, o próprio profissional de sustentabilidade classificou (como consta na tabela 04) o bom relacionamento com lideranças/diretoria como a terceira característica mais relevante, com mais de 15% das respostas.

Em relação às atitudes mais importantes, as destacadamente mais votadas foram ética e comprometimento, conforme se observa na tabela 05.

Tabela 05: Atitudes consideradas mais relevantes pelo profissional de sustentabilidade

Atitudes consideradas mais importantes pelo profissional de Sustentabilidade	Frequência de respostas por item	% pelo total de respostas
Ser ético	117	28,89%
Ser comprometido	89	21,98%
Ser consciente	56	13,83%
Ser coerente	58	14,32%
Ser equilibrado	32	7,90%
Ter respeito	27	6,67%
Ser curioso	26	6,42%
Outra. Qual?	0	0.00%
Não Respondidas	0	0,00%
Total:	405	100,00%

O comprometimento (com 21,98% das respostas) pode ser interpretado como a relação harmoniosa das duas qualidades ressaltadas e interpretadas através da Tabela 04 – conhecimento e proatividade. A formação teórica deve ser acompanhada de comprometimento, pois só será válida quando refletida em ações, por meio da atuação em processos e iniciativas com foco na sustentabilidade.

Deve-se salientar ainda que a complexidade e os desafios do desenvolvimento sustentável envolvem mudanças decisivas, de valores e de comportamento, e nesse sentido comprometimento é fundamental para aquele que deve ser o representante e norteador dessa transformação. O profissional de sustentabilidade tem a responsabilidade de ser o exemplo.

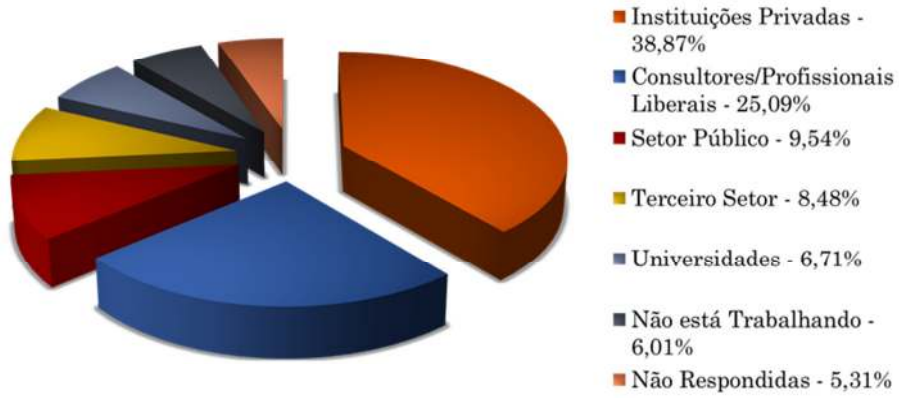
A atitude mais importante é a ética com cerca de 29% das respostas. Compreende-se que da mesma maneira que o desenvolvimento sustentável é fundamentado por uma nova ética global, baseada na preservação ambiental e igualdade social, o profissional de sustentabilidade também deve estabelecer suas ações de acordo com essas premissas. Mais que atitudes, essa ética deve representar valores, sendo inerente ao perfil do profissional de sustentabilidade.

Onde Atua o Profissional de Sustentabilidade

A área de atuação do profissional de sustentabilidade será elucidada por meio de questões sobre onde trabalham, suas principais funções e em quais áreas gostariam de receber treinamentos. A partir dessas informações pode-se estimar qual seu nicho de mercado, atribuições e as atuais responsabilidades.

Nesse sentido, constata-se - conforme demonstra o gráfico da Figura 3 -, que mais de 60% dos profissionais de sustentabilidade pesquisados trabalham no setor privado, por meio de consultoria/profissionais liberais – 25,09%- ou dentro de instituições -38,87%. De fato, de acordo com o contexto histórico e o atual panorama socioeconômico, descritos em Buenafuente e Santos (2010), as organizações sempre foram foco de diversos eventos internacionais sobre sustentabilidade. A formação e as características desse profissional - ilustrados na Figura 2 e Tabela 04 respectivamente - também contribuem para reforçar sua atuação no setor privado.

Figura 03: Gráfico sobre onde trabalha o profissional de sustentabilidade



Outro ponto a considerar é a crescente consciência da população e as leis cada vez mais rígidas, assim como os benefícios gerados pela adequação da política da empresa às questões socioambientais (como melhora na imagem e redução de custos), estimulando as mesmas a procurem profissionais aptos a auxiliarem nessas mudanças.

Em relação às funções que esses profissionais executam, obteve-se os resultados representados Tabela 06.

Verifica-se que a função mais exercida pelos profissionais de sustentabilidade em seus departamentos é o gerenciamento de projetos sociais ou comunitário, com 20,23% das respostas. Praticamente com a mesma porcentagem está o engajamento de *stakeholders*/influenciadores, com 19,65%.

Tabela 06: Principais funções ou responsabilidades do departamento onde atua o profissional de sustentabilidade

Principais funções ou responsabilidades do departamento de atuação	Frequência de respostas por item	% pelo total de respostas
Adequação às leis ambientais ou sociais	45	13,01%
Controle financeiro / contabilidade	9	2,60%
Comunicação organizacional	51	14,74%
Direitos humanos	14	4,05%
Engajamento de *stakeholders* / influenciadores	68	19,65%
Gerenciamento de projetos sociais ou comunitários	70	20,23%
Gestão da cadeia produtiva	15	4,34%
Gestão de pessoas	22	6,36%
Gestão de riscos	16	4,62%
Relações públicas	24	6,94%
Outra. Qual?	12	3.47%
Não Respondidas	0	0,00%
Total:	346	100,00%

Projetos sociais e comunitários, conforme constatado em Salgado e Cantarino (2006) são ações inerentes ao desenvolvimento sustentável e requisito básico das empresas que pretendem estar alinhadas a este contexto. É papel do profissional de sustentabilidade conhecer a comunidade onde a organização está inserida e fazer com que a mesma se envolva ativamente, participando dos problemas sociais encontrados, minimizando impactos negativos e contribuindo para melhorar a qualidade de vida da população.

Contudo, há de se lembrar e enfatizar que o papel social não se restringe às ações sociais pontuais da empresa, em determinada comunidade. Ela deve ser mais

ampla, fazer parte da política e da missão da organização, envolvendo a partir de uma visão global, todos seus setores e *stakeholders*.

Compreende-se, portanto, que tão importante quanto as ações sociais é o engajamento de *stakeholders*. Esta função está direta e indiretamente relacionada com todas as outras, inclusive comunicação organizacional e adequação às leis ambientais – que obtiveram 14,74% e 13,01% das respostas respectivamente (Tabela 06). Independente do departamento ou da área de atuação na empresa, este profissional deve manter comunicação interdependente com os outros setores e criar condições para adequação à legislação vigente, mudança de paradigmas e a transformação organizacional da instituição onde trabalha. Nesse sentido, requisitos como interdisciplinaridade, boa comunicação, flexibilidade e liderança são vitais para o perfil do profissional de sustentabilidade.

Considerando a complexidade de suas funções e a indispensabilidade de uma boa formação na área, o diagnóstico da Tabela 07 elucida sobre quais temas de treinamento o profissional de sustentabilidade tem mais interesse: gestão de sustentabilidade e estratégia de negócios com 12,90% das respostas e educação para a sustentabilidade com 11,62%.

Tabela 07: Sobre quais temas o profissional de sustentabilidade tem mais interesse em receber treinamentos

Temas em que o profissional tem interesse em participar de treinamentos	% pelo total de respostas	% pelo total de respostas
Arquitetura e Construção	9	1,43%
Cadeia produtiva e Ciclo de Vida	59	9,39%
Comunicação	46	7,32%
Consumo	51	8,12%
Diversidade	28	4,46%
Educação para a sustentabilidade	73	11,62%
Empreendedorismo social e Negócios sociais	59	9,39%
Engajamento de *Stakeholders*	57	9,08%
Gestão de sustentabilidade e Estratégia de negócios	81	12,90%
Gestão do terceiro setor	16	2,55%
Gestão pública	20	3,18%
Inovação	50	7,96%
Preservação ambiental	34	5,41%

Saúde Segurança e Meio ambiente	25	3,98%
Voluntariado empresarial	19	3,03%
Outro(s) tema(s), Qual(is)?	1	0.16%
Não Respondidas	0	0,00%
Total:	628	100,00%

A partir da análise das respostas obtidas e conforme observado por Cardoso (2012) é possível afirmar que, frente aos desafios confrontados através de suas funções e a diversidade de ferramentas, metodologias e estratégias de gestão para a sustentabilidade existentes e que continuam a surgir a cada ano, a atualização e o treinamento constante sobre gestão de sustentabilidade e estratégia de negócios é primordial.

As respostas referentes à educação para a sustentabilidade são interpretadas como um complemento para a gestão em sustentabilidade, focado em treinamentos, sensibilização e mobilização de *stakeholders* e principalmente da liderança / diretoria da organização/empresa (mais a frente, na Figura 5, há uma análise mais aprofundada sobre a importância da sensibilização da diretoria e da alta gestão).

Contexto Atual do Profissional de Sustentabilidade

Nesta seção serão analisadas as respostas sobre os temas mais relevantes para o profissional de sustentabilidade, seus desafios e oportunidades. Ao final, algumas informações consideradas mais significativas serão cruzadas em um mesmo gráfico (vide Figura 5) para uma melhor interpretação sobre o contexto mercadológico de sustentabilidade, a partir da visão do próprio profissional de sustentabilidade.

A Figura 4 a seguir, ilustra os temas mais importantes e que englobam sustentabilidade, de acordo com os respondentes da pesquisa.

Figura 04: Temas mais importantes que englobam sustentabilidade, segundo os profissionais de sustentabilidade



Conforme pode ser averiguado, o tema engajamento de *stakeholders*/influenciadores aparece novamente em destaque, nessa questão como o assunto mais importante para a sustentabilidade, atingindo 20,20% das respostas, evidenciando mais uma vez o papel de líder para o profissional de sustentabilidade.

O desafio é a mobilização dos *stakeholders* sobre a relevância da transformação cultural, organizacional e de ações socioambientais efetivas. Assim, compreende-se que a gestão da cadeia produtiva e adequação às leis ambientais ou sociais com cerca de 16% e 15% das respostas respectivamente, correspondem à necessidade desse profissional em adaptar a organização em que atua ao contexto socioeconômico e ambiental atual, refletido pela pressão da sociedade, de ONG´s e órgãos internacionais e pelos governos através de leis de regulamentação.

A Tabela 08 corresponde às principais oportunidades para esses profissionais, sendo que as respostas em que há mais concordâncias foram o aumento da educação da sociedade em sustentabilidade com 17%, a carência de profissionais capacitados na área com 16% e a crescente comunicação sobre ações nesta área com 13%.

Tabela 08: Principais oportunidades/facilitadores enfrentados pelo profissional de sustentabilidade por trabalhar na área

Principais oportunidades ou facilitadores enfrentados pelo profissional de Sustentabilidade	% pelo total de respostas	% pelo total de respostas
Grande reconhecimento do profissional de Sustentabilidade	27	5,41%
Salário do profissional da área é superior à média de seus pares	4	0,80%
Elevado engajamento dos líderes e da diretoria da organização/empresa	28	5,61%
Consumidores valorizam o tema	34	6,81%
Governo apoia iniciativas desta área	16	3,21%
Educação da sociedade em Sustentabilidade está se intensificando	86	17,23%
Há crescente comunicação sobre ações nesta área	65	13,03%
Muitas são as organizações/empresas que investem em Sustentabilidade e este movimento é crescente	59	11,82%
É uma área que traz ganhos de imagem importantes para a organização/empresa	53	10,62%
Aumento de cursos e possibilidade de capacitação técnica para os profissionais	28	5,61%
Há carência de profissionais capacitados e com experiência na área	81	16,23%
Crescente verba destinada para a área	16	3,21%
Outra. Qual?	2	0.40%
Não Respondidas	0	0,00%
Total:	499	100,00%

Por outro lado, a Tabela 09 corresponde às principais dificuldades encontradas pelos profissionais de sustentabilidade que, conforme pode se observar são: falta de engajamento dos líderes e da diretoria da organização/empresa (16%), a verba reduzida na área (15%) e a falta de educação da sociedade em sustentabilidade e de reconhecimento do profissional de sustentabilidade (10%).

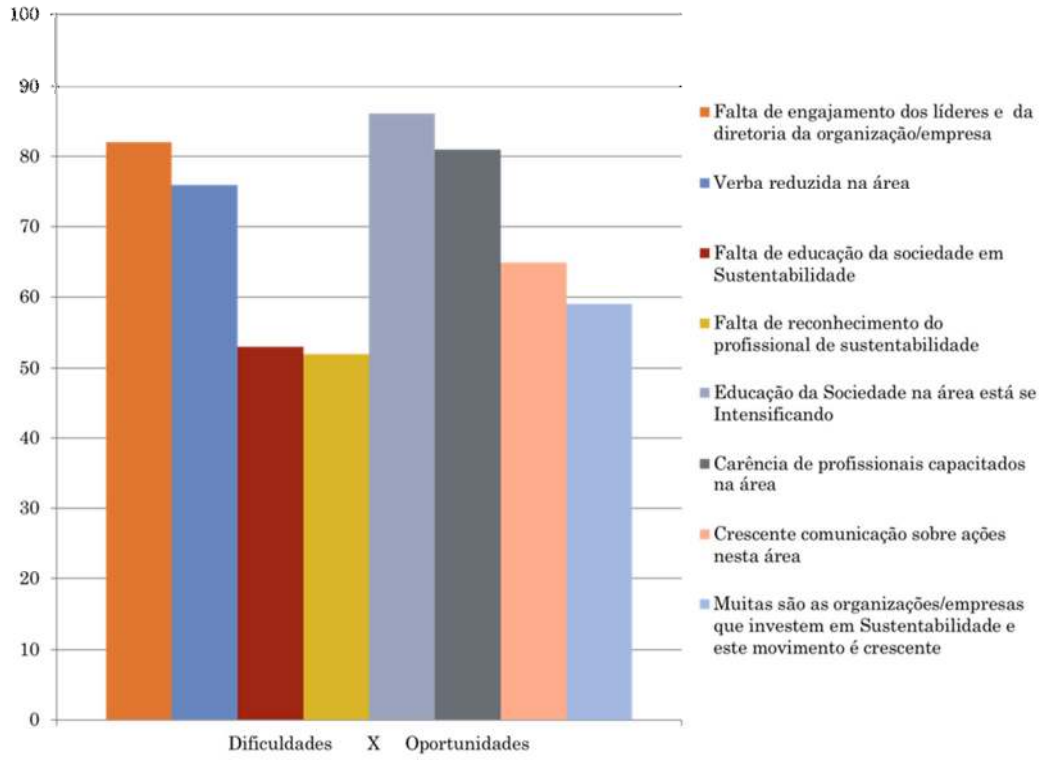
Tabela 09: Principais dificuldades enfrentadas pelo profissinal de sustentabilidade por trabalhar na área

Principais dificuldades enfrentadas pelo profissional de por trabalhar nesta área	% pelo total de respostas	% pelo total de respostas
Falta reconhecimento do profissional de	52	10,48%

Sustentabilidade		
Salário do profissional da área é inferior à média de seus pares	40	8,06%
Falta engajamento dos líderes e da diretoria da organização/empresa	82	16,53%
Consumidores não valorizam o tema	25	5,04%
Governo não apoia iniciativas desta área	37	7,46%
Falta educação da sociedade em Sustentabilidade	53	10,69%
Há pouca comunicação sobre ações nesta área	22	4,44%
Poucas são as organizações/empresas que investem em Sustentabilidade	46	9,27%
É uma área que não traz ganhos financeiros para a organização/empresa	23	4,64%
Ausência de capacitação técnica para os profissionais	39	7,86%
Verba da área é reduzida	76	15,32%
Outra. Qual?	1	0.20%
Não Respondidas	0	0,00%
Total:	496	100,00%

Para melhor compreensão e análise dos dados, foi desenvolvido o gráfico da Figura 5 que cruza as informações das tabelas, e explicita as 4 alternativas que obtiveram mais número de respostas em cada questão. É importante lembrar que cada respondente poderia assinalar quantas respostas considerassem pertinentes. Assim, constata-se que, considerando todas as dificuldades e oportunidades, a resposta mais escolhida pelos profissionais de sustentabilidade foi "A educação da sociedade em sustentabilidade está se intensificando". Contudo, se o conhecimento sobre sustentabilidade está aumentando, na prática pouco se faz para mudar a realidade insustentável que persiste. Nesse sentido a segunda alternativa mais votada corresponde à falta de engajamento dos líderes das empresas, seguida da verba reduzida destinada à área.

Figura 05: Gráfico com o cruzamento das alternativas mais respondidas nas Tabela 08 e 09



É fato que a educação em sustentabilidade esteja aumentando, afinal, conforme observam Cardoso (2012) e Silva e Crispim (2011), fazem mais de 40 anos que ela está em pauta e atualmente bastante evidente tanto pelos eventos internacionais e mídia, quanto pelas próprias catástrofes ambientais quem vêm ocorrendo desde a década de 1960. Contudo, o conhecimento da população e sua mobilização em prol de ações concretas ainda é recente, como concordam mais de 50 respondentes sobre a "falta de educação para a sociedade" e a "falta de reconhecimento do profissional de sustentabilidade" (pode-se incluir aqui também, como uma visão negativa, a carência de profissionais na área).

Esse contexto é confirmado também nas empresas, onde a gestão estratégica para sustentabilidade - apesar de trazer benefícios comprovados como eficiência, diminuição dos custos, melhoria da imagem, diminuição de riscos, entre outros – ainda é visto com excessiva cautela pela diretoria e os líderes da organização - peças fundamentais para mudança organizacional efetiva, necessária ao desenvolvimento sustentável.

A princípio o panorama atual não parece ser favorável ao profissional de sustentabilidade. No entanto, ao analisar essas questões com mais atenção percebe-se que, a soma dos 4 temas mais votados em oportunidades supera, em quantidade de respostas, a soma das 4 principais dificuldades.

Nesse sentido, as oportunidades podem ser interpretadas como uma tendência percebida pelos profissionais de sustentabilidade de que o contexto atual vai melhorar. Segundo eles, além da educação em sustentabilidade estar aumentando, o número de comunicação sobre ações nessa área também é crescente, assim como a demanda de empresas que buscam ser cada vez mais sustentáveis. Esse panorama também melhora a visão, a princípio pessimista, sobre a segunda oportunidade mais reconhecida pelos profissionais de sustentabilidade, com mais de 80 respostas: a carência de profissionais capacitados na área.

Referências

ABRAPS. **Associação Brasileia dos Profissionais de Sustentabilidade**. Disponível em: http://migre.me/qnhkk. Acesso em 26/01/2015

BROWN, L. **Ecoeconomia. Barcelona:** Centre Unesco de Catalunya, 2002.

BUENAFUENTE, S. M. F.; SANTOS, F. A.. **Sustentabilidade Corporativa e o Profissional de Secretariado Executivo**. XVII CONSEC – 26 A 29/05/2010 – Fortaleza/CE, 2010.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. **A. Estatística básica.** 5. ed. São Paulo: Saraiva,2005.

CARDOSO, André Coimbra Felix. **O Programa Estratégico Integrado de gestão para o desenvolvimento Sustentável**. 261 p. Tese. Doutorado em Ciências. Universidade de São Paulo. 2012.

CRISPIM, J. de Q; SILVA, V. B. da. **Um breve relato sobre a questão ambiental.** Re. GEOMAE. Campo Mourãao, PR. V.2n1. p.163-175. 2011.

CÚPULA DOS POVOS. **Documentos Finais da Cúpula dos Povos na Rio+20 por Justiça Social e ambiental.** 12/06/12. Disponível em: http://migre.me/qnhkC.

JACOBI, P**. Educar para a Sustentabilidade:** complexidade, reflexividade, desafios- In: Revista Educação e Pesquisa- vol. 31/2- maio-agosto 2005, FEUSP.

MEADOWS, D H. Limites do crescimento: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade. São Paulo: Perspectiva, 1972

ONU. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

_____. **Conferência mundial sobre desenvolvimento sustentável**. Nova York: Nações Unidas, 1992

ONU, **Organização das Nações Unidas do Brasil;** Disponível em: http://migre.me/qnhl1. Acessado em: 25/01/2015

PNUMA, 2011. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza** – Síntese para Tomadores de Decisão. Disponível em: http://migre.me/qnhlg. Acesso em: 08 de novembro de 2014.

UNEP, **Towards a Green Economy:** Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, www.unep.org/greeneconomy. 2011.

Tratamento de Água Cinza Através de um Sistema Alagado Construído

Grey Water Treatment Through a Built Waterlogged System

Danielle Martins Cassiano de Oliveira[1]
Aline Hanny Peralta[1]
Mariane Libório Cardoso[1]
Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi[1]

[1] Universidade Tecnológica Federal do Paraná – ricardocostanzi@gmail.com

Submetido em 28/03/2015
Revisado em 06/04/2015
Aprovado em 24/04/2015

Resumo: A proteção dos recursos hídricos na atualidade se tornou uma prioridade para a sociedade, devido a sua escassez e importância para a manutenção da vida. Alguns tratamentos de águas residuais são indicados para que possam ser reutilizadas. Os Sistemas Alagados Construídos (SAC) são uma possibilidade de viabilizar o reuso. Estes são uma opção de baixo custo de manutenção e operação, além de serem eficazes na remoção de impurezas. O objetivo deste trabalho é analisar a eficiência de um SAC de fluxo subsuperficial horizontal seguido de um SAC de fluxo vertical para o tratamento de águas cinza provenientes de máquina de lavar roupa. O efluente foi inserido no sistema por meio de um reservatório pulmão que abastecia o sistema de tratamento com SAC. Foram analisados parâmetros de pH, turbidez, condutividade, cor aparente, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos suspensos e demanda química de oxigênio (DQO). Os resultados apresentam uma eficiência para cor aparente, turbidez e DQO acima de 90%.
Palavras-chave: Sistemas Alagados Construídos, Águas cinzas, Águas Residuárias, Reúso.

Abstract: Actually, the protection of water resources has become a priority for society, due to its scarcity and its importance to the maintenance of life. Some wastewater treatments can be used to enable water reuse. Wetland Constructed wetland systems (CWS) is a process to enable reuse. Wetlands are a low cost, both for operation and the maintenance. Wetlands are effective in removing impurities. The objective of this study is to analyze the efficiency of a horizontal subsurface flow CWS followed by a vertical flow CWS for the treatment of greywater from washing machine. The greywater was inserted into the system by a reservoir which supplies the CWS treatment system. Parameters of pH, turbidity, conductivity, apparent color, total solids, volatile solids, suspended solids and chemical oxygen demand (COD) were analyzed. The results show an efficiency greater than 90% for apparent color, turbidity and COD.
Key-words: Constructed Wetlands Systems, Greywater, Wastewater, Reuse.

Introdução

Atualmente, a preservação das águas naturais representa um tema de grande relevância para sociedade atual. Pois a disponibilidade hídrica para abastecimento humano apresenta-se reduzida em algumas regiões. O aumento da demanda por água em diversas bacias hidrográficas tem agravado o problema da escassez.

Uma forma de aprimorar a gestão dos recursos hídricos é a reutilização da água de atividades antrópicas para minimizar a captação de água de melhor qualidade para atividades que necessitam de águas com qualidade inferior, com a consequentemente preservação dos mananciais (Teixeira, 2003).

Neste contexto, o reúso da água por meio de tratamentos com Sistemas Alagados Construídos (SAC) torna-se uma alternativa para minimizar o consumo da água. SAC construídos são ecossistemas artificiais com a utilização de diferentes tecnologias, partindo do princípio de funcionamento de sistemas naturais capazes de modificar e melhorar a qualidade das águas (Salati et al., 2009).

Nos SACs são utilizadas plantas aquáticas para o tratamento do efluente gerado. Estas plantas crescem na água ou próximas aos corpos d`água, podendo ser submersas, imersas ou flutuantes. São muito importantes para o sistema aquático e tem grande participação nos processos biogeoquímicos destes ambientes (Weis & Weis, 2004).

Estes tipos de sistemas possuem algumas vantagens como a de possuírem baixos custos de construção e operação (Duarte, 2002), uma manutenção de grande facilidade, bem como a redução da matéria orgânica e sólidos sedimentáveis (Silvestre & Pedro-de-Jesus, 2002). Porém, possui também suas desvantagens, tais como a atração de mosquitos, a colmatação no substrato que exige o controle da carga hidráulica e a escolha de um período para iniciar a sua utilização no qual a vegetação esteja bem adaptada (Silvestre & Pedro-de-Jesus, 2002).

Os SACs foram utilizados por Silva (2009) para tratamentos de esgoto doméstico em um sistema alagado construído de fluxo vertical, com meio suporte de solo natural modificado e obteve eficiências de remoção 99% de DBO, 98% de

sólidos suspensos e 99% de turbidez. O sistema também foi utilizado como pós tratamento de uma lagoa de maturação operando em escala real encontrando médias de remoção de 50 % para DBO, 63% para DQO e 95% para turbidez (Ormonde, 2012).

O objetivo deste trabalho é analisar a eficiência de remoção no tratamento de águas cinzas provenientes da máquina de lavar roupas com um sistema alagado construído de fluxo horizontal seguido de um sistema alagado de fluxo vertical para proporcionar a reutilização do efluente tratado.

Material e Métodos

Um sistema alagado construído foi montado na casa de vegetação localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Londrina, sob as coordenadas geográficas de latitude 23º18'2854"S e longitude 51º06'5066"O. O projeto foi desenvolvido em projeto de iniciação científica com auxílio da Fundação Araucária.

