

13º Congresso
Brasileiro
De Sistemas
ISSN: 2446-6700

Competências Sistêmicas para um mundo
problemático

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - SP
26 e 27.10.2017

**DESAFIOS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO –
DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SISTEMA CANTAREIRA
DIANTE DA DINÂMICA DE EXPANSÃO URBANA E
MUDANÇAS NO CLIMA**

Walter Manoel Mendes Filho

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica
walter.mendesfilho@gmail.com*

Fernanda Borges Monteiro Alves

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica
fernandaborges.ita@gmail.com*

Glaysse Ferreira Perroni da Silva

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica
glaysse19@yahoo.com.br*

Níssia Bergiante

*Universidade Federal Fluminense
nissiabergiante@id.uff.br*

Mischel Carmen Neyra Belderrain

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica
carmen@ita.br*

Wilson Cabral de Sousa Junior

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica
wilson@ita.br*

Resumo

Este estudo tem como objetivo a análise das interações na gestão do sistema de abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), naquilo que se refere ao sistema Cantareira e a proposição de ações voltadas a elaboração de políticas públicas. Num processo de