O sistema se constitui de um reservatório para o armazenamento do efluente, um sistema alagado construído de fluxo subsuperficial horizontal seguido de um sistema alagado construído de fluxo vertical. Adotou-se a configuração de um sistema alagado de fluxo horizontal seguido pelo sistema alagado construído de fluxo vertical devido a composição do substrato de cada um dos sistemas. Pois, o SAC de fluxo vertical possui areia como substrato e por sua consequência, uma granulometria menor do que a da brita. Esta característica poderia ocasionar colmatação mais rápida se este fosse colocado como tratamento inicial (SAC intermediário) devido a possibilidade da concentração de sólidos ser maior na entrada do sistema de tratamento.

Reservatório de Entrada

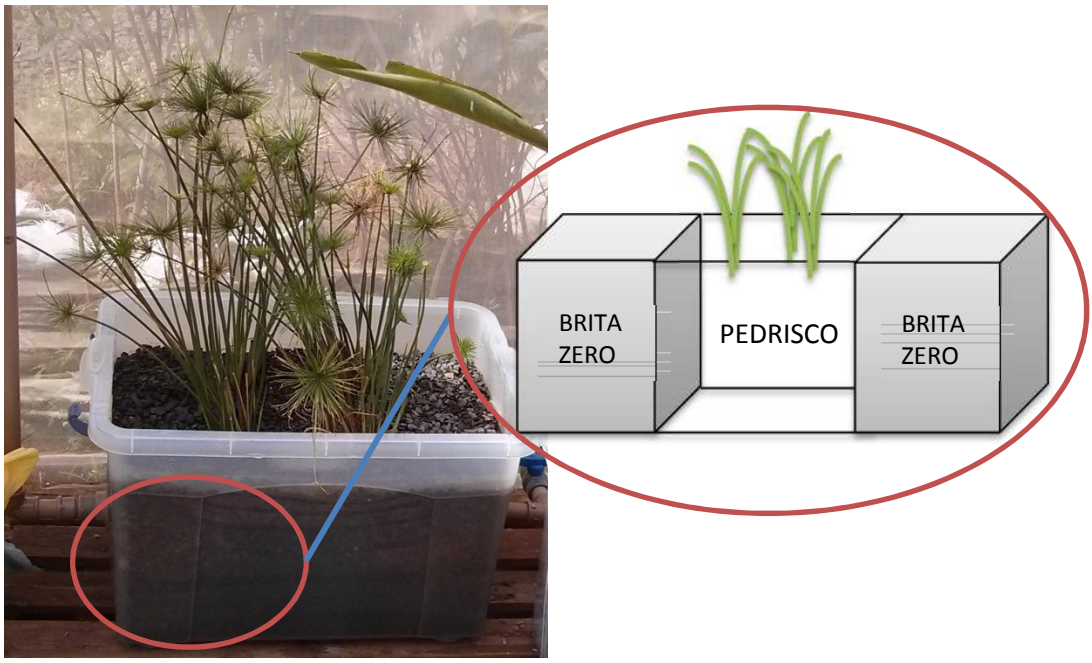
O reservatório utilizado possui altura de 0,3 m, largura de 0,3 m e comprimento de 0,45 m, com capacidade útil de 40,5 L. O sistema era abastecido a

cada dois dias com 20 litros de águas cinza proveniente da máquina de lavar roupa de uma residência com 4 moradores. O controle de vazão de entrada foi realizado por válvula hidráulica. O reservatório foi colocado em uma altura mais elevada para que o efluente chegasse aos SACs por diferença de nível. O reservatório, o SAC horizontal e o SAC vertical foram interligados por tubos PVC de 1 polegada de diâmetro.

Sistema Alagado de Fluxo Subsuperficial Horizontal

Para a construção do sistema alagado construído de fluxo subsuperficial horizontal utilizou-se reservatório com altura de 0,3 m, largura de 0,3 m e comprimento de 0,45 m. A base do sistema foi preenchida com predrisco, cujo diâmetro é de 4,8 mm, na zona central e com pedra brita nº 0 nas laterais. A espécie de planta escolhida para este tratamento foi a planta aquática Cyperus *Papyrus*.

Figura 01: Sistema Alagado de Fluxo Subsuperficial Horizontal.

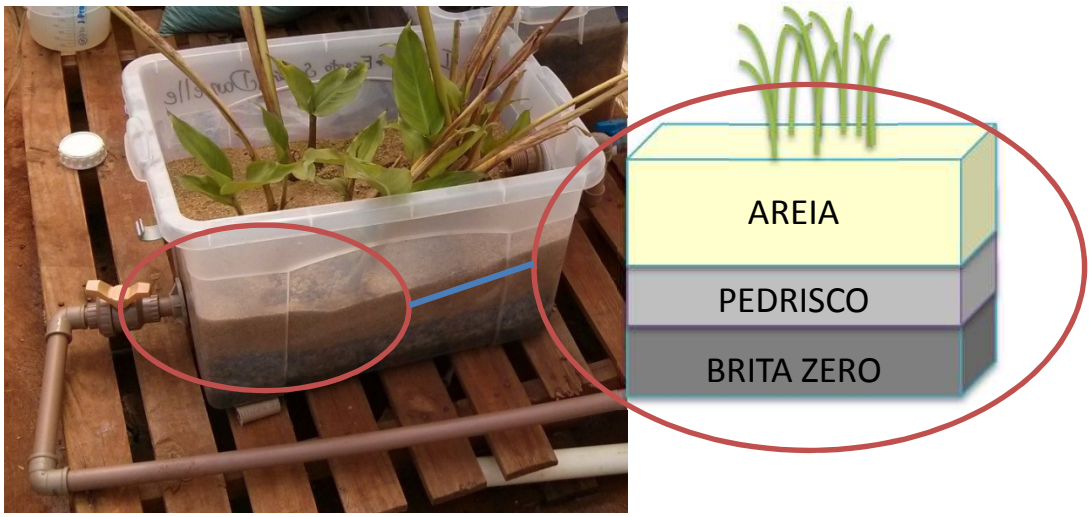


Sistema Alagado Construído de Fluxo Vertical

O sistema alagado construído de fluxo vertical também foi construído a partir de reservatório com as mesmas dimensões do sistema alagado de fluxo

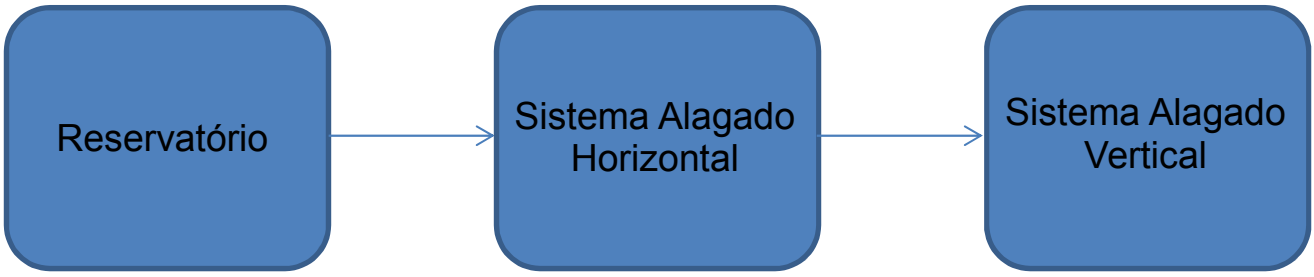
horizontal. Desta forma, foi montado um esquema seqüencial vertical constituído de 0,06 m de brita nº 0, 0,03 m de pedrisco e 0,18 m de areia grossa. A espécie inserida para a sistema alagado construída de fluxo vertical foi a *Heliconia Rostrata*.

Figura 02: Sistema Alagado Construído de Fluxo Vertical.



A figura 3 mostra o desenho esquemático do sistema alagado construído, composto do reservatório, sistema alagado construído de fluxo horizontal e sistema alagado construído de fluxo vertical.

Figura 03: Desenho esquemático do sistema alagado construído.



Operação

Foi realizada uma etapa de adaptação das plantas para funcionamento adequado do sistema durante três semanas. A inserção de águas cinza teve início no vigésimo dia de operação. A amostragem do sistema foi realizada por meio de coleta simples. Cada reservatório contém uma saída segregada para permitir a realização da coleta. O sistema foi regado com águas cinza de dois em dois dias com uma vazão média de 10,8 $L.d^{-1}$. As amostras foram coletadas semanalmente durante um mês para as análises das variáveis: pH, turbidez, condutividade, cor aparente, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos suspensos e demanda química de oxigênio (DQO).

As amostras coletadas em cada ensaio durante todo experimento foram submetidas às análises descritas na Tabela 1:

Tabela 01: Análises realizadas no efluente.

Parâmetro	Método	Fonte
Turbidez	2130 B	APHA (2012)
pH	4500-H+ B	APHA (2012)
Condutividade Elétrica	2510 A	APHA (2012)
Série de sólidos	2540 A	APHA (2012)
Demanda Química de Oxigênio	5220 A	APHA (2012)
Cor aparente	2120 C	APHA (2012)

Resultados e Discussões

As amostras analisadas obtiveram uma clarificação gradativa, obtendo melhor clarificação após a passagem pelo sistema alagado construído de fluxo vertical, como pode ser verificado na figura 4. O primeiro béquer representa o efluente bruto, o segundo béquer a coleta do tratamento intermediário e o terceiro béquer a coleta da saída final que passa pelo segundo tratamento.

Figura 04: Béquer 1 - efluente bruto, béquer 2 - efluente do tratamento intermediário, béquer 3 - efluente do tratamento final.



Os SACs promovem o tratamento por meio de processos físicos, químicos e biológicos, no qual os microrganismos, as plantas e o material filtrante são responsáveis pela remoção dos poluentes. A tabela 2 apresenta mecanismos de remoção de alguns poluentes promovido pelos SACs (Pelissari, 2013).

Tabela 02: Mecanismos de remoção dos SACs

Constituintes dos efluentes	**Mecanismos de remoção**
Sólidos Suspensos	Sedimentação Filtração
Matéria Orgânica	Decomposição microbiana
Nitrogênio	Amonificação Nitrificação Desnitrificação Adsorção Volatilização da amônia Retirada pela planta
Fósforo	Adsorção Retirada pela planta
Metais	Complexação Precipitação Retirada pela planta Oxidação/Redução microbiana
Patógenos	Sedimentação Precipitação Filtração

Fonte: Cooper et al. (1996).

Os resultados obtidos através das análises estão demonstrados na Tabela 3 com estatística descritiva de média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 03: Valores na entrada, no sistema intermediário e na saída do sistema.

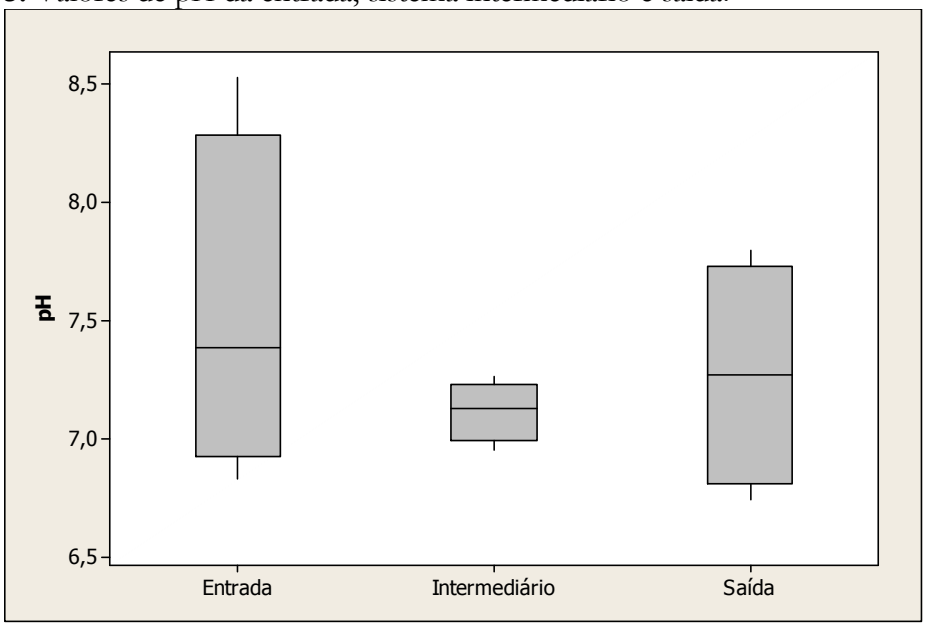
	Entrada		Intermediário		Saída	
	Média/DP	CV (%)	Média/DP	CV (%)	Média/DP	CV (%)
pH	7,53 ± 0,73	9,69	7,12 ± 0,13	0,07	7,27 ± 0,48	0,03
Turbidez (UNT)	66,50 ± 43,40	65,26	24,00 ± 11,00	4,94	4,04 ± 4,03	4,03
Cor Aparente (uC)	309 ± 252	81,55	109 ± 64	37,49	20 ± 18	17,35
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	243 ± 113	46,50	300 ± 62	12,88	384 ± 33	2,79
DQO ($mg.L^{-1}$)	795 ± 361	45,41	250 ± 151	91,88	41 ± 40	39,59
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	552 ± 369	66,85	365 ± 75	15,26	299 ± 75	18,66
Sólidos Dissolvidos ($mg.L^{-1}$)	516 ± 361	69,96	347 ± 70	96,39	293 ± 73	24,61
Sólidos Suspensos ($mg.L^{-1}$)	36 ± 27	75,00	17 ± 10	5,88	6 ± 7	8,00
Sólidos voláteis ($mg.L^{-1}$)	32± 25	78,13	12 ± 9	6,44	4 ± 4	5,43

CV= Coeficiente de variação

De acordo com a tabela 3, nota-se a grande variação que existe nos sólidos totais e dissolvidos, porém ao longo do tratamento essa variação tem uma expressiva diminuição. O pH é o parâmetro mais constante entre os analisados, a sua variação atinge valores próximos a zero para o sistema intermediário. Em todos os parâmetros avaliados houve diminuição da variação dos seus valores conforme o efluente passa através do tratamento.

Os valores médios de pH no sistema, apresentaram valores com uma propensão alcalina e valores máximos absolutos próximos a 8,5 no sistema intermediário em algumas amostras. Houve maior variação de valores de pH na saída do sistema, em comparação ao valores obtidos no sistema intermediário como pode ser observado na figura 5.

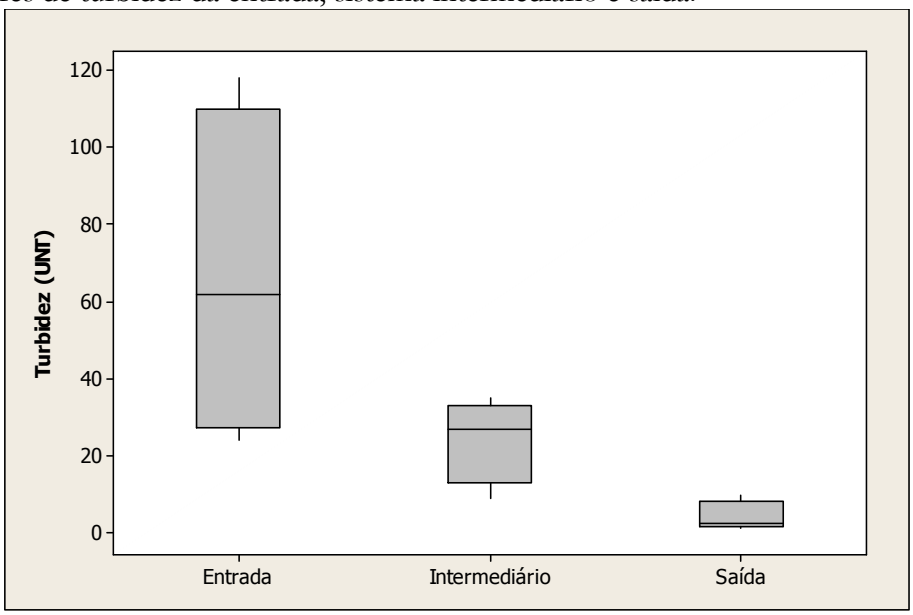
Figura 05: Valores de pH da entrada, sistema intermediário e saída.



A variação observada pode ter ocorrido devido a forma de funcionamento do sistema, pois o efluente na saída possui um tempo de maior detenção hidráulica em relação ao sistema intermediário, o que compete na influência direta da água cinza irrigada anteriormente à coleta. A variação do material suporte ao longo do sistema (brita seguida de areia) também pode explicar a alta variação dos valores de pH do sistema intermediário para a saída final pela possibilidade de maior acúmulo de resíduos no sistema com recheio de areia. O pH do efluente tratado se enquadra no padrão de potabilidade da água de acordo com a portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, a qual varia de 6 a 9,5. O maior valor de pH obtido na saída foi de 7,8.

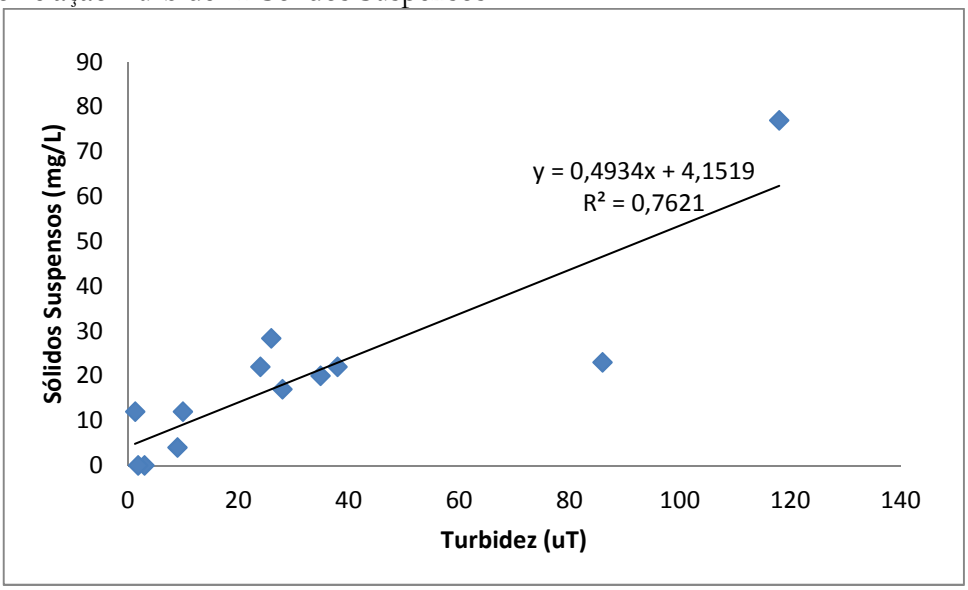
As análises realizadas no efluente bruto em relação à turbidez apresentaram valores acima dos valores encontrados após o tratamento com o sistema alagado, os valores variaram de 20 a 120 UNT. A variação nos valores de turbidez diminui conforme a água residuária passa pelo sistema de tratamento (Figura 6). Dessa forma, a turbidez na saída do sistema alagado vertical variou entre 1 e 10 UNT, resultando em uma turbidez média de 4,04 UNT, valor que representa 94% de remoção de turbidez. Para Wurochekke et al. (2014) a remoção de turbidez foi de 45% utilizando como planta a Lepironia Articulata.

Figura 06: Valores de turbidez da entrada, sistema intermediário e saída.



Existe uma correlação entre a turbidez e os sólidos suspensos das amostras. A turbidez se comporta de forma proporcional aos sólidos suspensos, quanto maior for o valor da turbidez, maior serão a quantidade de sólidos suspensos presentes na água cinza. Assim, como a turbidez diminuiu ao longo do sistema de tratamento, também, os sólidos suspensos (SST) diminuíram. O gráfico 1 apresenta essa correlação.

Gráfico 01: Correlação Turbidez x Sólidos Suspensos



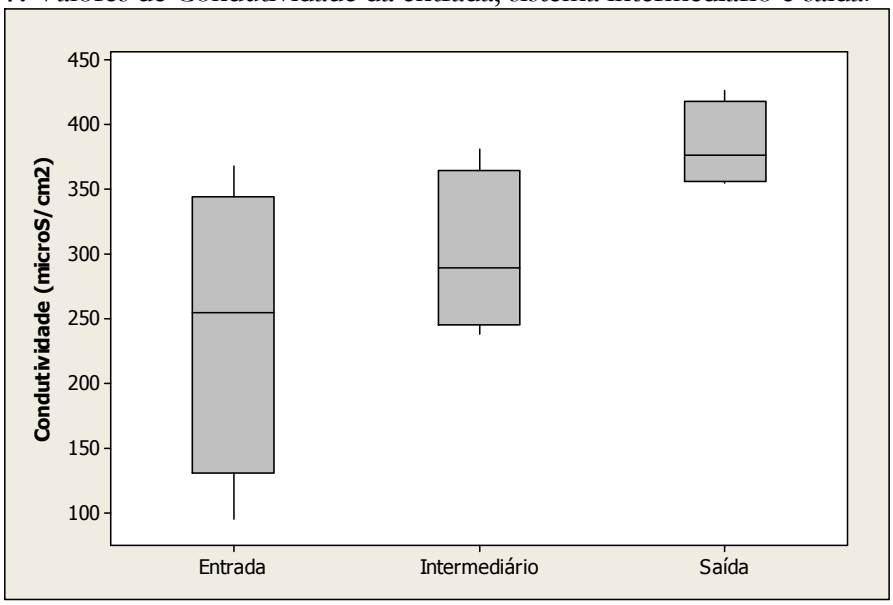
A partir do gráfico 1 foi gerada a equação 1 com um fator de correlação (r^2) de 0,762.

$$SST = 0,493 \times Turbidez + 4,151$$

equação (1)

Quanto à análise de condutividade, houve aumento nos valores em relação ao efluente bruto. O aumento na condutividade se deu de forma gradativa, ou seja, na saída final a condutividade foi superior á saída do tratamento intermediário, que por sua vez foi maior que o efluente bruto. Este aumento pode ser observado na figura 7, com uma condutividade inicial média de 243,44 μS.cm^{-1} e final de 384,03 μS.cm^{-1} .

Figura 07: Valores de Condutividade da entrada, sistema intermediário e saída.

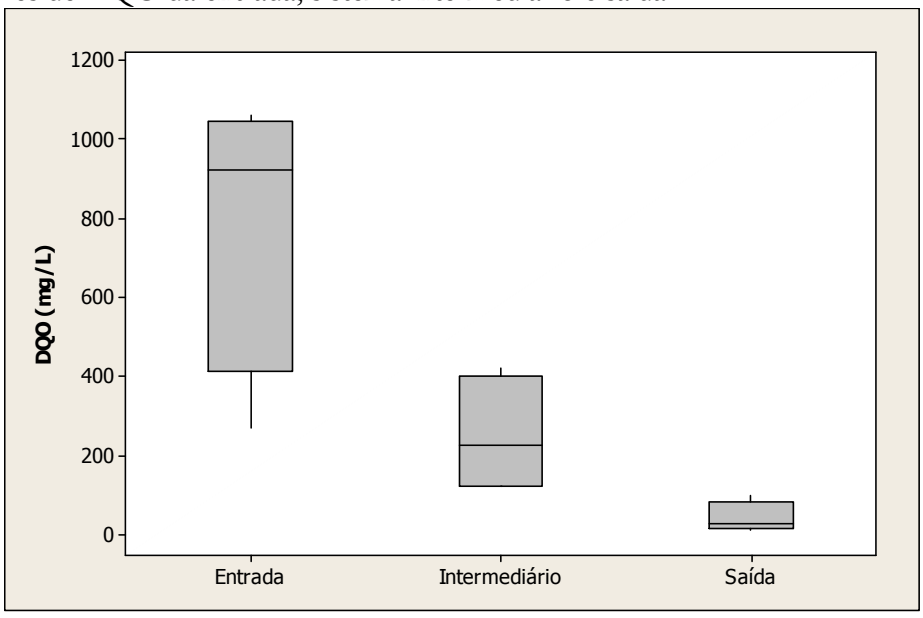


Este aumento pode ser explicado pela sequência dos elementos que constituem o substrato no qual a vegetação está fixada, bem como pela solubilização de substâncias associado ao processo biológico. Lima (2011) utilizou um SAC para o tratamento de efluente da aquicultura e obteve uma condutividade inicial de 108,3 μS.cm^{-1}, que não obteve um aumento expressivo, com valor final de 110 μS.cm^{-1} no período de seca, porém o substrato utilizado foi apenas de britas.

Houve uma grande variação de valores encontrados na água cinza utilizada, com valores entre 95 e 370 $\mu S.cm^{-1}$. Esta elevada variação também foi encontrada por Alexandre et al. (2011) devido a sujidade das roupas.

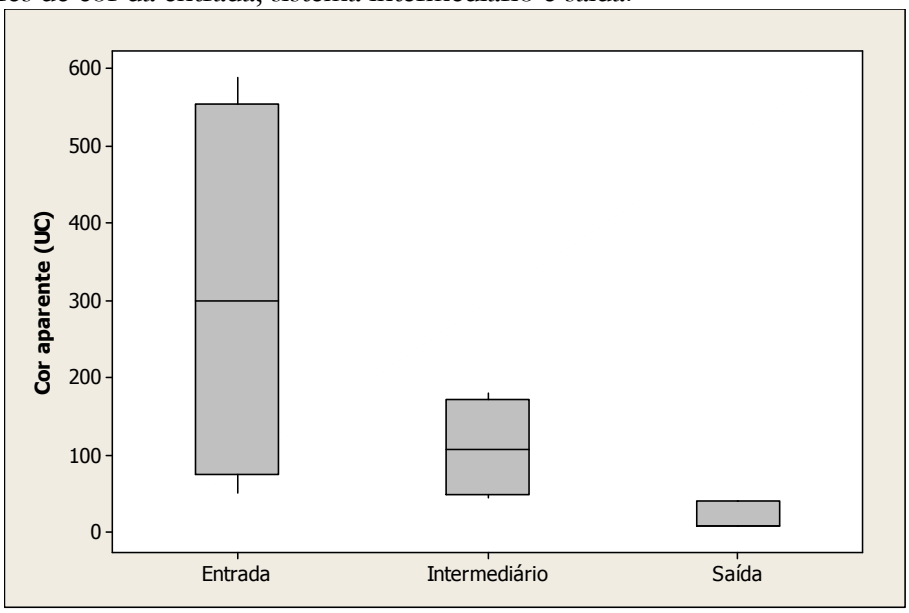
A demanda química de oxigênio (DQO) diminuiu conforme a evolução do tratamento (Figura 8). A entrada apresentou uma variação de 1.100 a 400 $mg.L^{-1}$ com um valor médio na saída de 40,87 $mg.L^{-1}$. Houve uma eficiência de remoção de DQO de aproximadamente 95%, a qual pode ser considerada relativamente alta para sistemas de tratamento de águas cinza. No pós-tratamento de uma lagoa de maturação, Ormonde (2012) utilizou SAC e obteve entre 56,26 a 63,24% de remoção para a análise de DQO. Já Wurochekke et al. (2014) encontrou 85% de remoção de DQO em um Sistema Alagado Construído para o tratamento de águas cinza de uma residência.

Figura 08: Valores de DQO da entrada, sistema intermediário e saída.



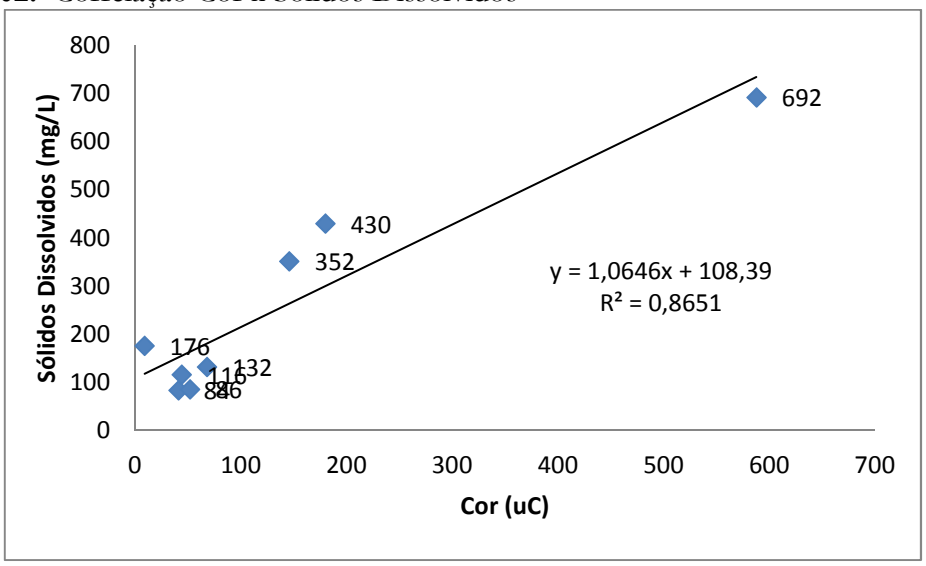
Para a variável cor aparente também houve redução com um valor médio na entrada de 309 UC e na saída de 19,67 UC. A eficiência de remoção de cor aparente foi de 94%.

Figura 09: Valores de cor da entrada, sistema intermediário e saída.



A cor aparente (CA) apresentou uma forte correlação com os sólidos dissolvidos, ou seja, quanto maior os valores de cor aparente das águas cinza, maior a concentração de sólidos dissolvidos (SDT) apresentado pelo gráfico 2.

Gráfico 02: Correlação Cor x Sólidos Dissolvidos



Através do gráfico 2 pode ser gerada a equação 2 que apresentou uma correlação (r^2) de 0,865.

$$\boldsymbol{SDT = 1,064 \times CA + 108,3}$$

equação (2)

Os sólidos apresentaram uma diminuição de forma geral. Os sólidos totais tiveram uma redução de 46%, já para os sólidos dissolvidos a redução foi de 59%. Os sólidos suspensos apresentaram uma redução de 83% e para os sólidos voláteis a redução foi de 89%. A maior eficiência de remoção encontrada foi para os sólidos voláteis, o que pode indicar uma remoção da carga biodegradável. Os sólidos dissolvidos no efluente final apresentaram valor médio de 114,67 $mg.L^{-1}$, que pode ser enquadrado no padrão de potabilidade de água.

Análise de Reuso de Água

Tabela 04: Parâmetros analisados para o reúso da água.

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3
	Descargas em bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas, lavagem de veículos.	Lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação de solo, controle de poeira.	Irrigação de áreas verdes e jardins.
Ph	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0
Cor (uC)	≤ 10 uC		< 30
Turbidez (UNT)	≤ 2		< 2
Sólido Suspenso Total SST	≤ 5 mg/L	30 mg/L	< 20 mg/L
Sólido Dissolvido total SDT	≤ 500 mg/L		450 < SDT< 1500
Condutividade			700 < EC (µS/cm) < 3000

Fonte: ANA, FIESP, SINDUSCON, 2005).

Com a finalidade de reutilizar a água tratada no sistema alagado construído, os resultados de pH, cor, turbidez, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e condutividade obtidos após o tratamento no sistema foram comparados aos

parâmetros considerados padrão para a reutilização em algumas atividades definidos na tabela 3.

O pH médio de 7,27 encontrado pós tratamento se enquadra nas classes 1, 2 e 3, portanto podendo ser reutilizada para as atividades dessas classes.

Para o parâmetro cor com a média de 19,67 poderia ser reutilizado apenas para a classe 3, que se refere às atividades de irrigação de áreas verdes e jardins, no qual permite que a cor seja menor que 30 uC. Considerando o reúso de água em sistemas de vaso sanitário, pode-se inferir a necessidade de inserção de hipoclorito de sódio como sistema de desinfecção, fato que possibilitaria a redução de valores de cor aparente e DQO.

A turbidez média de 4 UNT ficou um pouco acima do permitido para a classe 1 e 3 de 2 UNT.

Quanto aos sólidos suspensos com o valor médio de 6 mg/L poderia ser reutilizado nas classes 2 e 3, o resultado ficou ligeiramente acima do valor limite de 5 mg/L a ser reutilizado na classe 1. Já nos sólidos dissolvidos com o valor médio de 293 mg/L, o efluente poderia ser reutilizado nas classes 1 e 2.

De acordo com a condutividade limite para a reutilização da classe 3 de 700 < EC (μS/cm) < 3000 o efluente tratado poderia ser utilizado com o valor médio de 384 μS/cm.

Considerações Finais

O sistema de tratamento por Sistema Alagado Construído visando tratar e reusar águas cinza apresentou valores de caracterização físico-química com proximidade de atendimento ao reúso urbano residencial para irrigação de áreas verdes e jardins.

Desta forma, o sistema de SAC construído de fluxo subsuperficial horizontal seguido de um SAC construído de fluxo vertical possui viabilidade técnica e econômica para utilização no reúso de águas cinza de sistemas residenciais

e condominiais visando o reúso de água, além de colaborar positivamente para a estética do local em que for implantado.

A eficiência de remoção dos parâmetros cor aparente, turbidez e DQO apresentaram eficiências médias maiores que 90%. Alguns destes parâmetros enquadraram-se nas normas de padrão de potabilidade.

Para trabalhos futuros recomenda-se um maior período de avaliação de tratamento, porém ressalta-se que nesse trabalho ocorreu um período de adaptação do SAC anterior ao monitoramento realizado. Há uma perspectiva de que o tratamento por SAC possa ser utilizado em sistemas reais de tratamento de águas cinza para reuso de água.

Agradecimentos

A Fundação Araucária pela bolsa ofertada para o desenvolvimento do projeto de iniciação científica.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo, 2005. 151p.

ALEXANDRE, E. C. F.; PEREIRA, A. V.; CASTRO, M. L. L.Caracterização e tratamento de águas cinza com fins não potáveis. **Anais do IX Seminário de Iniciação Científica, VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduaçãoe Semana Nacional de Ciência e Tecnologia.** Goiás, 2011.

BRASIL. Ministério da Sáude (2011). Portaria n^0 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: < http://migre.me/qnKNy >. Acesso em: 25 mar. 2014.

COOPER, P.F.; JOB, G. D.; GREEN, M.B.; SHUTES, R.B.E. Reed Beds an constructed wetlands for wastewater treatment.Swindon:WRcplc.1996.184 p.

DUARTE, S. (2002). **Estudo das Potencialidades das Zonas Húmidas Artificiais no Tratamento de Efluentes Agrícolas**. Monografia de final de curso, Departamento de Engenharia Biológica e Química, Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Portugal, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

LIMA, F. T. **Capacidade de Retenção e Dinâmica de um Wetland Construído no Tratamento de Águas Residuais**. 2011. 135f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura), Universidade Estadual Paulista – UNESP.

ORMONDE, V. S. S. **Avaliação de Wetlands construídos no pós-tratamento de efluente de lagoa de maturação**. 2012. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso.

PELISSARI, C. **Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando Wetlands Construídos de escoamento subsuperficial**. 2013. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Santa Maria.

SILVA, S. M. **"Wetlands Construídos" de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos.** 2007. 231f. Dissertação (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

SILVESTRE, A e PEDRO-DE-JESUS, M (2002). **Tratamento de Águas Residuais Domésticas em Zonas Húmidas Artificiais**. Monografia de Final de Curso, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Biológica e Química.

TEIXEIRA, P. C. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água**. 2003.199f. Dissertação (Mestrado em Concentração de Saneamento e Meio Ambiente) – Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

WUROCHEKKE, A. A., HARUN, N. A., MOHAMED, R. M. S. R., KASSIM, A. H. B. M. **Constructed Wetland of Lepironia Ariculata for Household Greywater Treatment.** Revista Elsevier. V. 10, p. 103-109. 2014.

Crise hídrica e de energia elétrica entre 2014-2015 na região Sudeste

Water and electricity crisis between 2014-2015 in the Southeast

Prof. Ms. Daniel Ladeira Almeida[1]
Profa. Dra. Roseli Frederigi Benassi[1]

[1] UFABC, daniel.ladeira@ufabc.edu.br.

Submetido em 28/03/2015
Revisado em 02/04/2015
Aprovado em 02/05/2015

Resumo: A escassez hídrica que tradicionalmente atingia a região Nordestina brasileira, nos últimos anos (2014-2015) uma crise hídrica crônica passou a atingir a região Sudeste; com uma população pouco habituada com manejos de conservação e aproveitamento da água e de grande dependência das fontes hidrelétricas. Amparado por uma análise bibliográfica e estudos desenvolvidos por institutos de pesquisa que já foram divulgados em eventos ou artigos, esse artigo tem como objetivo traçar um panorama dos principais impactos ambientais que atingem os recursos hídricos da região Sudeste. Tais informações poderão oferecer parâmetros aos estudos condizentes com a realidade e as necessidades da conservação dos reservatórios, para o aproveitamento dos múltiplos usos e, principalmente, para a geração de energia elétrica e abastecimento público.
Palavras-chave: Reservatório, hidrelétricas, água, energia.

Abstract: Water scarcity traditionally reached the Brazilian Northeastern region in recent years (2014-2015) a chronic water crisis started to hit the Southeast; with a population unaccustomed to managements of conservation and use of water and heavy dependence on hydroelectric sources. Supported by a literature review and studies by research institutes that have been published in events or articles, this article aims to give an overview of the main environmental impacts that affect water resources in the Southeast. This information may provide parameters to studies consistent with reality and the reservoirs conservation needs for the use of multiple uses and especially for the generation of electricity and public water supply.
Key-words: Reservoir, hydroelectric, water, energy.

Introdução

No final dos anos de 1980 tem início a discussão sobre as legislações que regulam o uso dos recursos hídricos, as quais se aplicam em quatro grupos setoriais que disputam forças: energia, meio ambiente, agricultura e abastecimento público. Tais disputas resultaram em ações desarticuladas nas propostas de conservação dos recursos hídricos, acentuando os conflitos no uso da água em situação de escassez.

No Brasil, a escassez hídrica atingia unicamente a região nordestina, entretanto, nos anos de 2014 e 2015 uma escassez hídrica crônica passou a atingir estados da região Sudeste (que desde 2013 tem os níveis dos seus reservatórios reduzidos), densamente povoados e pouco habituados com manejos de conservação e aproveitamento da água. Esse fator tem a contribuição do desmatamento dos biomas terrestres regionais e deterioração dos biomas aquáticos regionais impulsionados pelo avanço da urbanização que incorpora áreas de mananciais. Além disso, o processo de urbanização acompanhado do aumento da poluição atmosférica e desmatamento permite a formação de ilhas de calor, com isso aumenta a temperatura dos microclimas desprovidos de nebulosidades, devido a diminuição (entre 2014 e 2015) das massas de ar frio formadoras de chuvas.

A queda dos volumes pluviométricos faz diminuir a diluição de efluentes agrícolas e domésticos não tratados que atingem os reservatórios, permitindo um processo acelerado de eutrofização, a depender do estado trófico, que pode variar em regiões tropicais e temperadas. Esses efluentes são compostos de nitrogênio e fósforo responsáveis pela de formação de cianobactérias, que liberam substâncias tóxicas e impede a entrada de luminosidade nas camadas profundas do reservatório e suprimindo grande parte do oxigênio que mantem o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Tais intercorrências ocorridas nas últimas décadas resultaram na diminuição do aporte hídricos dos reservatórios e no aumento da poluição dos recursos hídricos da região Sudeste.

Referenciais Teóricos

Desde o início da Revolução Industrial (entre 1760-1840) o acesso à energia e recursos naturais passou a ser sinônimo de desenvolvimento, sendo sua ausência considerada fator de atraso social e econômico. Em escala global, a busca por esse modelo de desenvolvimento tem exercido uma superexploração dos recursos naturais e aumento gradativo da poluição atmosférica; causas que refletem diretamente nas mudanças climáticas.

As mudanças climáticas globais, também, podem causar impactos no aporte hídrico e na qualidade da água, com alterações na hidrodinâmica e na qualidade da água de lagos e reservatórios. Seus efeitos atingem o sistema de fornecimento de água e qualidade de aproximadamente 21 milhões de pessoas ao dia, que necessita reduzir os custos de tratamento a partir da proteção dos mananciais, ampliar a capacidade preditiva e de antecipação de eventos de alto risco, diminuir o desperdício na distribuição e aprofundar a educação sanitária e ambiental da população e promover a integração do gerenciamento do solo e das atividades agrícolas com gerenciamento de recursos hídricos (Tundisi, 2005, p. 63).

> As avaliações sobre a água, sua disponibilidade e seu papel no desenvolvimento, estão mostrando a necessidade de mudanças substanciais na direção do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos – águas superficiais e subterrâneas (Tundisi, 2005, p. 2).

São fundamentais as obras de saneamento e de aproveitamento hídrico, entretanto, devem ser acompanhadas por uma efetiva aplicação das leis de proteção dos recursos naturais, impedindo-se qualquer flexibilização que permita ao avanço de práticas predatórias e falta de resiliência no aproveitamento dos recursos naturais. Ao contrário das catástrofes ambientais súbitas (a exemplo dos terremotos, tsunamis, atividades vulcânicas etc.), as estiagens que atingem os sistemas hidrológicos por longo prazo, isso caracteriza a necessidade de planejamento para construção e preservação de reservatórios.

O monitoramento da qualidade da água em tempo real é possível quando se busca por informações sobre pH, oxigênio dissolvido, condutividade, temperatura da água, turbidez e potencial redox, sólidos totais em suspensão, sólidos totais dissolvidos. Isso torna mais eficiente a gestão do reservatório, proporciona redução de custos com o tratamento da água e identificação imediata de possíveis problemas agregados de contaminação e poluição (Tundisi, 2005, p. 127).

> Em muitos municípios brasileiros, com mananciais bem conservados e florestas ripárias mantidas com pouco ou nenhum grau de contaminação agrícola, o custo do tratamento da água é de R$ 0,50 a R$ 008/1.000m³. Em águas com mananciais deteriorados, contaminação química ou degradação pela decomposição de biomassa, aumento da toxicidade por florescimento de cianofíceas e liberação de toxinas, os custos do tratamento podem atingir de R$ 35,00 a R$ 40,00/1.000 m³. Portanto, os custos do tratamento estão diretamente relacionados à qualidade da água dos mananciais e das fontes de abastecimento. (Tundisi, 2005, p. 159).

Com isso, é possível introduzir na legislação o princípio do poluidor/pagador com maior eficiência, pois água abundante, de boa qualidade, amplia as perspectivas econômicas e as alternativas para o desenvolvimento local e regional (Tundisi, 2005, p. 168). E para contemplar a demanda crescente por energia elétrica seria fundamental aumentar o grau de eficiência dos sistemas hidroenergéticos já existentes, potencializando-os com ampliação das redes de distribuição e substituição ou ampliação de turbinas geradoras nas hidrelétricas já instaladas.

Metodologia

Como esta é uma pesquisa qualitativa, num primeiro momento exige uma análise bibliográfica e documental. Para Minayo (2000, p. 10), "[...] as metodologias de pesquisa qualitativa são entendidas como aquelas capazes de incorporar a questão do significado e da intencionalidade como inerentes aos atos, às relações e às estruturas sociais [...]".

Na análise bibliográfica, buscar-se estudar a fundamentação sobre a ocorrência crise hídrica e energética que atinge profundamente a região Sudeste do Brasil. Nesse momento, contar-se também com os estudos desenvolvidos com o apoio de institutos de pesquisa que já foram divulgados em eventos ou artigos.

Estudo Realizado

No Brasil, tradicionalmente, a água serve ao abastecimento público é responsável pela geração de 85% da energia elétrica consumida em território nacional; com relação a geração a produção de 1kW requer a vasão de 16.000 litros de água (Tundisi, 2005, p. 29). A elevação das temperaturas acompanhadas de períodos poucos chuvosos diminui a vazão nos reservatórios, e contribuiu para o aumento do consumo de água e de energia elétrica, principalmente na irrigação (água) e climatização de ambientes internos nas cidades (eletricidade).

Nos domínios naturais da bacia hidrográfica do rio Tietê, por exemplo, o estado de São Paulo se desenvolveu economicamente amparado pela oferta de água e energia elétrica, impulsionando o crescimento urbano da região metropolitana de São Paulo que, de forma descriteriosa, foram comprometendo as planícies aluviais do rio Tietê. E as áreas de várzeas chegaram a ter entre 1800m a 2000m de largura, no total as cobriam cerca de 560.000.000m² (Seabra, 1987, p. 65).

As várzeas eram incorporadas tanto para a extração de areia e pedregulho fundamental para a construção civil como para atividades de recreação como clubes de regatas, clubes de campo, campos de futebol e atividades agrícolas (SEABRA, 1987, p. 77). Essas áreas foram suprimidas pelo processo de urbanização, sem o devido planejamento ambiental, fez ampliar a poluição e contaminação de rios, córregos e represas produzindo impactos econômicos em razão da perda de tais atividades promovidas pelos usos dos recursos hídricos, causando efeitos diretos e indiretos na sociedade (Tundisi, 2005, p.66).

> A incipiente urbanização concentrou populações em pequenos pontos do território; nesses espaços saturados o acúmulo de lixo e de dejetos

> humanos provocou surtos de doenças. A peste e outros males foram expressão desses desequilíbrios ambientais, como o que são hoje a malária, a dengue, a leptospirose e a hepatite, consequências do desmatamento, das valas de esgoto, da água contaminada (Minc, 2005, p. 34).

A criação de condições sociais favoreceu ao processo de industrialização, também aumentou a demanda por água, energia e transportes. Estas duas últimas, por pressão da industrialização, se tornaram prioridades para o poder público que, por meio de políticas de concessões, e financiadas pelo capital internacional, concedeu a outorga às empresas estrangeiras a gestão pelos recursos hídricos (Seabra, 1987, p. 121).

A geração e distribuição de energia elétrica na região Sudeste consistiam em atividades, geralmente atreladas à iluminação pública ou empregadas com a finalidade de servir de insumo para transporte, como força motriz para bondes no início do século XX. Com o crescimento da urbanização motivado pela industrialização dos grandes centros urbanos, a energia elétrica passou a ser um componente essencial para as infraestruturas urbanas, distribuição de água e para o desenvolvimento industrial.

No Estado brasileiro, houve um processo de industrialização focado principalmente na ampliação crescente da produção com mínimos investimentos em tecnologias de controle de emissão de poluentes. E por sua vez, o Estado poderia estimular a construção de mecanismos de gerenciamento local dos recursos ambientais estruturado em conhecimentos locais, para desenvolver uma capacidade local de gerenciamento dos recursos hídricos e de minimização dos passivos ambientais.

Entretanto, as práticas predatórias, que em nome do lucro aterraram lagoas, poluíram rios, desfiguraram praias e queimaram florestas, foram legitimadas socialmente pela herança da cultura colonial exploratória (Minc, 2005, p. 47).

O gerenciamento dos recursos hídricos deve ser priorizado pelo Estado e sociedade civil organizada com o objetivo de se evitar conflitos insuperáveis ou de grande custo social e econômico de combate a escassez hídrica. É fundamental

expandir os sistemas de recursos hídricos com atendimento integrado a múltiplos usos, para que o sistema de suprimento de água atue com folga em diferentes períodos, afastando as possibilidades de escassez ou racionamento.

É importante que os projetos de conservação e ampliação dos recursos hídricos que atenda a vários usos ao contrário de projetos emergenciais que atendam a usos individualizados (Lanna, 2002, p. 758). O uso compartilhado da água pode diminuir os custos em projetos de saneamento e ampliação da oferta de água, ao captar recursos financeiros de diversos setores que se utilizam da água.

> A água doce e potável é um recurso cada vez mais raro e caro, por causa do assoreamento (diminuição da profundidade e do volume de água) e da contaminação dos rios. Os ambientalistas defendem a gestão integrada e democrática e o uso múltiplo dos recursos hídricos. O uso da água para abastecimento, para irrigação, para navegação e para geração de energia elétrica tem de ser compatibilizado e a sua qualidade garantida (Minc, 2005, p. 62).

É muito importante entender o conceito de bacia hidrográfica serve de base para uma gestão integrada dos recursos hídricos. Ao adotar a bacia hidrográfica como delimitação territorial para a gestão das águas respeita-se a divisão espacial que a própria natureza edificou.

A bacia hidrográfica pode constituir um ecossistema hidrologicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos, sendo uma unidade física com limites bem definidos que transpõe as barreiras políticas tradicionais (município, estados e países) (Tundisi, 2005, p. 107).

> Seu conceito está associado à noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz. Toda ocorrência de eventos em uma bacia, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade. A medida de algumas de suas variáveis permite interpretar, pelo menos parcialmente, a soma de eventos (Santos, 2004, p. 85).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos tornou-se uma conquista, por ser elaborado de maneira participativa com o objetivo de orientar a gestão de águas na

ótica da sustentabilidade e inclusão social, que visa formulação de políticas públicas e redução dos conflitos pelo uso da água. "Uma análise consequente dos problemas de gestão de recursos hídricos deve identificar responsabilidades coletivas, mas profundamente diferenciadas, entre grupos sociais que interagem em dado território" (Ioris, 2010, p. 213).

> A abordagem tradicional para a gestão de recursos hídricos sempre foi realizada de forma compartimentada e não integrada. Foi necessário um longo tempo, cerca de 50 anos, para limnólogos e engenheiros iniciarem sua interação na gestão das águas. A abordagem tradicional da engenharia, que é o tratamento de água, provém da concepção de que com a tecnologia é possível tratar qualquer água e produzir água potável. Mesmo sendo verdade, os custos do tratamento tornam-se proibitivos, encarecendo demasiadamente a produção de água potável. Por outro lado, é necessário dar condições para cuidar dos mananciais e das fontes de abastecimento de água potável, assim, os cuidados no gerenciamento devem incluir da "fonte à torneira" e tratar de todo o sistema de produção de água. (Tundisi, 2005, p. 107).

Nesse sentido, a degradação ambiental dos reservatórios ocorre pela falta ações integrada de preservação dos mananciais entre as empresas públicas que operam e se utilizam dos reservatórios, prefeituras e demais atores da sociedade civil. Isso deixa claro o conflito entre as jurisprudências ambientais e realidade local que compromete a capacidade de resiliência do reservatório, por meio do "[...] uso inadequado do solo que resulta em perdas econômicas para os usos e conservação dos recursos hídricos" (Tundisi, 2005, p. 64).

Tais causas é resultado de um gerenciamento não coordenado dos recursos hídricos disponíveis e não reconhecimento de que saúde humana e qualidade da água são interativos (Tundisi, 2005, p. 108).

> O planejamento integrado deve desenvolver uma visão abrangente de planejamento, políticas públicas, tecnológicas e de educação a fim de promover um processo de longo prazo que conte com a participação de usuários, autoridades, cientistas e do público em geral, além das organizações e instituições públicas e privadas. Interações entre os indivíduos, as organizações e o uso e serviços dos ecossistemas aquáticos exigem ampla e completa análise e avaliação em um contexto local, regional e global (Rosengrant, 1996; Rosengrant *et al*., 1994, 1995 *apud* Tundisi, 2005, p. 116).

Existem variadas ações de recuperação de bacias hidrográficas, mesmo assim é importante ressaltar medidas fundamentais para ampliação da capacidade de auto-sustentação do sistema hídrico, como: a conservação e recuperação de áreas alagadas como sistema tampão e de tratamento, reflorestamento de mata ciliar, controle da erosão para diminuir o assoreamento e tratamento de efluentes domésticos e industriais (Tundisi, 2005).

A tabela 1.1 ressalta os principais problemas relacionados aos recursos hídricos e destaca algumas ações que devem ser estruturadoras na gestão dos recursos hídricos.

Tabela 1.1: Integração entre problemas nos recursos hídricos

Problema na área de recursos hídricos	**Manifestações físicas diretas e indiretas**	**Implicações para o gerenciamento**	**Implicações na administração**
Erosão e assoreamento: compromete a geração hidroenergética, pesca e capacidade de reserva.	Aumento da sedimentação em rios e reservatórios. Resultado: mau gerenciamento do sistema terrestre.	Ausência de planejamento e gerenciamento adequado: e de programas de proteção e restauração e ajuda técnica.	Múltiplas agências de controle e falta de articulação em bacias hidrográficas, ações não coordenadas.
Enchentes: perdas econômicas em agricultura e de infraestrutura.	Aumento dos picos de enchentes, em razão da ocupação das várzeas, e aumento das taxas de sedimentação do sistema. Mistura de águas residuárias e água de enchentes.	Deficiência no gerenciamento das bacias, falta de controle do sistema terrestre, mais práticas agrícolas, ausência de sistema de alerta de enchentes.	Ausência de articulação institucional e a consideração da enchentes como um problema mais amplo de gerenciamento integrado institucional.
Irrigação: perdas econômicas para a agricultura e abastecimento público.	Uso excessivo da água para irrigação. Redução do fluxo de águas de superfície.	Ausência de gerenciamento em irrigação ou uso excessivo de águas subterrâneas.	Falta de articulação institucional especialmente no gerenciamento da irrigação.
Poluição das águas: perdas econômicas para a agricultura, pesca, indústria e aumento dos custos do tratamento de águas.	Poluição biológica causada por disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos em zonas rurais e urbanas. Poluição química proveniente de pesticidas, herbicidas, fertilizantes e indústrias químicas.	Ausência de saneamento básico em áreas rurais e urbano, deficiência na disposição de resíduos sólidos, uso inadequados de agentes químicos agrícolas e ocupação irregular de mananciais.	Falta de articulação entre agências de controle de poluição. Agências de recursos hídricos não tem controle sobre a poluição.

Fonte: Modificado de Tundisi, 2005, p. 125.

expandir os sistemas de recursos hídricos com atendimento integrado a múltiplos usos, para que o sistema de suprimento de água atue com folga em diferentes períodos, afastando as possibilidades de escassez ou racionamento.

É importante que os projetos de conservação e ampliação dos recursos hídricos que atenda a vários usos ao contrário de projetos emergenciais que atendam a usos individualizados (Lanna, 2002, p. 758). O uso compartilhado da água pode diminuir os custos em projetos de saneamento e ampliação da oferta de água, ao captar recursos financeiros de diversos setores que se utilizam da água.

> A água doce e potável é um recurso cada vez mais raro e caro, por causa do assoreamento (diminuição da profundidade e do volume de água) e da contaminação dos rios. Os ambientalistas defendem a gestão integrada e democrática e o uso múltiplo dos recursos hídricos. O uso da água para abastecimento, para irrigação, para navegação e para geração de energia elétrica tem de ser compatibilizado e a sua qualidade garantida (Minc, 2005, p. 62).

É muito importante entender o conceito de bacia hidrográfica serve de base para uma gestão integrada dos recursos hídricos. Ao adotar a bacia hidrográfica como delimitação territorial para a gestão das águas respeita-se a divisão espacial que a própria natureza edificou.

A bacia hidrográfica pode constituir um ecossistema hidrologicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos, sendo uma unidade física com limites bem definidos que transpõe as barreiras políticas tradicionais (município, estados e países) (Tundisi, 2005, p. 107).

> Seu conceito está associado à noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz. Toda ocorrência de eventos em uma bacia, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade. A medida de algumas de suas variáveis permite interpretar, pelo menos parcialmente, a soma de eventos (Santos, 2004, p. 85).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos tornou-se uma conquista, por ser elaborado de maneira participativa com o objetivo de orientar a gestão de águas na

ótica da sustentabilidade e inclusão social, que visa formulação de políticas públicas e redução dos conflitos pelo uso da água. "Uma análise consequente dos problemas de gestão de recursos hídricos deve identificar responsabilidades coletivas, mas profundamente diferenciadas, entre grupos sociais que interagem em dado território" (Ioris, 2010, p. 213).

> A abordagem tradicional para a gestão de recursos hídricos sempre foi realizada de forma compartimentada e não integrada. Foi necessário um longo tempo, cerca de 50 anos, para limnólogos e engenheiros iniciarem sua interação na gestão das águas. A abordagem tradicional da engenharia, que é o tratamento de água, provém da concepção de que com a tecnologia é possível tratar qualquer água e produzir água potável. Mesmo sendo verdade, os custos do tratamento tornam-se proibitivos, encarecendo demasiadamente a produção de água potável. Por outro lado, é necessário dar condições para cuidar dos mananciais e das fontes de abastecimento de água potável, assim, os cuidados no gerenciamento devem incluir da "fonte à torneira" e tratar de todo o sistema de produção de água. (Tundisi, 2005, p. 107).

Nesse sentido, a degradação ambiental dos reservatórios ocorre pela falta ações integrada de preservação dos mananciais entre as empresas públicas que operam e se utilizam dos reservatórios, prefeituras e demais atores da sociedade civil. Isso deixa claro o conflito entre as jurisprudências ambientais e realidade local que compromete a capacidade de resiliência do reservatório, por meio do "[...] uso inadequado do solo que resulta em perdas econômicas para os usos e conservação dos recursos hídricos" (Tundisi, 2005, p. 64).

Tais causas é resultado de um gerenciamento não coordenado dos recursos hídricos disponíveis e não reconhecimento de que saúde humana e qualidade da água são interativos (Tundisi, 2005, p. 108).

> O planejamento integrado deve desenvolver uma visão abrangente de planejamento, políticas públicas, tecnológicas e de educação a fim de promover um processo de longo prazo que conte com a participação de usuários, autoridades, cientistas e do público em geral, além das organizações e instituições públicas e privadas. Interações entre os indivíduos, as organizações e o uso e serviços dos ecossistemas aquáticos exigem ampla e completa análise e avaliação em um contexto local, regional e global (Rosengrant, 1996; Rosengrant *et al*., 1994, 1995 *apud* Tundisi, 2005, p. 116).

Existem variadas ações de recuperação de bacias hidrográficas, mesmo assim é importante ressaltar medidas fundamentais para ampliação da capacidade de auto-sustentação do sistema hídrico, como: a conservação e recuperação de áreas alagadas como sistema tampão e de tratamento, reflorestamento de mata ciliar, controle da erosão para diminuir o assoreamento e tratamento de efluentes domésticos e industriais (Tundisi, 2005).

A tabela 1.1 ressalta os principais problemas relacionados aos recursos hídricos e destaca algumas ações que devem ser estruturadoras na gestão dos recursos hídricos.

Tabela 1.1: Integração entre problemas nos recursos hídricos

Problema na área de recursos hídricos	**Manifestações físicas diretas e indiretas**	**Implicações para o gerenciamento**	**Implicações na administração**
Erosão e assoreamento: compromete a geração hidroenergética, pesca e capacidade de reserva.	Aumento da sedimentação em rios e reservatórios. Resultado: mau gerenciamento do sistema terrestre.	Ausência de planejamento e gerenciamento adequado: e de programas de proteção e restauração e ajuda técnica.	Múltiplas agências de controle e falta de articulação em bacias hidrográficas, ações não coordenadas.
Enchentes: perdas econômicas em agricultura e de infraestrutura.	Aumento dos picos de enchentes, em razão da ocupação das várzeas, e aumento das taxas de sedimentação do sistema. Mistura de águas residuárias e água de enchentes.	Deficiência no gerenciamento das bacias, falta de controle do sistema terrestre, mais práticas agrícolas, ausência de sistema de alerta de enchentes.	Ausência de articulação institucional e a consideração da enchentes como um problema mais amplo de gerenciamento integrado institucional.
Irrigação: perdas econômicas para a agricultura e abastecimento público.	Uso excessivo da água para irrigação. Redução do fluxo de águas de superfície.	Ausência de gerenciamento em irrigação ou uso excessivo de águas subterrâneas.	Falta de articulação institucional especialmente no gerenciamento da irrigação.
Poluição das águas: perdas econômicas para a agricultura, pesca, indústria e aumento dos custos do tratamento de águas.	Poluição biológica causada por disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos em zonas rurais e urbanas. Poluição química proveniente de pesticidas, herbicidas, fertilizantes e indústrias químicas.	Ausência de saneamento básico em áreas rurais e urbano, deficiência na disposição de resíduos sólidos, uso inadequados de agentes químicos agrícolas e ocupação irregular de mananciais.	Falta de articulação entre agências de controle de poluição. Agências de recursos hídricos não tem controle sobre a poluição.

Fonte: Modificado de Tundisi, 2005, p. 125.

Os mecanismos que envolvem o aproveitamento e conservação dos sistemas hídricos possui grande complexidade devido a interdependência dos fatores físicos, químicos e biológicos (Tundisi, 2005, p.128). Isso exige ações interdisciplinares para reverter os impactos ambientais causados pelas atividades humanas sobre os recursos hídricos, e dificilmente uma única área do conhecimento pode contemplar todas as aplicações de recuperação e preservação dos sistemas hídricos.

Formar recursos humanos voltados para a preservação e recuperação de recursos hídricos é fundamental para o sucesso da sua gestão. Isso envolve investimentos pesquisas e formação educacional, dessa forma são criadas bases científicas capaz de lidar com as novas tecnologias e estruturadoras dos projetos de recuperação e preservação dos sistemas hídricos.

> Um dos aspectos mais importantes que tem sido destacado pelos especialistas na formação de recursos humanos – pesquisadores e gerentes em recursos hídricos – é a necessidade cada vez mais reconhecida de trabalho prático que envolva pesquisa de campo e trabalho em contato direto com os problemas. (Tundisi, 2005, p. 181).

O sucesso do planejamento ambiental nos recursos hídricos está diretamente ligado a coalização de forças das instituições que usam, zelam e operam o reservatório. Isso envolve avaliar o planejamento ambiental pelos seus resultados, e não somente pelos gastos de recursos investidos pelas instituições. Por isso, é fundamental a execução do planejamento ambiental que priorize bons resultados e uma gestão sólida, e descolar da visão economicista que tem como objetivo movimentar a economia por meio de gastos públicos e distantes das políticas ambientais.

Considerações Finais

A produção acadêmica deve promover a mobilização de grande público para as questões hídricas presentes nas comunidades locais; sob várias abordagens os conhecimentos acadêmicos podem envolver questões hídricas em todos os

níveis de formação. Assim, é ampliada a participação da sociedade civil em ações em que sejam aplicados maiores investimentos em saneamento por todas as esferas estatais; isso envolve criar bases de sustentação social que reconheçam a importância da manutenção e recuperação dos sistemas hídricos.

A conservação de florestas nativas são ações fundamentais para a geração de água, considerado o insumo mais utilizado nas atividades produtivas. Além disso, manter parte da vegetação nativa garante permanência de espécies animais e vegetais necessários para o processo de polinização vegetal, o que ampara a produção agrícola.

É importante que as pressões políticas estimuladas por interesses corporativos não se sobreponham as comprovações científicas que respeita a resiliências dos recursos ambientais. Existem pesquisas que associam a escassez hídrica na região Sudeste ao desmatamento da Amazônia, devido à perda de massas de ar continentais que perdem força pela ausência da densa vegetação da floresta Amazônia. Nessa floresta existe uma imensa bacia hidrográfica, e sua vegetação absorve a umidade do subsolo de correntes oceânicas e a emite em forma de vapor nas camadas superiores da atmosfera, com isso formam correntes de ar que exportam chuvas para áreas distantes, esse processo é conhecido como rios voadores.

Por isso, e necessário impedir o avanço do desmatamento e reflorestar com espécies nativas parte das áreas desmatadas. A floresta Amazônica é capaz de manter na continentalidade as massas de ar oceânicas, mas com a ausência da sua vegetação a floresta pode perder essa capacidade de manter essa umidade podendo influenciar outras regiões do país ou áreas localizadas na mesma latitude.

O levantamento de dados científicos sobre tais fatos são fundamentais para gerenciar o uso e ocupação do solo e medidas compensadoras dos impactos ambientais já ocorridos.

Além disso, por falta de programas de incentivos a conservação ambiental e de educação ambiental faz com que o Brasil desperdice uma grande quantidade de

energia e recursos naturais, pelo fato de não priorizar as políticas de saneamento e o uso reacional dos recursos naturais.

Referências

IORIS, A. A. R. Da foz às nascentes: análise histórica e apropriação econômica dos recursos hídricos no Brasil. In: ALMEIDA, A. W. B. de et al. **Capitalismo globalizado e recursos territoriais**: fronteiras da acumulação no Brasil contemporâneo. Rio de Janeiro: Lamparina, 2010, p. 211-255.

LANNA, A. E. Gestão dos Recursos Hídricos. In: **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 3ª ed., 2002, p. 727 - 768.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do Conhecimento**. São Paulo: Hucitec; Rio de Janeiro: Abrasco, 2000.

MINC, C. **Ecologia e cidadania**. 2ªed. São Paulo: Moderna, 2005.

ROSENGRANT, M. W. **Water resources in the 21 century: increasing scarcity, declining, quality, and implications for action**. UNU, IAS, 52 p., 1996.

SEABRA, O. C. de L. **Os meandros dos rios nos meandros do poder: Tietê e Pinheiros – valorização dos rios e das várzeas na cidade de São Paulo**. São Paulo, 1987. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia e Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

TUNDISI, J. G. **Água no Século: enfrentado a escassez**. 2ªed. São Carlos: RiMa, IIE, 2005.

Observação do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) de diferentes tipos de vegetação nativa no período de estiagem de 2011 e 2014, em Piracicaba-SP

Observation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of different types of native vegetation in the dry season of 2011 and 2014 , in Piracicaba -SP

Tiago Rodrigues Tavares[1]
Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio[1]
Maurício Martello[1]
Taila Fernanda Strabeli[1]
Prof. Ms. Pedro Paulo da Silva Barros[1]

[1] Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas– ESALQ/USP, tiagosrt@usp.br

Submetido em 27/03/2015
Revisado em 09/04/2015
Aprovado em 07/05/2015

Resumo: Diante deste marcante ano de seca e da frágil vegetação nativa de Piracicaba-SP, este trabalho objetivou comparar o NDVI através de imagens Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) de diferentes fitofisionomias deste município no período de estiagem de 2011 e 2014. Para caracterização do período de estiagem foram utilizados os dados de precipitação mensal da série histórica de 1984-2014 registrados na estação meteorológica da ESALQ-USP. Também foi calculado o Índice de Anomalia de Chuva (RAI) do período de janeiro a setembro dos anos estudados. As imagens foram processadas utilizando *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e obtiveram-se os valores médios de NDVI de cada tipo de vegetação após o período de seca de ambos os anos. Foi utilizado delineamento de blocos inteiramente casualizados com 3 tratamentos e 2 blocos e teste de turkey para comparação de médias. A fim de facilitar a visualização e interpretação da variação temporal do NDVI, também foi realizada a operação matemática de subtração entre os mesmos fragmentos dos dois anos analisados. Foi constatado que as vegetações nativas de Piracicaba não apresentaram variação temporal de NDVI após o período de estiagem nos anos de 2011 e 2014.
Palavras-chave: anomalia de chuva, geotecnologia, índice de vegetação, seca

Abstract: Given this atypical drought and the fragile native vegetation of Piracicaba-SP, this study compares the NDVI through Landsat 5 (TM) and Landsat 8 (OLI) images of different vegetation types in this city in the drought of 2011 and 2014. To characterize the drought we used data of the monthly precipitation time series from 1984 to 2014 recorded at the weather station at ESALQ-USP. We also calculated the Rain Anomaly Index (RAI) for the period from January to September of the studied years. The images were processed using softwares of Geographic Information System (GIS) for the obtainment of the average NDVI values of each vegetation type after the dry period for both years. Completely randomized block design with three treatments and two blocks and Turkey test for comparison of means were used. To facilitate the visualization and interpretation of the temporal variation of NDVI, the mathematical operation of subtraction was also performed between the same fragments of the two years analyzed. It was found that the native vegetation of Piracicaba showed no temporal variation of NDVI after the drought in 2011 and 2014.
Key-words: rainfall anomaly, geotechnology, vegetation index, drought

Introdução

Ainda não se chegou ao um consenso sobre as consequências das mudanças climáticas globais, no entanto a maioria da comunidade científica concorda que já ocorreram impactos relevantes, colocando em risco o equilíbrio do planeta (Gore, 2006). Segundo Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS (2009), a atenuação dos efeitos deste fenômeno global e a adaptação a estas alterações são grandes desafios da atualidade.

Segundo Gutiérrez *et al.* (2014), o aumento da intensidade ou frequência de eventos extremos, como ondas de calor, secas prolongadas, enchentes, tufões e tornados são efeitos que poderão ocorrer, causados pelas mudanças climáticas, porém segundo alguns cientistas, acredita-se que a confiabilidade é baixa para o aumento da ocorrência destes extremos do tempo e clima (Nobre, 2001).

No Brasil, tem-se percebido na região sudeste que seus períodos de secas estão sendo cada vez mais intensos e prolongados, inclusive no período chuvoso de outubro a março (Minuzzi *et al.* 2007). Segundo Nobre (2014), a falta de precipitação, sentida principalmente no Sudeste, em especial no estado de São Paulo, seria consequência indireta do desflorestamento da Floresta Amazônica.

Claramente o ano de 2014 foi marcado por apresentar um período de estiagem bastante marcante, com precipitação de vários meses abaixo da média histórica. Gutiérrez *et al.*(2014), relata que esta provável intensificação de secas extremas ocasionadas pelas mudanças climáticas no Brasil ampliam a importância de medidas pró-ativas para aumentar a resiliência aos impactos esperados.

Paralelamente as alterações climáticas, houve uma acelerada degradação das formações florestais no Estado de São Paulo, as quais foram intensificadas principalmente pela expansão da fronteira agrícola, desde a cultura cafeeira no início do século XIX até a cultura canavieira mecanizada dos dias atuais. Esta última veio como proposta energética do país, frente à crise mundial de combustíveis e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Troppmair, 1969; Victor, 1975; Compeán & Polenske, 2011).

O município de Piracicaba perdeu suas áreas verdes de forma acelerada nos últimos anos, em 1999 só restavam apenas 2,1% da cobertura florestal nativa e 87,8% era fragmentos menores que 50 ha; atualmente apenas pequenos fragmentos, isolados e altamente perturbados são encontrados; (Rodrigues, 1999; Nascimento *et al.*, 1999).

Em 2001, na bacia do Rio Piracicaba existiam mais de 7.000 indústrias e aproximadamente 31% da bacia estava coberta por cana de açúcar (Lara *et al.*, 2001). Estas mudanças de uso da terra e a alta atividade industrial são consideradas forçantes responsáveis pela intensificação do processo de degradação e desequilíbrio ambiental.

Essa expressiva fragmentação e perturbação dos fragmentos de vegetação nativa de Piracicaba associada ao possível aumento da frequência e intensidade de períodos secos podem trazer impactos ambientais e sociais ao município, que integra o consórcio PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí), responsáveis pelo abastecimento de água da grande São Paulo.

Uma ferramenta para monitoramento da vegetação é o uso de sensores remotos e índices de vegetação, como *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) proposto por Rouse *et al.*, (1973). O NDVI possui forte relação com o aspecto vegetativo e possibilita o estudo da dinâmica da vegetação em períodos adversos, como de estresse hídrico, pois é sensível a variação na atividade fotossintética em períodos de baixa oferta pluvial (Poelking *et al.*, 2007).

O NDVI tem se apresentando como uma ferramenta eficaz no monitoramento e análise temporal da vegetação (Ponzoni *et al.*, 2012); a semelhança de Melo (2011), utilizando NDVI calculado a partir de imagens Landsat 2 (MSS) e Landsat 5 (TM) avaliou de maneira satisfatória as reais condições de conservação e de degradação ambiental da microbacia do Riacho dos Cavalos, município de Crateús – CE.

O índice é calculado a partir da reflectância das faixas do infravermelho próximo (720 – 1100 nanômetros) e a faixa do vermelho (645 – 720 nanômetros).

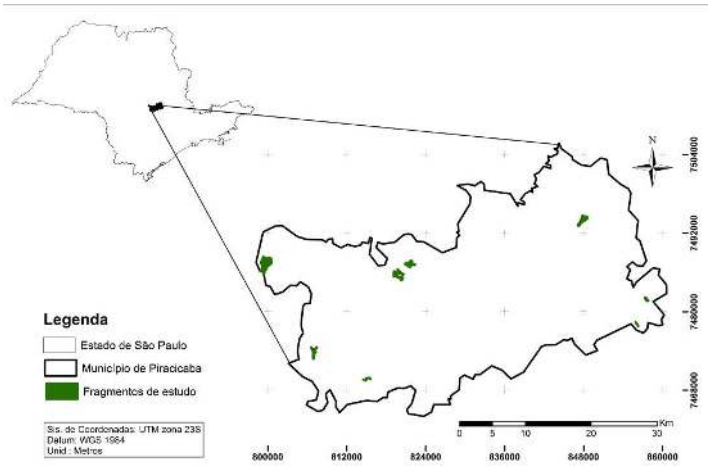
A interação da energia incidente com a estrutura do mesófilo da folha gera altos valores de reflectância na faixa do infravermelho próximo e a clorofila é responsável pela absorção da energia na faixa do vermelho, propiciando assim diferenciar e analisar a vegetação (Jensen, 2009).

Diante da frágil vegetação nativa do município de Piracicaba e da intensa seca presenciada neste ano no sudeste brasileiro, surge a necessidade de se entender o comportamento da vegetação nativa frente a estes efeitos extremos. Assim, este trabalho teve como objetivo comparar o comportamento temporal de diferentes fitofisionomias utilizando o NDVI de imagens Landsat nos anos de 2011 e 2014.

Metodologia de Trabalho

A área de estudo abrangeu diferentes fragmentos de vegetação nativa do município de Piracicaba – SP. O município possui uma área territorial de 1.378,501 km² e situa-se no centro oeste do Estado de São Paulo, entre a coordenadas UTM, latitude 7464699 - 7507168 S e longitude 181752 - 244266 E, Zona 23S (Figura1). A vegetação natural é classificada pelo Sistema Fitogeográfico Brasileiro como Floresta Estacional Semidecidual, com a presença de formações mistas com savana arbustivo-herbácea (IBGE, 2012).

Figura 01: Localização geográfica das áreas de estudo.



O clima da região de Piracicaba está classificado segundo Köppen, como mesotérmico subtropical (Cwa), Apresentando inverno frio e seco, de abril a setembro, e verão quente e chuvoso, de outubro a março (Rolim *et al.*, 2007; Barros, 2012). A temperatura média dos meses mais quentes fica em torno de 22ºC e dos meses mais frios 18ºC. As chuvas ocorrem com maior frequência nos períodos de verão, exibindo precipitação média anual entorno de 1.250mm (Barros, 2012).

Para caracterização do regime de chuva foram analisados dados de precipitação de janeiro a setembro de 2011, 2014 e da série histórica de 1984 a 2014; registrados na estação meteorológica convencional, disponibilizados pelo departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Para a caracterização da seca deste período foi utilizado o índice de anomalia de chuva (*Rainfall Anomaly Index* – RAI), desenvolvido por Rooy (1965). Este índice foi escolhido, pois faz uma comparação entre a precipitação observada, a precipitação média e as precipitações extremas, permitindo conhecer o desvio da precipitação (anomalia de chuva) em relação à condição normal de chuva (Fernandes *et al.*, 2009). As anomalias positivas e negativas foram calculadas segundo as equações 1 e 2, respectivamente.

$$RAI = 3\left[\frac{p - \bar{p}}{\bar{m} - \bar{p}}\right] \quad (1)$$

$$RAI = -3\left[\frac{p - \bar{p}}{\bar{x} - \bar{p}}\right] \quad (2)$$

Sendo: p : precipitação observada (mm);

$\bar{p}$: precipitação média (mm);

$\bar{m}$: representa as médias dos 10 valores mais altos;

$\bar{x}$: representa a média dos 10 valores mais baixos.

Para a interpretação do RAI o autor classifica os valores do índice em um esquema de nove categorias, variando de ≥ 4 (extremamente úmido) a ≤ -4 (extremamente seco). Nesta interpretação, meses com índice variando entre -0,5 e +0,5 são considerados de precipitação normal, ou seja, sua precipitação não desviou o suficiente das médias históricas de precipitação para que este fosse caracterizado como seco ou húmido; Por outro lado, meses com índice inferior a -0,5 são avaliados como meses secos, aumentando sua intensidade de seca conforme o aumento modular do índice (Rooy, 1965). A Tabela 1 resume a interpretação de cada categoria do índice utilizado.

Tabela 01: Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (Rooy, 1965)

RAI	Classificação
≥ 4,00	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,51 a 1,99	Umidade baixa
-0,5 a +0,5	Normal
-1,99 a -0,51	Seca suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a -3,99	Seca alta
≤ -4,00	Extremamente seco

Para análise espectro-temporal dos fragmentos vegetais foram adquiridas imagens dos satélites Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) datadas, respectivamente, em 19 de setembro de 2011 e 11 de setembro de 2014, na órbita/ponto 220/76, ambas disponibilizadas de forma gratuita pela NASA via U.S. (*Geological Survey* USGS).

As imagens foram pré-processadas no *software* ENVI 5.1, onde se realizou a correção radiométrica, pela função: *Radiometric Calibration*; e a correção atmosférica através da função: *Dark Subtration*.

Após o pré-processamento, as imagens foram importadas e processadas por meio do *software* ArcGIS 10.0. Para a geração do NDVI foram utilizadas as bandas da região do vermelho e infravermelho, as quais no satélite Landsat 5 correspondem às bandas TM 3 e TM 4 e no Landsat 8, às bandas OLI 4 e OLI 5, respectivamente. O cálculo deste índice de vegetação foi realizado através da função *Raster Calculator*.

Também foi utilizada a base de dados vetoriais (*shapefile*), cedido pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2014), com a classificação dos fragmentos de diferentes tipos de vegetação nativa de Piracicaba. Destes fragmentos vegetais foram escolhidos os dois maiores fragmentos das fitofisionomias: Floresta Estacional Semidecidual, Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual e Vegetação Secundária da Floresta Estacional em contato com Savana. Através da função *Extract by Mask* foram extraídos os *layers* de NDVI para cada fragmento vegetal e gerados mapas temáticos dos valores de NDVI de cada tipo de vegetação para cada imagem adquirida.

As médias de NDVI para os tipos de vegetação nos diferentes anos analisados foram obtidas através da extração de 10 valores pontuais aleatorizados dentro de cada um dos fragmentos vegetais estudados, totalizando assim, 20 pontos por fitofisionomia.

Para análise estatística, foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com três tratamentos e dois blocos. Os tratamentos foram os diferentes tipos de vegetação (T1-Floresta Estacional Semidecidual, T2- Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual e T3- Vegetação Secundária da Floresta Estacional em contato com Savana) e os blocos as diferentes datas (Set/2011 e set/2014). Para a análise de variância e teste de comparação de médias,

utilizou-se o *software* estatístico ASSISTAT 7.7 beta, disponibilizado pela Universidade Federal de Campina Grande-PB.

A fim de facilitar a visualização e interpretação da variação temporal do NDVI foi realizada a operação matemática de subtração (equação 3) entre os mapas de cada fragmento vegetal dos dois anos de estudo. Esta operação foi realizada também através da função *Raster Calculator* do *software* ArcGIS.

$$DIF_{11-14} = NDVI_{2011} - NDVI_{2014} \qquad (3)$$

Sendo:

DIF_{11-14} : corresponde aos mapas gerados pela diferença de NDVI entre Set/2011 e Set/2014 de cada fragmento vegetal estudado;

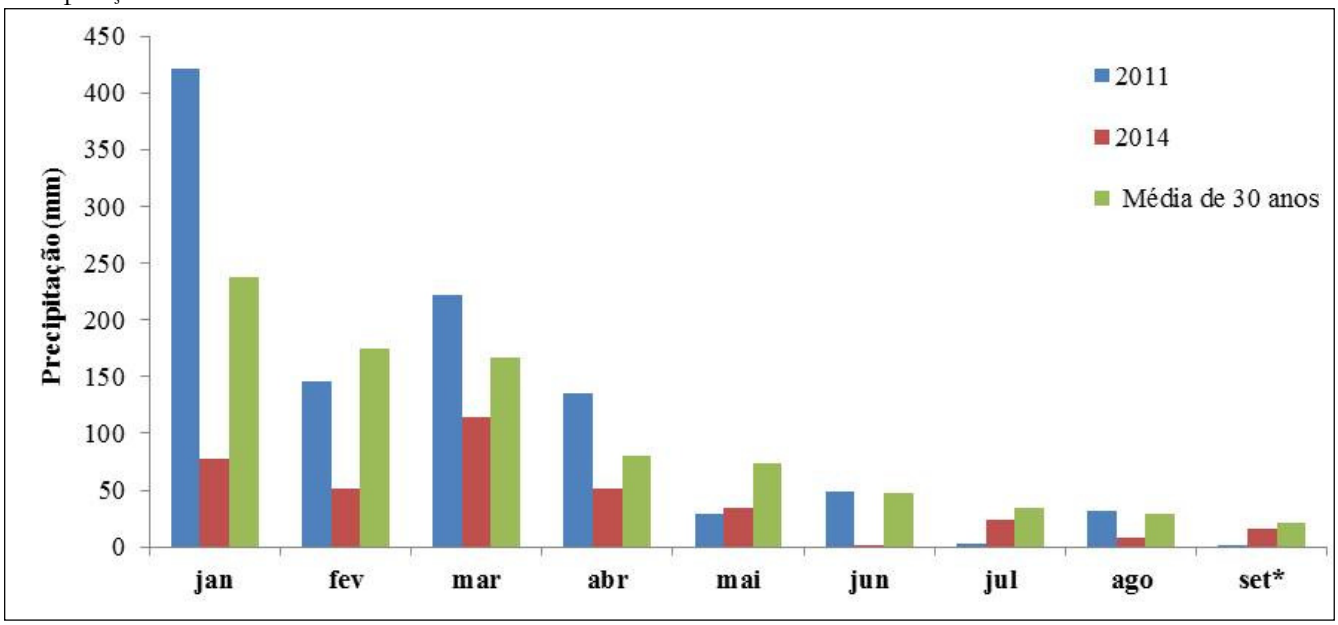
$NDVI_{2014}$: corresponde aos mapas de NDVI de cada fragmento vegetal em Set/2014;

$NDVI_{2011}$: corresponde aos mapas de NDVI de cada fragmento vegetal em Set/2011.

Resultados e Discussões

Na Figura 2 é apresentada a variação dos valores de precipitação para os períodos de janeiro a setembro de 2011 e 2014; e a média histórica de chuva para estes mesmos meses. Podemos observar que o ano de 2014 apresentou em todos os meses analisados precipitação inferior à média normal. Por outro lado, analisando o ano de 2011, seu período de janeiro a março apresentou altos níveis de precipitação, no entanto, os meses de julho e setembro foram marcados por índices de precipitação próximos a zero.

Figura 02: Precipitação observada de janeiro a setembro de 2011 (azul) e 2014 (vermelho) e Precipitação média da série histórica de.

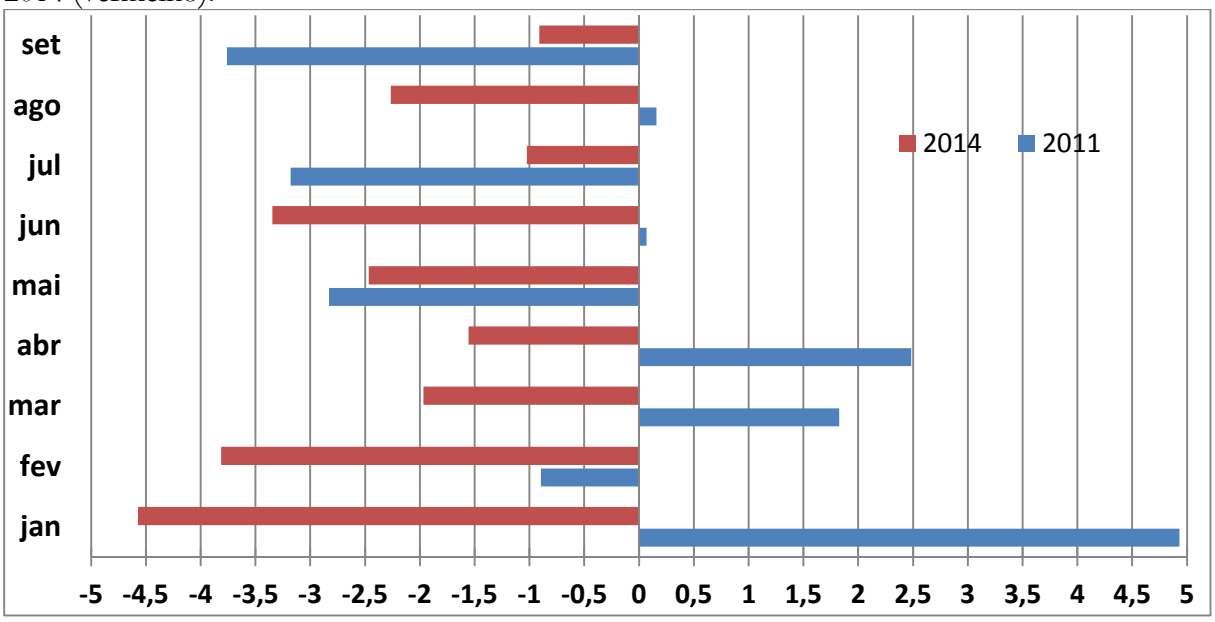


*Precipitação acumulada para o período do mês que antecedeu a imagem analisada.

Os dados de índice de seca nos permite realizar uma segunda avaliação dos dados de precipitação, possibilitando um melhor entendimento do regime de chuva de cada ano. Permite-nos também uma interpretação mais clara, baseada na classificação deste índice proposta por Rooy (1965), conforme descrita na metodologia do trabalho.

Na Figura 3 podemos analisar o comportamento do RAI no período estudado. Notamos que o ano de 2014 apresentou este índice constantemente negativo, corroborando com os dados de precipitação da Figura 2. Observamos também, que os meses de janeiro, fevereiro e junho foram os que apresentaram secas mais fortes; todos com RAI inferior a -3 (seca alta), sendo janeiro o caso mais severo de seca, onde alcançou RAI inferior a -4 (extremamente seco); e ainda, que no segundo semestre (julho a setembro) foi presenciada uma seca de suave a moderada, com RAI entre -0,9 e -2,3 (seca suave).

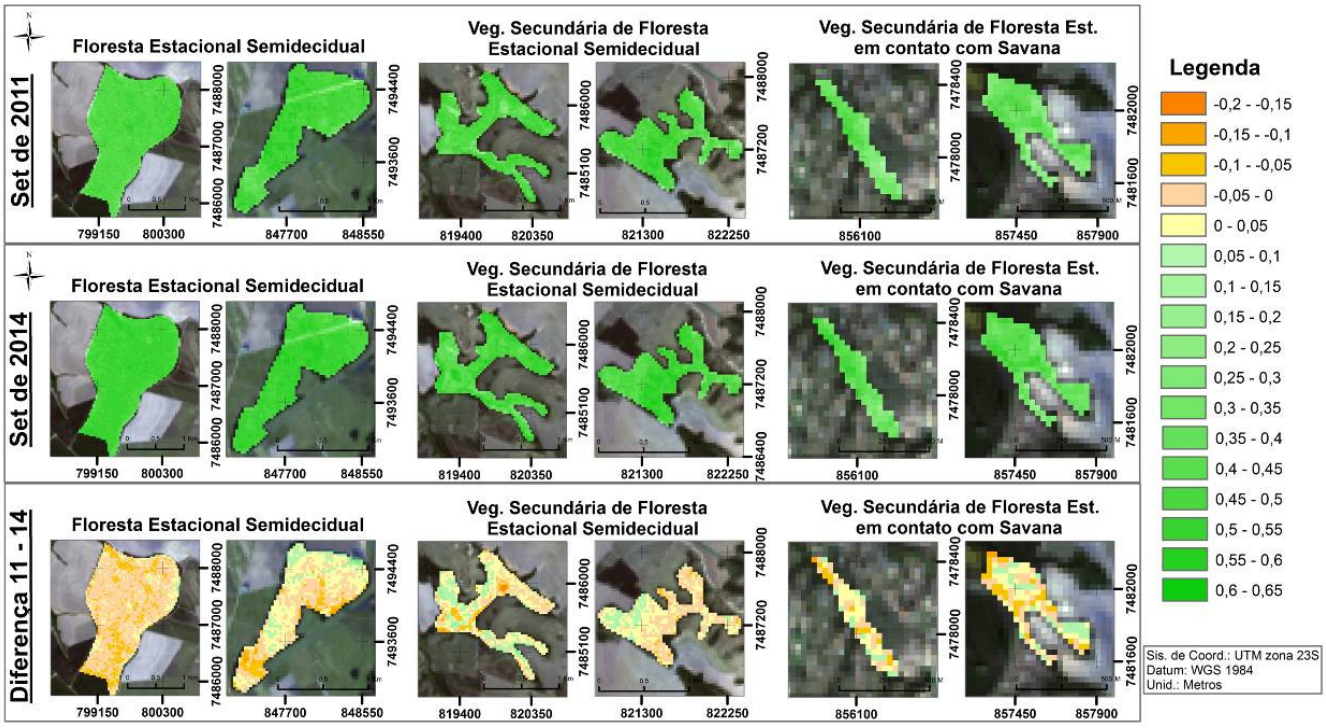
Figura 03: Índice de Anomalia de Chuva para o período de janeiro a setembro de 2011 (azul) e 2014 (vermelho).



Já o ano de 2011, como pode observar na Figura 3, apresentou regime de precipitação bastante oscilante em todo o período analisado. Em seu primeiro semestre constatamos nos meses de janeiro, março e abril anomalias positivas de chuva, ou seja, precipitação superior à média histórica; no entanto, o mês de fevereiro foi marcado por uma seca suave (RAI entre -1,9 e -0,5). Da mesma maneira, no segundo semestre foi presenciada forte estiagem nos meses de julho e setembro, com RAI alcançando valores entre -3 e -3,9 (seca alta), contudo, junho e agosto apresentaram precipitação normal, com regime de chuva semelhante ao observado na serie histórica.

Para análise de uma possível resposta da vegetação a estas anomalias de chuva utilizou-se o índice de vegetação NDVI, calculado a partir de imagens Landsat 5 e Landsat 8 obtidas em 19 de setembro de 2011 e 11 de setembro de 2014, respectivamente. Ao analisar o NDVI dos fragmentos vegetais nos anos de 2011 e 2014 (figura 5), pode-se notar que, apesar do prolongado regime de seca enfrentado em 2014, o índice de vegetação de ambos os anos não apresentou variação temporal neste mês de setembro. Semelhança que fica ainda mais visível quando observado o mapa resultante da subtração do NDVI de 2014 ao de 2011.

Figura 05: Mapas temáticos dos valores de NDVI de cada fragmento vegetal para os anos de 2011, 2014 e para a diferença entre os dois anos.



A operação matemática de subtração entre dois mapas de NDVI é uma forma alternativa de verificação de possíveis mudanças durante um período de tempo estudado (Sartori *et al.*, 2009). Neste mapa de subtração (Figura 5), os distintos fragmentos vegetais apresentam valores de NDVI próximos de zero (coloração próxima a bege), indicando, portanto, que ambos os anos apresentam valores de NDVI semelhantes.

Contudo, é possível observar a presença de alguns pixels com valores ligeiramente negativos. Esta tendência de valores negativos nos denota um comportamento de NDVI ligeiramente mais alto nos fragmentos vegetais de setembro de 2014. Isso é comprovado pela Tabela 2, onde podemos observar que a média de setembro de 2014 foi levemente maior que a de 2011 (0,461 e 0,454, respectivamente). Ainda assim, ao analisar estatisticamente as médias de NDVI dos tipos de vegetação em ambos os anos, comprova-se que não houve diferença significativa entre 2011 e 2014.

Tabela 02: Médias de NDVI de cada tipo de vegetação no mês de setembro de 2011 e 2014.

Tipo de Vegetação [1]	Blocos		Média [2]
	set/11	set/14	
T1	0,498	0,515	0,506 A
T2	0,488	0,482	0,485 A
T3	0,378	0,386	0,382 B
Média [2]	0,454 a	0,461 a	

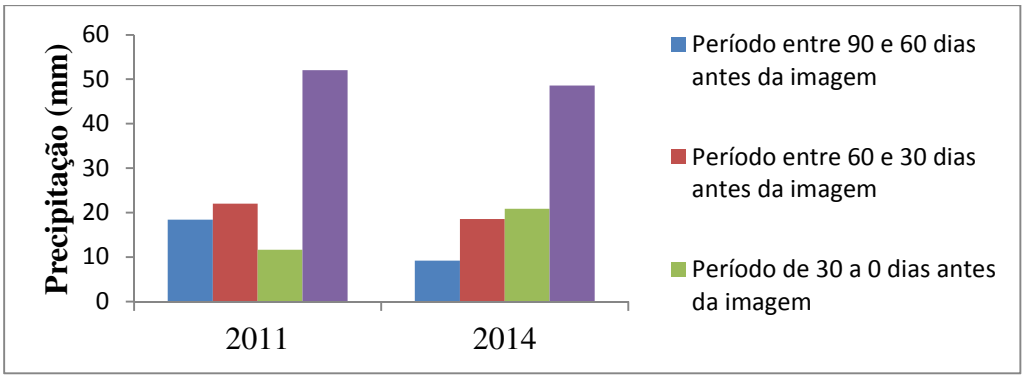
[1] T1 = Floresta Estacional Semidecidual, T2 = Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual, T3= Vegetação Secundária da Floresta Estacional em Contato Savana.
[2] Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de turkey a 5%. DMS para bloco é igual a 0,028 e para grupos de vegetação equivale a 0,047.

Portanto, embora esta notável diferença entre o regime de chuva de 2011 e 2014, no qual o RAI de 2011 foi marcado por oscilações em seus valores e o de 2014 por um comportamento constantemente negativo; não foi observado nas florestas estudadas reflexos em seu vigor ocasionados por estas condições adversas de precipitação.

Segundo Assad *et al.* (1998), o NDVI apresenta aumento apenas no período posterior a ocorrência de chuvas, devido ao fato da vegetação necessitar de um tempo para absorver a água disponível e aumentar sua capacidade fotossintética. Nicácio *et al.* (2009), correlacionando NDVI da vegetação nativa da bacia do rio Coxim -MS com a precipitação acumulada desta região, obteve melhores correlações com a chuva acumulada de quatro a cinco meses (r^2 de 0,45 e 0,61).

Acredita-se, portanto, que a moderada estiagem presenciada no segundo semestre de 2014, foi compensada pelo comportamento oscilante de ausência e presença de estiagem em 2011, explicando assim a similaridade do NDVI entre os anos. Ademais, ao analisar as precipitações acumulada no período dos 90 dias anteriores a imagem de satélite (Figura 4) observou-se que estas se apresentam semelhantes para ambos os anos (por volta de 50mm). Assim sendo, a semelhança espectral encontrada nas diferentes fitofisionomias pode ser a explicada pela similaridade de precipitação acumulada no período de 90 dias anteriores à imagem orbital analisada.

Figura 04: Precipitação em períodos trintenários dos 90 dias anteriores a data das imagens analisadas.



Considerações Finais

Neste período analisado, não foi possível observar, através dos valores de NDVI, diferença estatística no comportamento espectral da vegetação estudada; portanto, as diferentes vegetações do município de Piracicaba apresentaram repostas espectrais semelhantes estatisticamente nos meses de setembro de 2011 e setembro de 2014.

Foi observado que as diferentes fitofisionomias analisadas no trabalho apresentaram resposta de NDVI coerentes com a precipitação acumulada nos 90 dias anteriores à data das imagens.

Os estudos realizados nesse trabalho apresentaram resultados preliminares que devem ser utilizados como subsídios para futuros estudos das variações e influências de eventos climáticos extremos sobre a vegetação nativa.

Referências

ASSAD, E. D.; SETZER, A. W.; MOREIRA, L. Estimativa de precipitação através dos índices de vegetação do satélite NOAA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., 1998, São José dos Campos. *Anais*... São José dos Campos: INPE, 1998. v.2, p.425-429.

BARROS, P. P. S. *Análise de diferentes cenários para adequação ambiental da Microbacia Hidrográfica do Ceveiro*. 2012. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: < http://migre.me/qnibc>. Acesso em: 28 out. 2014.

COMPEÁN, R.G.; POLENSKE, K.R. Antagonistic bioenergies: Technological divergence of the ethanol
industry in Brazil. *Energy Policy,* v.39, p.6951–6961. 2011.

FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. United Nations Climate Change Conference, *COP15*. 2009. Disponível em: http://migre.me/qnic0. Acesso em: 18 out.2014.

FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L. DA; AMORIM, A.DEO.; CARDOSO, A.S. Índices para a Quantificação da Seca. *Embrapa Arroz e feijão,* Goiânia, GO. 2009.

GORE, A. *Uma Verdade Inconveniente*: o que devemos saber (e fazer) sobre o aquecimento global. São Paulo: Malone. 2006.

GUTIÉRREZ, A.P.A.; ENGLE, N.L.; NYS, E.DE.; MOLEJÓN, C.; SÁVIO MARTINS, E.S. Drought preparedness in Brazil**.** *Weather and Climate Extremes***.** v.3 p.95–106. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira.* v.1. Brasil: Rio de Janeiro. 2012.

JENSEN, J.R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestre. *Tradução de José Carlos Epiphanio* (Coord) .2.ed. São José dos Campos: Parêntese Editora. 2009. 598p.

LARA, L.B.L.S; ARTAXOB, P.; MARTINELLIA, L.A.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P.B.; KRUSCHE, A.; AYERSC, G.P.; FERRAZ, E.S.B.; BALLESTER, M.V. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. *Atmospheric Environment*. v. 35, p. 4937–4945. 2001.

MINUZZI, R.B.; SEDIYAMA, G.C.; BARBOSA, E.DA. M.; MELO JÚNIOR, J.C.F.de Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil**.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.3, p.338-344. 2007. Disponível em: < http://migre.me/qnidg >. Acesso em: 18 out. 2014.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de; Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús – CE. *RAEGA 23*, p.520-533. Curitiba. 2011.

NASCIMENTO, H. E. M.; DIAS, A. DA S.; TABANEZ, A. A. J. AND VIANA, V. M.. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. *Rev. Bras. Biol.* vol.59, n.2, p. 329-342. 1999. . Disponível em: < http://migre.me/qniec >. Acesso em: 18 out. 2014..

NICÁCIO, R. M.; ARAUJO, L. L.; GONZAGA, E. P.; LIBOS, M. I. P. de C.; OLIVEIRA, L. M. T. de. Relação NDVI e precipitação na bacia do rio Coxim-MS. *Rev. Geografia*, v. 34, Número Especial, p.667-680, 2009.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. *Parcerias Estratégicas*, v.12, 2001 Disponível em: < http://migre.me/qnieZ >. Acesso em: 03-11-2014.

NOBRE, A. D. O futuro climático da Amazônia. *Relatório de Avaliação Científica* Articulación Regional Amazônica. Disponível em:
< http://migre.me/qnifl > Acesso em: 03-11-2014.

SARTORI, A. A. DA C.; SILVA, R. F. B. DA; PINUCCI, M. N.; ZIMBACK, C. R. L. Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu-SP. . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal. , *Anais*... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4363-4369.

POELKING, E. L.; LAUERMANN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. , *Anais*... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4145-4150. Disponível em: < http://migre.me/qnifH >

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. *Sensoriamento remoto da vegetação*. 2ªedição. *São Paulo*, 2012.

TROPPMAIR, H. A cobertura vegetal primitiva do Estado de São Paulo. *Biogeografia*, v.1, p.1-10, 1969.

RODRIGUES, R. R. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. *Circular Técnica IPEF*, n 189, 1999

ROLIM, G. S; CAMARGO, M. B. P; LANIA, D. G; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia, Campinas*, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

ROOY, M. P. van. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*, Pretoria, v. 14, p. 43-48, 1965.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A. DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: *ETRS SYMPOSIUM*, 3, 1973, Washington D.C. *Anais*… Washington D.C.: NASA SP- 351, 1973. p. 309-317.

VICTOR, M.A.M. A devastação florestal. São Paulo: *Sociedade Brasileira de Silvicultura*, 1975.

Segmentação em cores de imagens aéreas por agrupamentos nebulosos

Color segmentation of aerial images by fuzzy clustering

Prof. Dr. Waldemar Bonventi Jr.[1]
Prof. Dr. Welber Sentio Smith[1]
Paula Andrea Pannunzio Moreira[1]

[1] Mestrado Profissional, Universidade de Sorocaba, waldemar.bonventi@prof.uniso.br.

Submetido em 10/03/2015
Revisado em 01/04/2015
Aprovado em 29/04/2015

Resumo: O método de agrupamentos difusos ou nebulosos foi aplicado em imagens coloridas, onde a cor no espaço RGB é o atributo empregado na classificação. O algoritmo utilizado foi o *fuzzy c-means*, com métrica de distância de Mahalanobis para detectar grupos alongados de pixels com cores similares. O número ideal de classes foi encontrado por minimização do índice de Xie-Beni. A partir da imagem original, subimagens foram reconstruídas com pixels classificados no mesmo grupo. Como resultado, foi obtida uma boa separação entre estruturas ambientais visualmente diferentes, tais como florestas, água, solo exposto e outros. Como a cor é invariante em rotação da imagem e de ampliação, este método mostrou-se muito robusto para realizar a separação entre diferentes regiões. Pode-se realizar o pós-processamento para fundir subimagens semanticamente semelhantes.
Palavras-chave: Imagens aéreas, segmentação por cores, fuzzy c-means.

Abstract: The method of fuzzy clustering was applied to color images, where the color in RGB space is the attribute used for segmentation. Fuzzy c-means was employed, with the Mahalanobis distance metric to detect elongate groups of pixels with similar colors. The optimal number of classes was found by minimizing the Xie-Beni index. From the main image, sub-images were reconstructed with pixels classified in the same group. As a result, a good separation was obtained between visually different environmental structures such as forests, water, soil and other. As color is invariant under image rotation and magnification, this method is very robust to perform separation between the different regions. One can carry out post-processing to merge semantically similar sub-images.
Key-words: Aerial images, color segmentation, fuzzy c-means

Introdução

No escopo de métodos de classificação, a técnica de agrupamento nebuloso (com a consequente determinação das funções de pertinência) é um recurso muito importante na modelagem da transição de uma classe para outra, de forma suave (Chi, Yan E Pham, 1996; Guliato, 1998, (Ichihashi; Honda, [S.d.]; Kannan; Ramathilagam; Chung, 2012; Tsai; Lin, 2011). Ainda, os valores de pertinência dos elementos em relação aos conjuntos nebulosos determinados devem refletir as formas dos agrupamentos o mais precisamente quanto possível.

Devido a inúmeras áreas onde o método de agrupamentos nebulosos tem sido aplicado, nos limitaremos aqui a discutir a classificação de pixels de imagens coloridas segundo atributos de cor. A cor é um importante recurso empregado pela visão humana, sendo que muitos objetos na vida cotidiana são inicialmente localizados e identificados pela cor. A focalização dos objetos e outros detalhes de reconhecimento são processos mais refinados, acionados em um segundo estágio.

O objetivo deste trabalho é o de aplicá-lo ao estudo de recuperação de córregos urbanos, analisando a imagem a fim de estimar a área correspondente a cada estrutura, tais como vegetação, água, solo exposto, edificações e vias. A análise consiste em segmentar a imagem aérea, subdividindo-a em grupos por classes de cores similares e estimar a extensão destas subdivisões.

Em nosso trabalho, executamos a classificação de pontos da imagem exclusivamente pela informação da cor utilizando agrupamento nebuloso. Este artigo está organizado da seguinte forma: inicialmente, o algoritmo de agrupamento nebuloso é apresentado e também uma medida de desempenho deste; em seguida, descrevemos o uso da cor no processo de agrupamento. Os resultados em imagens coletadas para avaliar a extensão de cada componente da imagem são apresentados e, finalmente, as conclusões e futuras investigações.

Agrupamentos Nebulosos

Os métodos de agrupamento visam essencialmente a partição de conjuntos de dados em classes homogêneas, em relação a uma determinada métrica. Os elementos que pertencem a um grupo devem ser os mais semelhantes possíveis entre si, e os que pertencem a grupos diferentes devem apresentar a menor semelhança. Nos métodos de agrupamento *booleano*, as fronteiras entre os grupos são muito bem definidas, e cada elemento pertence ou não a um dado grupo (Klir, Yuan, 1995). Aqui, *booleano* é empregado no sentido de que um dado elemento pertence ou não a um dos grupos. Frequentemente, a distribuição de dados é tal que esta separação se torna demasiado arbitrária, e as fronteiras não ficam precisamente definidas. Neste ínterim surgem as técnicas de agrupamento nebuloso. Um determinado ponto pode pertencer a mais de um grupo, com graus de pertinência distintos.

O algoritmo de agrupamento nebuloso mais empregado é uma derivação do algoritmo *k-means*, o *fuzzy c-means* (FCM). Em ambos, a medida de similaridade empregada é a distância euclidiana entre dois pontos no espaço de atributos escolhido. Um atributo é uma propriedade do objeto em questão, que pode ser visualizada como os campos de uma tabela de um banco de dados. No caso da categoria de algoritmos *k-means*, os atributos devem ser representados em forma numérica. A distância euclidiana citada representa uma "distância entre dados" a fim de mensurar a similaridade entre objetos. Sendo $\mathbf{x}_k$ o vetor de atributos (campos) do objeto, a distância é dada por:

$$d_2(\vec{v}_i - \vec{x}_k) = (\vec{v}_i - \vec{x}_k)^2 \qquad (1)$$

No caso específico de agrupamentos, $\boldsymbol{v}_i$ é a posição do centro do grupo e $\boldsymbol{x}_k$ é o valor do elemento no espaço do atributo considerado. Os algoritmos *c-means* procuram minimizar esta distância em relação a todos os pontos do mesmo grupo. A função a ser minimizada é

$$J(\vec{v},U)=\sum_{i=1}^{c}\sum_{j=1}^{N}(u_{ik})^{m}\ (\vec{v}_i-\vec{x}_k)^2 \qquad (2)$$

onde $\boldsymbol{J}$ é o conjunto de partições nebulosas a ser obtido, u_{ik} é o valor de pertinência do ponto *k* no grupo *i*, *c* é o número de grupos (partes) a segmentar a imagem e *N* é o número de pontos no espaço de atributos.

No *c-means* clássico (booleano), a pertinência u_{ik} é estritamente 0 ou 1; mas no caso nebuloso varia continuamente de 0 a 1. Esta minimização ainda deve possuir os seguintes vínculos:

$$\sum_{i=1}^{c}u_{ik}=1 \quad \text{e} \quad 0<\sum_{k=1}^{N}u_{ik}<N \qquad (3)$$

Observa-se ainda na função (2) um expoente *m*, chamado fator de nebulosidade, cuja influência está no grau de superposição dos grupos, onde $1<m<\infty$. Para $m\sim1$, a partição resultante é booleana, e para $m\rightarrow\infty$, não há partição resultante - todos os elementos pertencem a todos os grupos, com grau de pertinência $1/c$.

Para a função descrita em (2) atingir o mínimo, as condições necessárias são tais que, derivando-se $\boldsymbol{J}$ em relação a *v* para u_{ik} fixo, e derivando-se $\boldsymbol{J}$ em relação a u_{ik} com *v* fixo, obtém-se

$$\vec{v}_i = \frac{\sum_{k=1}^{N}(u_{ik})^{m}\vec{x}_k}{\sum_{k=1}^{N}(u_{ik})^{m}} \qquad (4a)$$

e

$$u_{ik}(it+1) = \left[\sum_{j=1}^{c}\left(\frac{d_{ik}(it)}{d_{jk}(it)}\right)^{2/(m-1)}\right]^{-1} \qquad (4b)$$

sendo *it* o número de iterações do algoritmo e $d_{jk}(it)$ a distância entre o *j*-ésimo centro e o *k*-ésimo ponto, na iteração *it*.

O cálculo dos centros $\boldsymbol{v}_i$ e dos valores de pertinência u_{ik} dependem iterativamente um do outro. Então, é necessária uma inicialização das posições dos centros e dos valores de pertinência na primeira iteração. Geralmente, não há, *a priori,* nenhuma informação sobre a natureza das partições e dos centros, sendo comum uma inicialização aleatória. Algumas considerações heurísticas podem melhorar a convergência do algoritmo, pois os centros vão se deslocando da sua posição aleatória inicial para o seu valor verdadeiro durante as iterações.

O algoritmo FCM iterativo é descrito a seguir (Cannon, 1986) (Peres *et al.*, 2012):

1) Inicialização:

1a) fornecer o número de grupos desejados: $2<c<N$;

1b) escolher o nível de nebulosidade: $1<m<\infty$;

1c) criar uma partição inicial $\mathbf{U}(0)$ com valores dos centros entre **x** máximo e mínimo;

1d) escolher um limite ε para a convergência e uma distância mínima d_{min} ;

Repita:

2) calcular os centros v_i usando a eq.(4a);

3) atualizar as partições $\mathbf{U}(it)$ calculando novos valores de pertinência para $\mathbf{U}(it+1)$ como segue:

para $k=1..N$

para $i=1..c$

3a) calcular $d(v,x)$ euclidiana ou outra métrica;

se $d_{ik} < d_{min}$

3b) então $u_i(\mathbf{x}_k) = 1$

3c) senão atualizar $u_i(\mathbf{x}_k)$ conforme (4b);

4) até que $||\mathbf{U}(it) - \mathbf{U}(it+1)|| < \varepsilon$.

É importante ressaltar que os resultados do agrupamento nebuloso dependem da escolha inicial do fator nebulosidade *m* e do número de grupos *c* escolhidos.

Algoritmo Gustafson-Kessel.

Gustafson e Kessel desenvolveram uma solução para melhorar o agrupamento FCM (Theodoridis e Koutroumbas, 1999), introduzindo uma métrica corrigida por uma matriz positiva e definida, com as covariâncias entre as dimensões do espaço de atributos. Isto pelo fato de que a distância euclidiana empregada constrói apenas grupos hiperesféricos, e a correção proposta permite a detecção de grupos hiperelipsoidais. A distância utilizada foi a de Mahalanobis, dada por

$$d_2(\vec{v}_i - \vec{x}_k) = |C|^{1/p} (\vec{v}_i - \vec{x}_k)^T C^{-1} (\vec{v}_i - \vec{x}_k) \qquad (5a)$$

que se reduz à distância euclidiana se **C** for a matriz identidade.

Esta distância é empregada no processo de agrupamento para atributos, cujos valores variam muito entre suas componentes e apresentam grandes variâncias. A expressão (5a) normaliza a variância dos dados. A matriz de covariância mostra a correlação entre as componentes de cada dimensão, sendo expressa por

$$C_i = \frac{\sum_{k=1}^{N} (u_{ik})^m (\vec{v}_i - \vec{x}_k)(\vec{v}_i - \vec{x}_k)^T}{\sum_{k=1}^{N} (u_{ik})^m} \qquad (5b)$$

As expressões (5a) e (5b) são usadas no passo 3a no algoritmo FCM. Daqui para diante, será referido este algoritmo como FCM-GK.

Desempenho do processo de agrupamento.

O agrupamento nebuloso é um método não-supervisionado de classificação, pois as classes obtidas são de natureza desconhecida. Logo, o número de grupos escolhidos inicialmente no processo de agrupamento é um parâmetro essencial para a partição do espaço de atributos. O número de grupos é o número de classes obtidas, mas, em um processo (semi)automático, sistemas nebulosos de reconhecimento de padrões devem estar aptos a decidir qual o melhor número de classes a ser adotado. Ainda mais, sendo o agrupamento nebuloso baseado na minimização de uma função, métodos de validação são necessários para medir a qualidade do agrupamento realizado. Isto ainda depende de vários fatores, como o modo com que os centros e as pertinências foram inicializados, a métrica usada e o número de grupos escolhido.

Para verificar a qualidade do agrupamento, algumas medidas foram desenvolvidas (Theodoridis, Koutroumbas, 1999), (Wang; Zhang, 2007). Em nossos experimentos, preferimos empregar o índice de compactação/separação construído por X.L. Xie e G. Beni (1991) para estimar a melhor quantidade de grupos a serem identificados. É dado pela relação entre a distância média dos dados aos seus respectivos centros e a mínima distância entre os centros. Uma boa definição dos grupos minimiza este índice, correspondendo a grupos mais compactos e mais separados. A compactação é dada por

$$comp \quad = \quad \frac{J}{N} \quad = \quad \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{N} u_{ik}^{2}\, d_{ik}^{2} \qquad (6a)$$

e a separação por

$$sep \quad = \quad \min_{i,k}\left(\vec{v}_i - \vec{x}_k\right) \qquad (6b)$$

O índice a ser minimizado é

$$S = \frac{comp}{sep} = \frac{J}{N\, d_{min}^2} \qquad (6c)$$

com o número ótimo de grupos dado por

$$c^* = \min_c S, \qquad c = 2,...,c_{\max}-1 \qquad (6d)$$

A cor como atributo para o agrupamento nebuloso

A segmentação de imagens tem sido desenvolvida com vários algoritmos e técnicas direcionadas para tons de cinza. (Kim, Ciparrone, Andrade, 1997; Salles, Ling, 1993; Guliato 1998); (Fraz *Et Al.*, 2012; Naz; Majeed; Irshad, 2010; Tizhoosh, 2005). Contudo, as imagens coloridas revelam mais informações sobre os objetos da cena, tanto que a informação colorida desempenha um papel importante na comunicação visual. Ao longo do tempo, técnicas específicas para segmentar as imagens coloridas têm surgido em menor escala. As técnicas desenvolvidas para imagens em tons de cinza muitas vezes não possuem similares para imagens coloridas. Os dispositivos digitais para representação de imagens coloridas utilizam o princípio da tricromaticidade (Wyszecki, Stiles, 1982); (Lin; Kung, 2000; Vega Uribe; Reyes Figueroa; Restrepo Palacios, 2005), onde quase todas as cores podem ser reproduzidas como combinação linear de três básicas, chamadas cores primárias. Existem três tipos de receptores na retina humana para luz diurna (cones), que são respectivamente sensíveis aos comprimentos de onda relativos às cores vermelha, verde e azul. Toda cor de um ponto no monitor de vídeo é associada a uma terna de valores (R,G,B), onde cada valor individualmente varia de 0 a 255. Então, (0,0,0) corresponde ao preto (ausência de luz), (255,255,255) ao branco máximo, (255,0,0) ao vermelho puro, (50,50,50) cinza escuro, (150,50,100) ao vinho escuro e assim por diante. Ainda, os três valores são fortemente correlacionados entre si, de modo que uma variação no brilho sem alterar a cor implica em uma variação não-linear em todos eles. Todas as cores podem ser visualizadas em um espaço vetorial tridimensional, um cubo 255x255x255 para

componentes que utilizam 8 bits de informação cada uma, totalizando 255^3 cores diferentes (mais de 16 milhões).

Agrupamento nebuloso pelo atributo cor.

Entre as técnicas mais usadas no tratamento da imagem estão: a segmentação de regiões, detecção de bordas, cálculos de propriedades morfológicas, realce (Gonzalez, Woods, 1992), (Russ; Woods, 1995). As imagens digitais são constituídas de regiões nem sempre bem definidas, portanto situações incertas na classificação ocorrem na análise da imagem. Uma decisão sobre a classificação dos pixels tomada em uma fase do processamento terá consequências nas fases seguintes. Uma representação adequada da incerteza permite a manutenção de mais informações durante todo o processamento. O método de agrupamento nebuloso permite que pontos possam pertencer a mais de uma região da imagem com o devido grau de pertinência – entre 0 (certamente não pertence) e 1 (certamente pertence).

Aos pontos da imagem devem estar associadas basicamente duas informações: sua posição na imagem, cuja vizinhança compõe um determinado objeto, e sua cor. O processo de agrupamento pode levar em conta ambas as informações, como relações de vizinhança e proximidade de cores no espaço RGB.

Neste trabalho, investigamos o poder discriminatório da informação colorida, ao considerar apenas os valores R,G,B no algoritmo de agrupamento. Cada ponto da imagem apresenta um vetor correspondente à sua cor, da forma

$$\mathbf{x}^T = (R,G,B) \qquad (7)$$

sendo as posições dos centros dos grupos $\mathbf{v}_i$ dadas por vetores do mesmo formato.

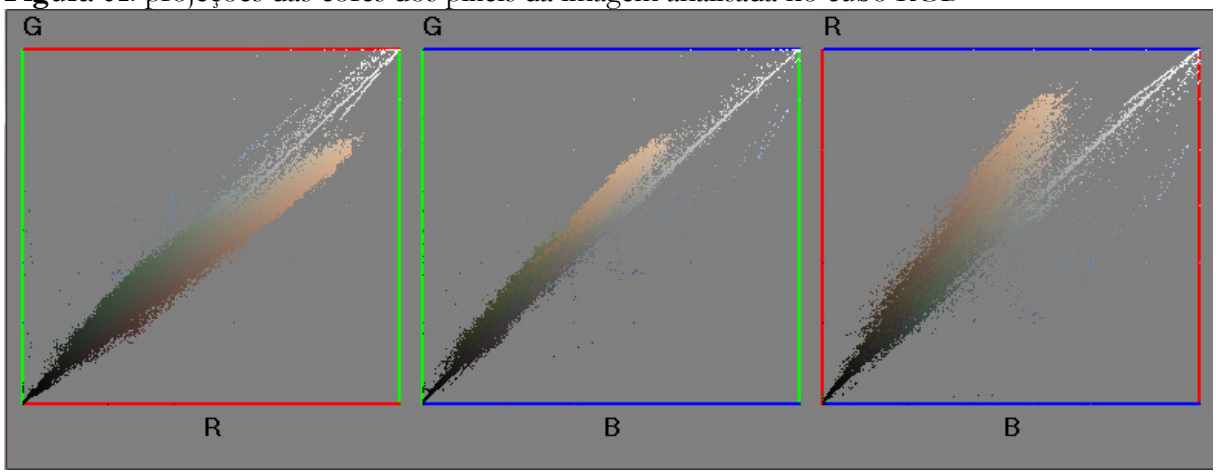
O conjunto de valores (R,G,B) extraídos dos pontos de uma imagem foi aplicado ao algoritmo FCM-GK, e executados para um número de grupos variando

de c=2 até 15. Este número foi considerado suficiente, devido à natureza das imagens conter poucas cores mas variações consideráveis das mesmas.

A escolha da distância de Mahalanobis para caracterizar os grupos deve-se ao fato de que a distribuição de pontos no espaço RGB muitas vezes é alongada, sendo melhor a aproximação por elipsoides (Figura 01). A inclusão no algoritmo do cálculo da matriz de covariância e sua inversão a cada iteração (no passo 3a) são necessárias antes do cálculo da distância, levando a uma sobrecarga no tempo de execução. Este aspecto foi considerado menos importante, em vista da qualidade do resultado final.

As covariâncias dadas pelo algoritmo FCM-GK mostram como os grupos elipsoidais estão posicionados e orientados no espaço RGB. Se os elipsoides estiverem alinhados com os eixos do sistema externo, a matriz de covariância é diagonal, onde a mesma é dada pelas variâncias individuais σ_{ik}.

Figura 01: projeções das cores dos pixels da imagem analisada no cubo RGB



Procedimento para classificação das cores da imagem.

Considerando o conjunto de métodos anteriormente descritos, estabelecemos uma sequência de procedimentos para realizar o agrupamento nebuloso de acordo com o melhor número de grupos e representá-los no espaço RGB. Tal sequência é:

1) ler o arquivo da imagem, identificando cada ponto pela sua posição e obter sua coordenada RGB de cor;

2) para número de grupos $c = 2 \ldots$ máx

2a) aplicar o algoritmo FCM-GK à lista de valores RGB obtida, até sua convergência. Usamos $\varepsilon = 0.001$ e inicialização aleatória de $\mathbf{v}_i$;

2b) calcular fator de compactação/separação para o agrupamento realizado;

3) obter o melhor número de grupos proveniente do item 2b);

4) obter os valores de pertinência relativos a cada grupo decidido no item 3), para cada ponto da imagem;

5) reconstruir uma imagem para cada grupo, onde os pontos apresentam pertinência não-nula;

5a) opcionalmente, as imagens podem ser fundidas em uma só em tons de cinza, onde cada intensidade corresponde aos pixels de um determinado grupo.

Análise da imagem aérea

O objetivo deste trabalho é o de aplicá-lo ao estudo de recuperação de córregos urbanos, analisando a imagem a fim de estimar a área correspondente a cada estrutura, tais como vegetação, água, solo exposto, edificações e vias.

A imagem foi coletada através do aplicativo Google Earth (2015). O centro da imagem situa-se em 23º22'20"S e 47º28'13"O, com altitude de visão de 1,22 km. Esta fonte foi escolhida para um teste preliminar do método, pois a mesma apresenta baixa resolução. No entanto, esta particularidade é tratada pelo algoritmo nebuloso, classificando o pixel pela cor à qual possui maior pertinência (Figura 02). A imagem possui dimensões de 1024 x 768 pixels. A distância foi medida com auxílio da própria régua do Google Earth. Do topo da imagem até embaixo a distância foi de 526 metros, assim, cada pixel cobre uma área $(526/768)^2 = 0{,}4691$ m^2.

Inicialmente, extraiu-se a lista de cores dos pixels da imagem. Cada pixel tem sua cor representada por um vetor descrito como em (7). Esta lista foi

processada pelo algoritmo FCM, gerando-se a pertinência u_{ik} de cada pixel *k* em relação ao grupo *i*. Os parâmetros fornecidos ao programa foram número de grupos a segmentar variando de 2 a 15 e fator de nebulosidade m=1,1.

Na imagem analisada, foi escolhido este fator de nebulosidade arbitrariamente. Com isto, diante das propriedades dos agrupamentos nebulosos anteriormente discutidos, espera-se que apenas os pontos próximos às regiões de separação de cores (em cada imagem particular) apresentem pertinência em mais de uma região.

Foi obtido o melhor número de grupos, através do índice *S* (eqs. 6). Os resultados do agrupamento são mostrados em seguida, com as imagens correspondentes a cada grupo e ainda projeções da distribuição de cores no espaço RGB.

Tabela 01: diferença entre a pertinência nas duas últimas iterações e índice S, em função do número de grupos em que foi segmentada a imagem.

Nº de grupos	2	3	4	5	6	7	8
$\|\|U-U'\|\|$ ($x10^{-4}$)	9.38	8.84	9.67	9.28	8.88	9.14	9.07
S	0.559	0.636	**0.466**	0.575	0.607	**0.506**	0.618
Nº de grupos	9	10	11	12	13	14	15
$\|\|U-U'\|\|$ ($x10^{-4}$)	9.90	9.95	9.56	9.19	9.46	9.99	9.50
S	0.691	0.752	0.755	0.731	0.701	0.797	0.641

Figura 02: Imagem aérea do terreno analisado.



Na Tabela 01 são listados o número de grupos em que o algoritmo FCM separou os dados RGB das cores, a diferença entre os módulos da matriz **U** nas duas últimas iterações e o índice Xie-Beni. O número de grupos onde *S* é menor demonstra uma melhor separação dos grupos. No entanto, considerações de ordem semântica devem ser acrescentadas.

O melhor número de grupos considerado a segmentar a imagem é 4 (*S* mínimo), em seguida 7. Como o algoritmo apenas lida com a estrutura dos dados, uma inspeção supervisória pode decidir sobre identificar 4 ou 7 diferentes classes de estruturas na imagem, segundo considerações de análise ambiental.

Neste trabalho, o interesse é verificar pontos de erosão para recuperação de áreas degradadas. Então, verifica-se que segmentar a imagem em 4 componentes é suficiente, pois a cor da área erodida é única. Estes resultados podem ser observados na Figura 03.

Na Tabela 02, os resultados da segmentação mostram quantos pixels de cada cor existem em relação ao total da imagem coletada e que áreas representam. Como a segmentação foi realizada exclusivamente pela cor, a área obtida é a soma das áreas dos objetos que estão classificados no mesmo grupo, lembrando que a área de cada pixel foi calculada como sendo 0,4691 m².

Nota-se, pela Tabela 02, que a área erodida ou desmatada corresponde a 14,0% da área examinada, referente à subimagem nº 4. Se considerarmos que as linhas retas formadas por estas porções de área correspondem a obras de suporte à pavimentação, resta uma área relativa a um córrego que pode objeto de estudos de restauração, na parte inferior central da imagem.

Caso a parte relativa à vegetação seja objeto de estudo, é possível adotar a segmentação em 7 subimagens, para obter maior discriminação relativa às cores das subimagens 1 e 2 da Figura 03.

Figura 03: Subimagens formadas pelo agrupamento por cores

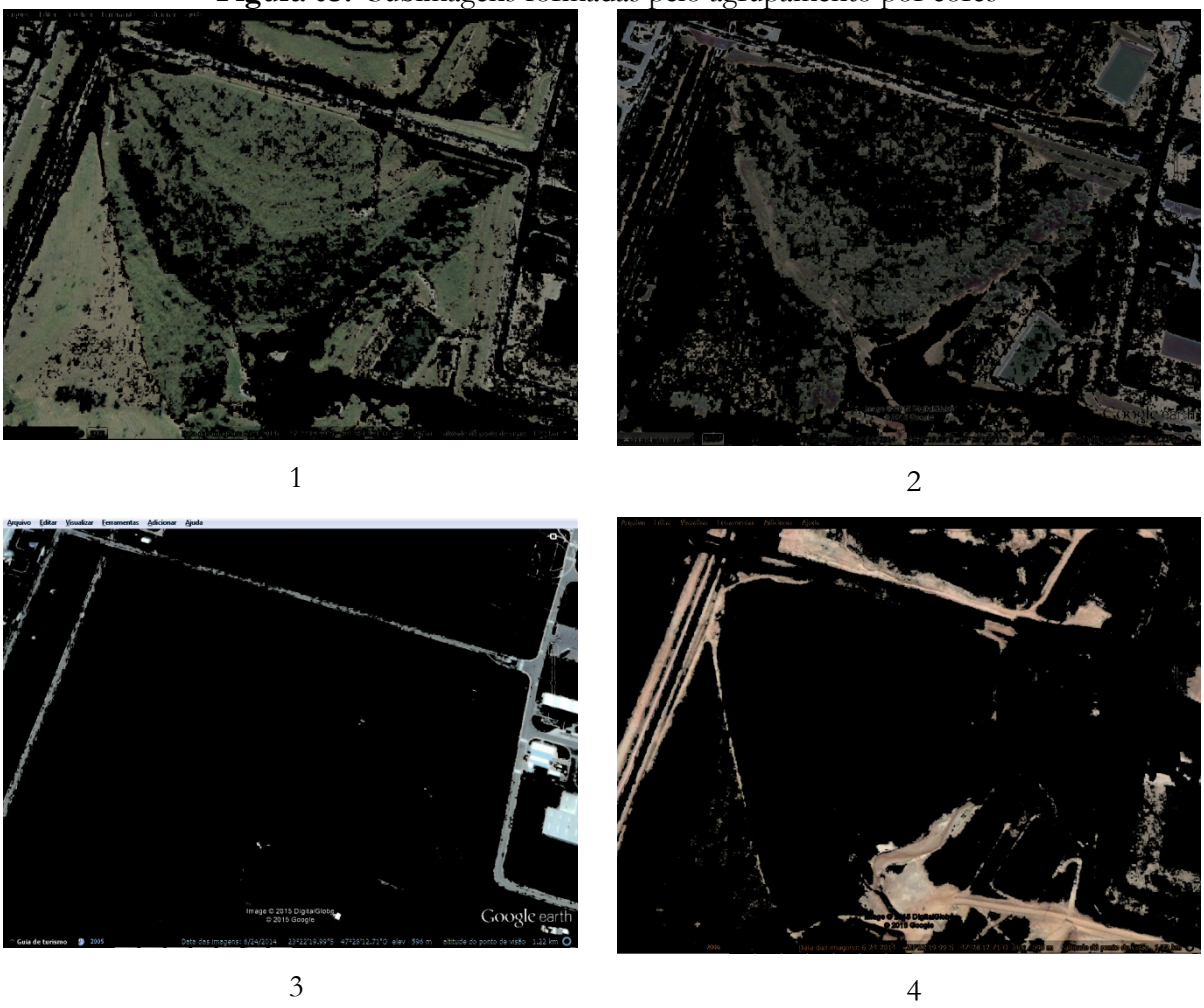


Tabela 02: número de pixels por grupo e área de cada segmento

Grupo (subimagem)	Nº de pixels	%	Área estimada (m²)
1	369533	47.0%	173347.9
2	240533	30.6%	112834.0
3	66033	8.4%	30976.0
4	110333	14.0%	51757.3
TOTAIS	786432	100.0%	368915.3

Como resultado, foi obtida uma boa separação entre estruturas ambientais visualmente diferentes, tais como os tipos de vegetação, solo exposto, pavimentação e outros.

Conforme se observa na Figura 01, a nuvem de cores no espaço RGB alonga-se na diagonal, devido à baixa saturação dessas. Nas extremidades (quase

negro ou bem brilhante), a capacidade de discriminação das cores se reduz, o que corresponde, no caso da visão humana, à obscuridade ou ofuscamento. Como regra preliminar, pode-se dizer que *se a visão puder discriminar objetos pela cor, então a imagem captada por sensores na região visível do espectro pode ser segmentada pela cor.*

Não foi detectada água pelo atributo cor. O córrego, em fase inicial de restauração, deve acumular água com as atividades de desassoreamento e gradativa recuperação. Novas imagens deverão ser coletadas em intervalos a serem ainda determinados, para monitoramento da restauração e quantificação da vegetação e água.

Lâminas de água apresentam refletividade maior e textura em geral bem lisa, de modo que, ao surgir água no terreno, independentemente da cor (barrenta, esverdeada, translúcida, etc.), os *pixels* que a formam terão características diferentes.

Considerações Finais

Os resultados obtidos com o agrupamento nebuloso FCM, com o emprego da distância de Mahalanobis e o cálculo da matriz de covariância, revelaram que seu uso mostrou-se bastante apropriado para a análise de imagens levando em conta o atributo da cor, no espaço de representação RGB.

Outros espaços de representação de cores podem ser empregados como trabalho de investigação futura, observando o desempenho do processo de agrupamento nebuloso.

Ainda, o comportamento do algoritmo em função da variação do fator de nebulosidade, comparado com os resultados esperados de classificação para cada imagem em particular, é um alvo de investigação para determinar se há alguma dependência do domínio. Em geral, variações suaves na cor dificilmente estão associadas a objetos diferentes na cena, a menos em casos de animais que se camuflam na paisagem, por exemplo.

A comparação dos resultados de agrupamento nebuloso com métodos de limiarização (*thresholding*) também é uma linha de investigação a ser abordada, devido ao fato que estes utilizam a informação associada ao histograma de

intensidades. Neste caso, seriam gerados histogramas relacionados a cada componente do espaço de cores individualmente. Mais ainda, ambos os métodos podem ser combinados, explorando-se o melhor de cada um deles. Processos de classificação construindo funções de pertinência sobre os histogramas de componentes de cor já foram experimentados, por exemplo, por ITO *et al* (1995) e Bonventi e Costa (2000), com resultados bem satisfatórios.

Entendemos que a exploração do atributo cor deve ser intensificada com o desenvolvimento de novas técnicas e a combinação das já existentes, devido à importância da mesma no processo de interpretação de imagens.

As próximas etapas deste trabalho consistem em captar novas imagens da mesma região, em intervalos de alguns meses, para monitorar a variação da vegetação e surgimento de água no antigo leito do córrego. Repetindo-se o método de medida pela segmentação por cores, torna-se possível quantificar a taxa de restauração desse ambiente.

Referências

BONVENTI JR., W.; COSTA, A.H.R.; Comparação de Métodos de Definição de Conjuntos Nebulosos de Cores para Classificação de Pixels. In: I WAICV - WORKSHOP ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTER VISION; 15 TH BRAZILIAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Atibaia-SP novembro/2000, p.105-110.

CANNON, R.L.; DAVE, J.V.; BEZDEK, J.C.; Efficient Implementation of the Fuzzy c-Means Clustering Algorithms, IEEE Trans. on PAMI, v. PAMI-8, n.2, p.248-255 March 1986.

CHI, Z.; YAN, H.; PHAM, T.; Fuzzy Algorithms: with Application to Image Processing and Pattern Recognition, Advances in Fuzzy Systems – Application and Theory, vol.10, World Scientific Publ. Co. Pte. Ltd., Singapore, 1996

FRAZ, M. M. *et al.* Blood vessel segmentation methodologies in retinal images--a survey. *Computer methods and programs in biomedicine*, v. 108, n. 1, p. 407–33, out. 2012. Disponível em: < http://migre.me/qnGnl>. Acesso em: 10 mar. 2015.

GONZALEZ R.C., WOODS R.E., Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Co., 1992.

GOOGLE EARTH. Tenha as informações geográficas do mundo na ponta dos dedos. Disponível em http://migre.me/qnHBw Acesso em janeiro de 2015.

GULIATO, D.; Combinação de Algoritmos de Segmentação de Imagens por Operadores de Agregação, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Eletrônica, São Paulo, 1998.

ICHIHASHI, H.; HONDA, K. Fuzzy c-Means Classifier for Incomplete Data Sets with Outliers and Missing Values. [S.d.], [S.l.]: IEEE, [S.d.]. p. 457–464. Disponível em: < http://migre.me/qnGpT>. Acesso em: 29 abr. 2015.

ITO N., SHIMAZU Y., YOKOYAMA T., MATUSHITA Y., Fuzzy Logic Based Non-Parametric Color Image Segmentation with Optional Block Processing, ACM 23RD ANNUAL

CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE, Proceedings, 1995, p.119-126.

KANNAN, S. R.; RAMATHILAGAM, S.; CHUNG, P. C. Effective fuzzy c-means clustering algorithms for data clustering problems. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 7, p. 6292–6300, jun. 2012. Disponível em: < http://migre.me/qnHDI>. Acesso em: 29 abr. 2015.

KIM H.Y., CIPARRONE F.A.M., ANDRADE M.T.C., Technique for Constructing Gray-Scale Morphological Operators using Fuzzy Expert System, Electronics Letters, v.33, n.22, p.1859-1861, october 1997

KLIR, G.J. E YUAN, B.; Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, cap. 13, Prentice Hall, New Jersey, 1995.

LIN, I.-J.; KUNG, S. Y. *Video Object Extraction and Representation: Theory and Applications*. [S.l: s.n.], 2000. Disponível em: < http://migre.me/qnHFp>. Acesso em: 29 abr. 2015.

NAZ, S.; MAJEED, H.; IRSHAD, H. Image segmentation using fuzzy clustering: A survey. out. 2010, [S.l.]: IEEE, out. 2010. p. 181–186. Disponível em: < http://migre.me/qnHGv>. Acesso em: 31 mar. 2015.

PERES, S. M. *et al.* Tutorial sobre Fuzzy-c-Means e Fuzzy Learning Vector Quantization: Abordagens Híbridas para Tarefas de Agrupamento e Classificação. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*. [S.l: s.n.]. Disponível em: < http://migre.me/qnHJg>. Acesso em: 29 abr. 2015. , 1 jun. 2012

RUSS, J. C.; WOODS, R. P. The Image Processing Handbook, 2nd Ed. *Journal of Computer Assisted Tomography*, v. 19, n. 6, 1995. Disponível em: < http://migre.me/qnHMb >.

SALLES E.O.T., LING L.L., Uma Aplicação de Sistemas Nebulosos em Processamento de Imagens, 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, Anais, set/1997, Vitória-ES, p.88- 93.

THEODORIDIS, S.; KOUTROUMBAS, K.; Pattern Recognition, Academic Press, San Diego, USA, 1999.

TIZHOOSH, H. R. Image thresholding using type II fuzzy sets. *Pattern Recognition*, v. 38, n. 12, p. 2363–2372, dez. 2005. Disponível em: < http://migre.me/qnHN8>. Acesso em: 9 dez. 2014.

TSAI, D.-M.; LIN, C.-C. Fuzzy C-means based clustering for linearly and nonlinearly separable data. *Pattern Recognition*, v. 44, n. 8, p. 1750–1760, ago. 2011. Disponível em: < http://migre.me/qnHOc>. Acesso em: 29 abr. 2015.

VEGA URIBE, J. A.; REYES FIGUEROA, M. A.; RESTREPO PALACIOS, A. *Aplicación de Teorías de Color en Imágenes Digitales. Ingeniería*. [S.l.]: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponível em: < http://migre.me/qnHQH >. Acesso em: 29 abr. 2015. , 2005

WANG, W.; ZHANG, Y. On fuzzy cluster validity indices. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 158, n. 19, p. 2095–2117, out. 2007. Disponível em: < http://migre.me/qnHRQ>. Acesso em: 29 abr. 2015.

WYSZECKI, G.; STILES, W.S., Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2nd. ed., John Wiley and Sons, NewYork, USA, 1982.

XIE, X.L.; BENI, G.; A Validity Measure for Fuzzy Clustering, IEEE Trans. of PAMI, v.13, p.841-847, 1991.

Diálogo com Libâneo sobre didática

Dialogue with Libâneo about didatics

Bruno Rogério Ferreira de Morais[1]
Douglas Eleutério Camilo[1]

[1]Instituto Federal de São Paulo, Itapetininga, morais.brf14@hotmail.com

Submetido em 16/06/2015
Revisado em 22/06/2015
Aprovado em 29/06/2015

Resumo: Atualmente a didática tem sido muito estudada, questionada e disseminada no campo da educação e sendo muito importante para investigar e buscar solucionar problemas na baixa qualidade da formação de professores. Nesse sentido pretende-se tecer um diálogo com o professor José Carlos Libâneo, através de artigos que trabalham a relação da didática com outras disciplinas, sua importância no desenvolvimento profissional, sua valorização em cursos de pedagogia, seu desenvolvimento histórico-cultural.
Palavras chave: Didática. Metodologias específicas. Conteúdos específicos.

Abstract: Currently the teaching has been much studied , questioned and disseminated in education and it is very important to investigate and seek to solve problems in the low quality of teacher education . In this sense we intend to weave a dialogue with professor José Carlos Libâneo through articles that work the relationship of didactics with other disciplines, its importance in professional development, their valuation in pedagogy courses, its historical and cultural development.
Keywords: Didactics. Specific methodologies. Specific contents.

Introdução

A Educação, em suas diversas manifestações, entendida como muitos como processo de formação humana, é fundamental para a construção de uma sociedade crítica, política e mais justa. A escolarização é parte importante desse processo, por isso escolas com boa estrutura e valorização docente são peças-chave para o sucesso do ensino de uma região.

Além disso, a formação docente nos cursos de licenciatura deve ser apropriada para prover aos alunos um compartilhamento da cultura produzida no decorrer da história de maneira eficiente e eficaz. Assim a Didática aparece como subsídio para fazer com que isso ocorra.

Piletti (2004), no livro Didática Geral, julga importante que o docente reflita sobre seu fundamento, razões de seu emprego e fatores que intervêm em sua aplicação, para não correr o risco de se tornar escravo dos instrumentos.

Dentre os estudiosos de Didática no Brasil destaca-se José Carlos Libâneo, natural de Angatuba (SP) nascido em 1945, doutor em Filosofia e História da Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1990) e atualmente é Professor Titular da Universidade Católica de Goiás.

O objetivo desse trabalho[1] é estruturar um diálogo com Libâneo, apresentando trechos de suas obras mais recentes, em ordem cronológica, seguidos de comentários e inferências dos autores.

Nossos Diálogos

Texto 01: Panorama do Ensino da Didática, das Metodologias Específicas e Disciplinas conexas, nos Cursos de Pedagogia do Estado de Goiás: Repercussões na Qualidade da Formação Profissional.

[1] Este trabalho foi orientado pelo Prof. Dr. Ivan Fortunato.

Introdução

A Educação, em suas diversas manifestações, entendida como muitos como processo de formação humana, é fundamental para a construção de uma sociedade crítica, política e mais justa. A escolarização é parte importante desse processo, por isso escolas com boa estrutura e valorização docente são peças-chave para o sucesso do ensino de uma região.

Além disso, a formação docente nos cursos de licenciatura deve ser apropriada para prover aos alunos um compartilhamento da cultura produzida no decorrer da história de maneira eficiente e eficaz. Assim a Didática aparece como subsídio para fazer com que isso ocorra.

Piletti (2004), no livro Didática Geral, julga importante que o docente reflita sobre seu fundamento, razões de seu emprego e fatores que intervêm em sua aplicação, para não correr o risco de se tornar escravo dos instrumentos.

Dentre os estudiosos de Didática no Brasil destaca-se José Carlos Libâneo, natural de Angatuba (SP) nascido em 1945, doutor em Filosofia e História da Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1990) e atualmente é Professor Titular da Universidade Católica de Goiás.

O objetivo desse trabalho[1] é estruturar um diálogo com Libâneo, apresentando trechos de suas obras mais recentes, em ordem cronológica, seguidos de comentários e inferências dos autores.

Nossos Diálogos

Texto 01: Panorama do Ensino da Didática, das Metodologias Específicas e Disciplinas conexas, nos Cursos de Pedagogia do Estado de Goiás: Repercussões na Qualidade da Formação Profissional.

[1] Este trabalho foi orientado pelo Prof. Dr. Ivan Fortunato.

Libâneo busca compreender a importância dada à didática nos cursos superiores partindo de uma pesquisa realizada em 25 cursos de pedagogia do Estado de Goiás. Entender a didática como um todo requer o conhecimento de outras disciplinas relacionadas, com base nisso investiga também a importância dada às metodologias específicas e as disciplinas conexas.

> Desde 1980 desenvolvem-se investigações em torno do campo teórico e prático da didática visando clarear questões epistemológicas, explicitar sua dimensão sociocrítica, inserir novos temas em debate em outras áreas, aproximar-se das didáticas específicas. Esse movimento orientou-se pela superação de uma visão instrumental para uma visão sociocrítica e, dada sua ampla difusão, seria razoável supor que ele teria influenciado os professores de didática. No entanto, ao menos pelas ementas analisadas, persiste o caráter instrumental (Libâneo, 2011, p. 17).

O autor fez um mapeamento da estrutura curricular das escolas de Goiás, distribuindo em categorias, sendo que cada categoria tinha suas respectivas disciplinas, bem como as horas (em porcentagem) de cada categoria. Foi observado que os cursos de pedagogia tinham uma carga horária em média muito baixa na categoria "conhecimentos referentes à formação profissional específica" (28,2%), os quais tratavam da didática, metodologias específicas e disciplinas conexas.

Mais a fundo nesse problema, constatou-se que os cursos utilizavam uma didática instrumental, ou seja, apresentavam ainda a ideia de Comênio (séc. XIX) de didática universal, descrevendo procedimentos técnicos, com modelos de planejamento e procedimentos. A estrutura curricular mostrava um caráter fragmentário, disperso e sobrecarregado, os conteúdos foram apresentados como fundamentos, restringindo os professores do conhecimento específico para os anos iniciais do ensino fundamental.

Com base nesses problemas Libâneo buscou justificar suas conclusões através de teorias, entre elas, a "teoria histórico-cultural" desenvolvida inicialmente por Vygotsky, evidenciando a importância dos conteúdos, da didática e das metodologias específicas.

Esse estudo é destinado principalmente aos coordenadores de cursos de pedagogia, pesquisadores, professores formadores, legisladores, enfim, todos aqueles responsáveis pelo funcionamento do sistema de ensino. E é importante na medida em que evidencia um dos possíveis e principais problemas da educação brasileira, pois no ensino fundamental se encontram os pré-requisitos cognitivos essenciais no processo de aprendizagem.

Texto 02: Ensinar e Aprender, Aprender e Ensinar: O Lugar da Teoria e da Prática em Didática

Libâneo explica a diferença entre pedagogia e didática historicamente:

> A pedagogia é vista como área de conhecimento que tem por objeto as práticas educativas em suas várias modalidades incidentes na prática social, investigando a natureza do fenômeno educativo, os conteúdos e os métodos da educação, os procedimentos investigativos. Ela se refere não apenas ao "como se faz", mas, principalmente, ao "por que se faz", de modo a orientar o trabalho educativo para as finalidades sociais e políticas almejadas pelo grupo de educadores. Por sua vez, a didática realiza objetivos e modos de intervenção pedagógicos em situações específicas de ensino e aprendizagem. Pedagogia e didática formam uma unidade, se correspondem, mas não são idênticas, pois, se é fato que todo trabalho didático é trabalho pedagógico, nem todo trabalho pedagógico é trabalho didático, já que há uma grande variedade de práticas educativas além da escola (Libâneo, 2012, p. 4).

A diferença entre pedagogia e didática foi muito questionada desde o século XIX com Comênio, e muitas definições foram inventadas para tentar entender qual era o papel de cada uma. Na França em 1960 foi chamada de "ciência da educação", o que colocou em segundo plano a autonomia da pedagogia. Outros defendiam a ideia de que as duas tratavam de diferentes dimensões da docência, que não se relacionavam. Para Jean Houssaye pedagogia e didática eram a mesma coisa. No Brasil, por influência estrangeira, segue todas essas ideias, não é à toa que as instituições divergem tanto no que se entende por didática.

Diálogo com Libâneo sobre didática

Dialogue with Libâneo about didatics

Bruno Rogério Ferreira de Morais[1]
Douglas Eleutério Camilo[1]

[1]Instituto Federal de São Paulo, Itapetininga, morais.brf14@hotmail.com

Submetido em 16/06/2015
Revisado em 22/06/2015
Aprovado em 29/06/2015

Resumo: Atualmente a didática tem sido muito estudada, questionada e disseminada no campo da educação e sendo muito importante para investigar e buscar solucionar problemas na baixa qualidade da formação de professores. Nesse sentido pretende-se tecer um diálogo com o professor José Carlos Libâneo, através de artigos que trabalham a relação da didática com outras disciplinas, sua importância no desenvolvimento profissional, sua valorização em cursos de pedagogia, seu desenvolvimento histórico-cultural.
Palavras chave: Didática. Metodologias específicas. Conteúdos específicos.

Abstract: Currently the teaching has been much studied , questioned and disseminated in education and it is very important to investigate and seek to solve problems in the low quality of teacher education . In this sense we intend to weave a dialogue with professor José Carlos Libâneo through articles that work the relationship of didactics with other disciplines, its importance in professional development, their valuation in pedagogy courses, its historical and cultural development.
Keywords: Didactics. Specific methodologies. Specific contents.

Diálogo com Libâneo sobre didática

Dialogue with Libâneo about didatics

Bruno Rogério Ferreira de Morais[1]
Douglas Eleutério Camilo[1]

[1]Instituto Federal de São Paulo, Itapetininga, morais.brf14@hotmail.com

Submetido em 16/06/2015
Revisado em 22/06/2015
Aprovado em 29/06/2015

Resumo: Atualmente a didática tem sido muito estudada, questionada e disseminada no campo da educação e sendo muito importante para investigar e buscar solucionar problemas na baixa qualidade da formação de professores. Nesse sentido pretende-se tecer um diálogo com o professor José Carlos Libâneo, através de artigos que trabalham a relação da didática com outras disciplinas, sua importância no desenvolvimento profissional, sua valorização em cursos de pedagogia, seu desenvolvimento histórico-cultural.
Palavras chave: Didática. Metodologias específicas. Conteúdos específicos.

Abstract: Currently the teaching has been much studied , questioned and disseminated in education and it is very important to investigate and seek to solve problems in the low quality of teacher education . In this sense we intend to weave a dialogue with professor José Carlos Libâneo through articles that work the relationship of didactics with other disciplines, its importance in professional development, their valuation in pedagogy courses, its historical and cultural development.
Keywords: Didactics. Specific methodologies. Specific contents.

Introdução

A Educação, em suas diversas manifestações, entendida como muitos como processo de formação humana, é fundamental para a construção de uma sociedade crítica, política e mais justa. A escolarização é parte importante desse processo, por isso escolas com boa estrutura e valorização docente são peças-chave para o sucesso do ensino de uma região.

Além disso, a formação docente nos cursos de licenciatura deve ser apropriada para prover aos alunos um compartilhamento da cultura produzida no decorrer da história de maneira eficiente e eficaz. Assim a Didática aparece como subsídio para fazer com que isso ocorra.

Piletti (2004), no livro Didática Geral, julga importante que o docente reflita sobre seu fundamento, razões de seu emprego e fatores que intervêm em sua aplicação, para não correr o risco de se tornar escravo dos instrumentos.

Dentre os estudiosos de Didática no Brasil destaca-se José Carlos Libâneo, natural de Angatuba (SP) nascido em 1945, doutor em Filosofia e História da Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1990) e atualmente é Professor Titular da Universidade Católica de Goiás.

O objetivo desse trabalho[1] é estruturar um diálogo com Libâneo, apresentando trechos de suas obras mais recentes, em ordem cronológica, seguidos de comentários e inferências dos autores.

Nossos Diálogos

Texto 01: Panorama do Ensino da Didática, das Metodologias Específicas e Disciplinas conexas, nos Cursos de Pedagogia do Estado de Goiás: Repercussões na Qualidade da Formação Profissional.

[1] Este trabalho foi orientado pelo Prof. Dr. Ivan Fortunato.

Libâneo busca compreender a importância dada à didática nos cursos superiores partindo de uma pesquisa realizada em 25 cursos de pedagogia do Estado de Goiás. Entender a didática como um todo requer o conhecimento de outras disciplinas relacionadas, com base nisso investiga também a importância dada às metodologias específicas e as disciplinas conexas.

> Desde 1980 desenvolvem-se investigações em torno do campo teórico e prático da didática visando clarear questões epistemológicas, explicitar sua dimensão sociocrítica, inserir novos temas em debate em outras áreas, aproximar-se das didáticas específicas. Esse movimento orientou-se pela superação de uma visão instrumental para uma visão sociocrítica e, dada sua ampla difusão, seria razoável supor que ele teria influenciado os professores de didática. No entanto, ao menos pelas ementas analisadas, persiste o caráter instrumental (Libâneo, 2011, p. 17).

O autor fez um mapeamento da estrutura curricular das escolas de Goiás, distribuindo em categorias, sendo que cada categoria tinha suas respectivas disciplinas, bem como as horas (em porcentagem) de cada categoria. Foi observado que os cursos de pedagogia tinham uma carga horária em média muito baixa na categoria "conhecimentos referentes à formação profissional específica" (28,2%), os quais tratavam da didática, metodologias específicas e disciplinas conexas.

Mais a fundo nesse problema, constatou-se que os cursos utilizavam uma didática instrumental, ou seja, apresentavam ainda a ideia de Comênio (séc. XIX) de didática universal, descrevendo procedimentos técnicos, com modelos de planejamento e procedimentos. A estrutura curricular mostrava um caráter fragmentário, disperso e sobrecarregado, os conteúdos foram apresentados como fundamentos, restringindo os professores do conhecimento específico para os anos iniciais do ensino fundamental.

Com base nesses problemas Libâneo buscou justificar suas conclusões através de teorias, entre elas, a "teoria histórico-cultural" desenvolvida inicialmente por Vygotsky, evidenciando a importância dos conteúdos, da didática e das metodologias específicas.

Esse estudo é destinado principalmente aos coordenadores de cursos de pedagogia, pesquisadores, professores formadores, legisladores, enfim, todos aqueles responsáveis pelo funcionamento do sistema de ensino. E é importante na medida em que evidencia um dos possíveis e principais problemas da educação brasileira, pois no ensino fundamental se encontram os pré-requisitos cognitivos essenciais no processo de aprendizagem.

Texto 02: Ensinar e Aprender, Aprender e Ensinar: O Lugar da Teoria e da Prática em Didática

Libâneo explica a diferença entre pedagogia e didática historicamente:

> A pedagogia é vista como área de conhecimento que tem por objeto as práticas educativas em suas várias modalidades incidentes na prática social, investigando a natureza do fenômeno educativo, os conteúdos e os métodos da educação, os procedimentos investigativos. Ela se refere não apenas ao "como se faz", mas, principalmente, ao "por que se faz", de modo a orientar o trabalho educativo para as finalidades sociais e políticas almejadas pelo grupo de educadores. Por sua vez, a didática realiza objetivos e modos de intervenção pedagógicos em situações específicas de ensino e aprendizagem. Pedagogia e didática formam uma unidade, se correspondem, mas não são idênticas, pois, se é fato que todo trabalho didático é trabalho pedagógico, nem todo trabalho pedagógico é trabalho didático, já que há uma grande variedade de práticas educativas além da escola (Libâneo, 2012, p. 4).

A diferença entre pedagogia e didática foi muito questionada desde o século XIX com Comênio, e muitas definições foram inventadas para tentar entender qual era o papel de cada uma. Na França em 1960 foi chamada de "ciência da educação", o que colocou em segundo plano a autonomia da pedagogia. Outros defendiam a ideia de que as duas tratavam de diferentes dimensões da docência, que não se relacionavam. Para Jean Houssaye pedagogia e didática eram a mesma coisa. No Brasil, por influência estrangeira, segue todas essas ideias, não é à toa que as instituições divergem tanto no que se entende por didática.

Libâneo, com seus estudos, propôs essa definição de pedagogia e didática; a pedagogia é vista como uma reflexão da atividade educativa, tendo como objeto de estudo a educação buscando preparar o solo para se pensar nas disciplinas de acordo com a realidade da instituição, a pedagogia forma modalidades de educação; enquanto a pedagogia estuda a educação de forma geral, a didática estuda situações específicas de ensino-aprendizagem, buscando, por exemplo, resolver um problema de aprendizagem de um aluno em determinada disciplina.

Texto 03: Didática como campo investigativo e disciplinar e seu lugar na formação de professores

Investigando a situação da didática, das metodologias específicas e disciplinas de conteúdos específicos do ensino fundamental, em 25 instituições de ensino superior do estado de Goiás que mantêm 41 cursos de pedagogia:

> Analisando os dados em relação à didática, verificou-se que a proporção de horas/aula destinada ao bloco "formação profissional especifica" corresponde a 28,2 (em média), ou seja, um terço da carga horária total dos cursos. Observa-se que o bloco "fundamentos teóricos" tem em média 18,4% da carga horária total e o bloco "conhecimentos referentes ao sistema educacional" 12,5% em média. Sobre as ementas de didática (ou denominação conexa), a análise do conteúdo mostra que ao menos 70% delas expressam uma didática instrumental, no sentido de descrever conhecimentos técnicos, mormente modelos de planejamento e de procedimentos (regras de execução, técnicas) (Libâneo, 2013, p. 14).

Apesar de não representar todos os cursos do estado, foi uma amostragem significativa e permite ter a noção de como se estrutura os cursos de pedagogia, cuja análise não foi das mais positivas, pois não há segundo o autor, uma harmonia entre as disciplinas de fundamentos e de prática, ou seja, a primeira não subsidia a segunda, não dando importância em o que e como ensinar. Além disso, segundo os resultados, as ementas apresentam em sua maioria didática instrumental, procedimentos e técnicas, com pouco espaço para a reflexão da prática e do dia-a-dia do professor em sala de aula, o que não poderia estar acontecendo pelo ano em

Introdução

A Educação, em suas diversas manifestações, entendida como muitos como processo de formação humana, é fundamental para a construção de uma sociedade crítica, política e mais justa. A escolarização é parte importante desse processo, por isso escolas com boa estrutura e valorização docente são peças-chave para o sucesso do ensino de uma região.

Além disso, a formação docente nos cursos de licenciatura deve ser apropriada para prover aos alunos um compartilhamento da cultura produzida no decorrer da história de maneira eficiente e eficaz. Assim a Didática aparece como subsídio para fazer com que isso ocorra.

Piletti (2004), no livro Didática Geral, julga importante que o docente reflita sobre seu fundamento, razões de seu emprego e fatores que intervêm em sua aplicação, para não correr o risco de se tornar escravo dos instrumentos.

Dentre os estudiosos de Didática no Brasil destaca-se José Carlos Libâneo, natural de Angatuba (SP) nascido em 1945, doutor em Filosofia e História da Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1990) e atualmente é Professor Titular da Universidade Católica de Goiás.

O objetivo desse trabalho[1] é estruturar um diálogo com Libâneo, apresentando trechos de suas obras mais recentes, em ordem cronológica, seguidos de comentários e inferências dos autores.

Nossos Diálogos

Texto 01: Panorama do Ensino da Didática, das Metodologias Específicas e Disciplinas conexas, nos Cursos de Pedagogia do Estado de Goiás: Repercussões na Qualidade da Formação Profissional.

[1] Este trabalho foi orientado pelo Prof. Dr. Ivan Fortunato.

Libâneo busca compreender a importância dada à didática nos cursos superiores partindo de uma pesquisa realizada em 25 cursos de pedagogia do Estado de Goiás. Entender a didática como um todo requer o conhecimento de outras disciplinas relacionadas, com base nisso investiga também a importância dada às metodologias específicas e as disciplinas conexas.

> Desde 1980 desenvolvem-se investigações em torno do campo teórico e prático da didática visando clarear questões epistemológicas, explicitar sua dimensão sociocrítica, inserir novos temas em debate em outras áreas, aproximar-se das didáticas específicas. Esse movimento orientou-se pela superação de uma visão instrumental para uma visão sociocrítica e, dada sua ampla difusão, seria razoável supor que ele teria influenciado os professores de didática. No entanto, ao menos pelas ementas analisadas, persiste o caráter instrumental (Libâneo, 2011, p. 17).

O autor fez um mapeamento da estrutura curricular das escolas de Goiás, distribuindo em categorias, sendo que cada categoria tinha suas respectivas disciplinas, bem como as horas (em porcentagem) de cada categoria. Foi observado que os cursos de pedagogia tinham uma carga horária em média muito baixa na categoria "conhecimentos referentes à formação profissional específica" (28,2%), os quais tratavam da didática, metodologias específicas e disciplinas conexas.

Mais a fundo nesse problema, constatou-se que os cursos utilizavam uma didática instrumental, ou seja, apresentavam ainda a ideia de Comênio (séc. XIX) de didática universal, descrevendo procedimentos técnicos, com modelos de planejamento e procedimentos. A estrutura curricular mostrava um caráter fragmentário, disperso e sobrecarregado, os conteúdos foram apresentados como fundamentos, restringindo os professores do conhecimento específico para os anos iniciais do ensino fundamental.

Com base nesses problemas Libâneo buscou justificar suas conclusões através de teorias, entre elas, a "teoria histórico-cultural" desenvolvida inicialmente por Vygotsky, evidenciando a importância dos conteúdos, da didática e das metodologias específicas.

Esse estudo é destinado principalmente aos coordenadores de cursos de pedagogia, pesquisadores, professores formadores, legisladores, enfim, todos aqueles responsáveis pelo funcionamento do sistema de ensino. E é importante na medida em que evidencia um dos possíveis e principais problemas da educação brasileira, pois no ensino fundamental se encontram os pré-requisitos cognitivos essenciais no processo de aprendizagem.

Texto 02: Ensinar e Aprender, Aprender e Ensinar: O Lugar da Teoria e da Prática em Didática

Libâneo explica a diferença entre pedagogia e didática historicamente:

> A pedagogia é vista como área de conhecimento que tem por objeto as práticas educativas em suas várias modalidades incidentes na prática social, investigando a natureza do fenômeno educativo, os conteúdos e os métodos da educação, os procedimentos investigativos. Ela se refere não apenas ao "como se faz", mas, principalmente, ao "por que se faz", de modo a orientar o trabalho educativo para as finalidades sociais e políticas almejadas pelo grupo de educadores. Por sua vez, a didática realiza objetivos e modos de intervenção pedagógicos em situações específicas de ensino e aprendizagem. Pedagogia e didática formam uma unidade, se correspondem, mas não são idênticas, pois, se é fato que todo trabalho didático é trabalho pedagógico, nem todo trabalho pedagógico é trabalho didático, já que há uma grande variedade de práticas educativas além da escola (Libâneo, 2012, p. 4).

A diferença entre pedagogia e didática foi muito questionada desde o século XIX com Comênio, e muitas definições foram inventadas para tentar entender qual era o papel de cada uma. Na França em 1960 foi chamada de "ciência da educação", o que colocou em segundo plano a autonomia da pedagogia. Outros defendiam a ideia de que as duas tratavam de diferentes dimensões da docência, que não se relacionavam. Para Jean Houssaye pedagogia e didática eram a mesma coisa. No Brasil, por influência estrangeira, segue todas essas ideias, não é à toa que as instituições divergem tanto no que se entende por didática.

Libâneo, com seus estudos, propôs essa definição de pedagogia e didática; a pedagogia é vista como uma reflexão da atividade educativa, tendo como objeto de estudo a educação buscando preparar o solo para se pensar nas disciplinas de acordo com a realidade da instituição, a pedagogia forma modalidades de educação; enquanto a pedagogia estuda a educação de forma geral, a didática estuda situações específicas de ensino-aprendizagem, buscando, por exemplo, resolver um problema de aprendizagem de um aluno em determinada disciplina.

Texto 03: Didática como campo investigativo e disciplinar e seu lugar na formação de professores

Investigando a situação da didática, das metodologias específicas e disciplinas de conteúdos específicos do ensino fundamental, em 25 instituições de ensino superior do estado de Goiás que mantêm 41 cursos de pedagogia:

> Analisando os dados em relação à didática, verificou-se que a proporção de horas/aula destinada ao bloco "formação profissional especifica" corresponde a 28,2 (em média), ou seja, um terço da carga horária total dos cursos. Observa-se que o bloco "fundamentos teóricos" tem em média 18,4% da carga horária total e o bloco "conhecimentos referentes ao sistema educacional" 12,5% em média. Sobre as ementas de didática (ou denominação conexa), a análise do conteúdo mostra que ao menos 70% delas expressam uma didática instrumental, no sentido de descrever conhecimentos técnicos, mormente modelos de planejamento e de procedimentos (regras de execução, técnicas) (Libâneo, 2013, p. 14).

Apesar de não representar todos os cursos do estado, foi uma amostragem significativa e permite ter a noção de como se estrutura os cursos de pedagogia, cuja análise não foi das mais positivas, pois não há segundo o autor, uma harmonia entre as disciplinas de fundamentos e de prática, ou seja, a primeira não subsidia a segunda, não dando importância em o que e como ensinar. Além disso, segundo os resultados, as ementas apresentam em sua maioria didática instrumental, procedimentos e técnicas, com pouco espaço para a reflexão da prática e do dia-a-dia do professor em sala de aula, o que não poderia estar acontecendo pelo ano em

Libâneo, com seus estudos, propôs essa definição de pedagogia e didática; a pedagogia é vista como uma reflexão da atividade educativa, tendo como objeto de estudo a educação buscando preparar o solo para se pensar nas disciplinas de acordo com a realidade da instituição, a pedagogia forma modalidades de educação; enquanto a pedagogia estuda a educação de forma geral, a didática estuda situações específicas de ensino-aprendizagem, buscando, por exemplo, resolver um problema de aprendizagem de um aluno em determinada disciplina.

Texto 03: Didática como campo investigativo e disciplinar e seu lugar na formação de professores

Investigando a situação da didática, das metodologias específicas e disciplinas de conteúdos específicos do ensino fundamental, em 25 instituições de ensino superior do estado de Goiás que mantêm 41 cursos de pedagogia:

> Analisando os dados em relação à didática, verificou-se que a proporção de horas/aula destinada ao bloco "formação profissional especifica" corresponde a 28,2 (em média), ou seja, um terço da carga horária total dos cursos. Observa-se que o bloco "fundamentos teóricos" tem em média 18,4% da carga horária total e o bloco "conhecimentos referentes ao sistema educacional" 12,5% em média. Sobre as ementas de didática (ou denominação conexa), a análise do conteúdo mostra que ao menos 70% delas expressam uma didática instrumental, no sentido de descrever conhecimentos técnicos, mormente modelos de planejamento e de procedimentos (regras de execução, técnicas) (Libâneo, 2013, p. 14).

Apesar de não representar todos os cursos do estado, foi uma amostragem significativa e permite ter a noção de como se estrutura os cursos de pedagogia, cuja análise não foi das mais positivas, pois não há segundo o autor, uma harmonia entre as disciplinas de fundamentos e de prática, ou seja, a primeira não subsidia a segunda, não dando importância em o que e como ensinar. Além disso, segundo os resultados, as ementas apresentam em sua maioria didática instrumental, procedimentos e técnicas, com pouco espaço para a reflexão da prática e do dia-a-dia do professor em sala de aula, o que não poderia estar acontecendo pelo ano em

que isso foi analisado, evidenciando falhas na formação dos novos docentes, ainda com visão tradicional.

Neste texto também se propõe a apresentar e comentar a trajetória do campo investigativo e disciplinar da didática e o seu lugar nos cursos de formação de professores, com uma sucinta revisão histórica a respeito dos objetos de investigação da Didática, desde Comênio, passando por Herbart, anos 1980 (teoria curricular crítica), desafios nos anos 1990 (aproximação com a realidade de ensino e salas de aula). Sobre o objeto de estudo, coloca que a didática tem como especificidade epistemológica o processo instrucional que orienta e assegura a unidade entre o aprender e o ensinar na relação com um saber, em situações contextualizadas, nas quais o aluno é orientado em sua atividade de aprendizagem para apropriação dos produtos da experiência humana na cultura e na ciência, visando o desenvolvimento humano (mediação didática).

Texto 04: As políticas de formação de professores, o conhecimento profissional e aproximações entre didática e currículo

Neste texto Libâneo defende a seguinte posição sobre a escola pública:

> Contrariamente às orientações dos organismos internacionais, compartilho o entendimento de que a escola pública não pode ser reduzida a um lugar de provimento de habilidades instrumentais para empregabilidade precária nem meramente de acolhimento e integração social dos pobres. A escola com qualidade educativa deve ser aquela que assegura as condições para que todos os alunos se apropriem dos saberes produzidos historicamente e, através deles, possam desenvolver-se cognitivamente, afetivamente, moralmente (Libâneo, 2014, p. 7).

Esse trabalho aborda, em conjunto com pesquisadores portugueses em educação, as intervenções no sistema educacional feitas por organismos multilaterais como Banco Mundial e Unesco, que objetivam apenas uma formação mínima necessária para ingresso no mercado de trabalho e convivência coletiva, condições para manter um mercado consumidor subordinado ao capitalismo

global. Fruto disso são as avaliações externas padronizadas, que não leva em consideração o contexto sociocultural onde a escola está inserida, como o Pisa (internacional, no qual o Brasil ocupa uma colocação baixa) e ENEM (nacional) e Saresp (estadual – São Paulo). Também critica uma escola que apenas supre carências sociais e econômicas dos alunos como merenda e material, o fim principal da escola é a apropriação de saberes acumulados pela humanidade para assim assumirem uma postura crítica e reflexiva na sociedade.

Sintetizando: as didáticas originam-se de disciplinas científicas e suas respectivas estruturas e lógicas; enfatizam "os modos de operacionalização e apropriação/construção de um saber", ocupam-se de um campo "de uma área do currículo", já o currículo constitui-se a partir da teorização em torno do aluno e da sociedade e como devem ser contemplados pela escola e o currículo; enfatiza a sua finalização em termos de objetivos datados e socialmente construídos e negociados; considerando o todo e as interações entre as partes face ao fim visado.

Texto 05: Didática e docência: formação e trabalho de professores da educação básica

O autor define didática segundo a teoria histórico-cultural:

> Com base nessa formulação teórica, se conclui que a didática se define como um campo científico interdisciplinar cujo objeto é o ensino orientado para a aprendizagem e cujo propósito é prover a organização adequada da atividade de ensino e aprendizagem com vistas ao desenvolvimento de capacidades intelectuais e formação da personalidade integral dos alunos. Em sua natureza, a didática oferece as condições e os modos de mediação da relação dos alunos com os objetos de conhecimento, com vistas à apropriação e internalização da experiência social e histórica da humanidade expressa nos conteúdos científicos e artísticos (Libâneo, 2014, p. 10).

Razões para a produção desse texto: desafios postos pela escola pública brasileira, como as dificuldades dos educadores em se acertarem em relação a objetivos, funções e formas de funcionamento das escolas, trazendo prejuízos às

ações de ensino-aprendizagem. O texto apresenta ideias sobre os conceitos fundantes da didática e sua aplicação pelos professores, situando-os nos embates correntes no campo teórico da educação e tem como pressuposto que a didática está no centro da formação profissional de professores como disciplina pedagógica, campo de investigação e de exercício profissional. A didática é um campo disciplinar e investigativo ainda bastante questionado no campo da educação, mas, também, visivelmente em expansão.

Dentre as teorias de aprendizagem, a histórico-cultural se destaca, e fica claro a importância da didática como disciplina independente, mas que se relaciona com outras ciências humanas, ela que entra no processo de mediação entre o conteúdo de um conhecimento (artístico ou científico) e o aluno que irá interiorizá-lo, dentro de situações socioculturais concretas (o meio interfere). No entanto, não é o que se observa e, às vezes, o novo professor sabe disso e não consegue implementar esse modelo devido às condições como sala lotada, pouco tempo de aula, pressão para passar conteúdo solicitado pelo estado, ficando então do modo tradicional de copiar da lousa, preencher a apostila e decorar para a prova, sem a devida contextualização e sem também respeitar o tempo de aprendizagem de cada aluno.

Texto 06: Didática e práticas de ensino e a abordagem da diversidade sociocultural na escola

Em resposta à pergunta "para que servem as escolas?", escreve:

> Evidentemente não se deseja o retorno a práticas que caracterizam a escola monocultural, de memorização de informações, das tarefas pouco estimuladoras da atividade mental, o ensino individualista, a avaliação homogeneizadora. A aposta é numa proposta pedagógica que propicie instrumentos conceituais aos alunos e promova mudanças qualitativas no seu desenvolvimento cognitivo, afetivo e moral dos alunos e, ao mesmo tempo, articule os conceitos científicos aos conceitos que trazem do meio local e da vida cotidiana. É nessa perspectiva que a didática e as didáticas disciplinares ganham seu sentido como ciência profissional do professor (Libâneo, 2014, p. 7).

Apesar dessa descrição apresentada pelo autor persistir ainda nas escolas, a mudança para uma melhor proposta pedagógica já começou, se não de nada teria impactado as publicações acadêmicas importantes nos últimos anos. Mesmo que falhas nas grades dos cursos de licenciaturas sejam evidenciadas, os novos docentes entram em sala de aula cientes e preocupados com a formação recebida pelos alunos, não apenas cognitiva, mas afetiva e moral, para que além de preparados para enfrentar um mercado de trabalho exigente, também saibam se portar diante dos problemas sociais ao seu redor, e seja capaz de associar o que viram na escola para solucioná-los, e assim contribuir para a construção de uma sociedade cada vez mais justa. Isso usando como exemplo a rede federal de educação que está em expansão no país, que possui cursos de licenciaturas de qualidade, quanto aos privados e à distância, outros estudos devem ser elaborados.

Sobre a globalização, dentro de interesses mercadológicos em nome do desenvolvimento econômico, os organismos multilaterais influenciam reformas educativas e, no caso dos países emergentes, políticas de proteção social à pobreza e de reconhecimento da diversidade social, de modo a tornar os pobres mais produtivos. O texto também apresenta uma posição sobre as funções sociais e pedagógicas da escola (a aprendizagem escolar deve ser um fator de ampliação das capacidades dos alunos de promover mudanças, tanto em si como nas condições objetivas em que vivem, apoiando-se na ética da justiça social) e uma didática para o desenvolvimento humano articulada com a diversidade sociocultural (os conceitos cotidianos formados nas vivências das práticas socioculturais e institucionais que crianças e jovens compartilham na família, na comunidade e nas várias instâncias da vida cotidiana são, também, determinantes na formação de competências, na apropriação do conhecimento e na identidade pessoal, sendo que elas são caracterizadas na escola tanto como contexto da aprendizagem quanto como conteúdo).

Texto 07: Formação de Professores e Didática para o Desenvolvimento Humano

Na tentativa de resolver o problema da dissociação entre conhecimento disciplinar e conhecimento pedagógico, escreve:

> A teoria do ensino para o desenvolvimento possibilita [...] tem como pressuposto que a função preponderante da escola é a de assegurar os meios para os alunos se apropriarem dos conhecimentos e, assim, formarem um método teórico-conceitual de pensar e atuar. Esse método consiste da interiorização de operações mentais e se forma por meio de conceitos adequados em relação aos objetos de estudo que, enquanto modos de operação mental, são formados com base nos processos lógicos e investigativos das ciências. O processo de apropriação dos conhecimentos na forma de conceitos requer dos alunos mudanças no desenvolvimento psíquico, propiciando-lhes novas capacidades intelectuais para apropriação de conhecimentos de nível mais complexo. Nessa concepção, o conhecimento pedagógico do professor é condição necessária para ajudar o aluno a mobilizar suas capacidades intelectuais para a apropriação dos conceitos. O professor deve não só dominar o conteúdo mas, especialmente, os métodos e procedimentos investigativos da ciência ensinada. Portanto, o conhecimento disciplinar e o conhecimento pedagógico estão mutuamente integrados (Libâneo, 2015, p. 13).

Libâneo discute o problema da dissociação entre conhecimento disciplinar e pedagógico, e a partir disso sugere a teoria de Davídov (teoria do ensino para o desenvolvimento humano). Esse problema persiste muito até hoje, pela influencia tradicional muito forte que se mantém na estrutura política, sociológica, sociocultural e institucional. As instituições têm dificuldades de associar os conteúdos específicos com os pedagógicos na formação de professores e nos currículos.

Essa dicotomia se mostra na história e na legislação. Em 1938 se atribuiu aos Instituídos de ensino básico o ensino dos conteúdos específicos, e para a Faculdade de Educação os estudos pedagógicos. Em 1968 com a reforma da Lei 5540/68, ainda se persistiu o problema, na medida que instituiu a formação de professores "especialistas em educação" os que continuassem na Faculdade de Filosofia ou através de trabalhos com institutos ou faculdades. Há ainda hoje o modelo 3+1 composto por três anos com disciplinas relacionadas ao bacharelado e

um ano com disciplinas pedagógicas da licenciatura, que tenta corrigir essa barreira entre o problema citado.

A "teoria do ensino para o desenvolvimento humano" de Davidov oferece a ideia de conhecimento pedagógico do conteúdo como efetivação da articulação entre conhecimento especifico e conhecimento pedagógico.

Na formação de professores é necessário estudar os procedimentos lógicos e investigativos que deram origem ao conhecimento cientifico, pois esses procedimentos são equivalentes às operações mentais que levam ao conceito teórico de um objeto de estudo. A atividade do ensino, portanto, não é necessariamente o conhecimento, mas o processo mental do conhecimento, isso que desenvolve as capacidades e habilidades intelectuais. Desse modo, para se aprender os conteúdos científicos, é necessário entender o processo que deu sua origem e seu desenvolvimento até sua constituição como objeto de conhecimento, e não vomitar conteúdos formalmente, acabados. E de que forma aplicar isso em aula? Elaborando situações problemas em que os alunos reproduzam os procedimentos investigativos que levaram a constituição da ciência, isso permitiria a formação de habilidades intelectuais semelhantes àqueles procedimentos.

Nesse caso, é função da didática organizar pedagógico-didaticamente "[...] os conteúdos em associação com sua análise epistemológica, ou seja, a análise do objeto da ciência ensinada, seus métodos de investigação e os resultados da investigação, junto com a análise psicopedagógica das condições de ensino-aprendizagem" (LIBÂNEO, 2015, p. 20).

Considerações Finais

Nos textos do Libâneo estudados, referente à didática, notamos que basicamente ele busca uma estrutura de contexto histórico, enfatiza e discute os problemas diagnosticados, teorias que explicam o determinado estudo e concluí com a teoria mais plausível, desenvolvendo, criticando e argumentando. As teorias

de referência para Libâneo, nesses textos, são a teoria do ensino para o desenvolvimento humano de Davídov e a teoria histórico-cultural de Vygotsky.

É preocupante como os cursos de pedagogia, pesquisados no Estado de Goiás, estavam defasados no que diz respeito à estrutura curricular para a formação de professores que irão atuar no ensino fundamental. A valorização da didática, das metodologias específicas e dos conteúdos específicos é muito parco visto que nesse ciclo, do ensino fundamental, é onde o aluno está em pleno desenvolvimento, onde o professor necessita trabalhar de forma epistemológica, metodológica, os conteúdos específicos, relacionando a experiência cotidiana com os conhecimentos científicos, entendendo os processos didáticos que podem ser desenvolvidos de acordo com cada disciplina e situação sociocultural, pois são esses os professores agentes centrais para a melhoria da qualidade do ensino e consequentemente do ciclo seguinte da vida do aluno.

Mas não são apenas os cursos de pedagogia que deixaram a desejar nos conteúdos específicos, mas as licenciaturas específicas também acreditam que os conteúdos pedagógicos não são tão importantes quanto os específicos. Nesse sentido é importante rever as estruturas curriculares dos cursos de licenciatura em geral para que haja a sobreposição de ambos (conteúdos específicos e pedagógicos) numa aula, através da didática, do estudo epistemológico, do desenvolvimento histórico da ciência ensinada.

Vale destacar que o autor é do lado que defende a didática como o objeto de estudo e importante na formação docente, colocando estacomo o processo que faz a ponte entre o sujeito ou aluno e o conhecimento a ser adquirido, em situações contextualizadas, orientado em sua atividade de aprendizagem para apropriação dos produtos artísticos ou científicos, visando o desenvolvimento humano (cognitivo, afetivo e moral).

Para finalizar, o que se pode tirar dos textos de Libâneo é sua crítica à escola de mero acolhimento social e preparação para o mercado, como sugerem organismos multilaterais, além de avaliações padrão que não permitem cada escola

se adequar ao contexto que estão. Outro ponto é sua defesa à didática como já mencionado e a influência que tem da teoria histórico-cultural para explicar o processo de ensino-aprendizagem.

Referências

LIBÂNEO, José C. As políticas de formação de professores, o conhecimento profissional e aproximações entre didática e currículo. 2014.

LIBÂNEO, José C.. Didática como campo investigativo e disciplinar e seu lugar na formaçao de professores. In: Maria Rita N.S., Oliveira, José Augusto Pacheco. (Org.). **Currículo, didática e formação de professores**. 1ed.Campinas (SP): Papirus, 2013, v. 1, p. 7-207.

LIBÂNEO, José C. Didática e docência: formação e trabalho de professores da educação básica. In: CRUZ, G.B.; OLIVEIRA, A.T.C.C.; NASCIMENTO, N.G.C.A.; NOGUEIRA, M.A.; (Org.). **Ensino de didática:** entre recorrentes e urgentes questões. 1ed.Rio de Janeiro: Editora Quartet, 2014, v. 1, p. 4-200.

LIBÂNEO, José C. Didática e práticas de ensino e a abordagem da diversidade sociocultural na escola. In: **XVII ENDIPE**, Fortaleza (CE), mesa redonda novembro 2014

LIBÂNEO, José C.Ensinar e aprender, aprender e ensinar: o lugar da teoria e da prática em didática. In: Libâneo, José C.; Alves, Nilda. (Org.). **Temas de pedagogia:** diálogo entre curriculo e didática. 1ed.São Paulo: Cortez, 2012, v. 1, p. 35-60.

LIBÂNEO, José C.Formação de Professores e Didática para Desenvolvimento Humano. **Educação e Realidade**, v. 40, p. 629-650, 2015.

LIBÂNEO, José C. Panorama do ensino da didática, das metodologias específicas e das disciplinas conexas nos cursos de pedagogia: repercussões na qualidade da formação profissional. In: LONGAREZI, Andrea M.; PUENTES, Roberto V.. (Org.). **Panorama da didática:** ensino, prática e pesquisa. 1ed.Campinas (SP): Papirus, 2011, v. 1, p. 11-50.

PILETTI, Claudino. **Didática geral**. 23.ed. SÃO PAULO: Ática, 2004. 264 pp.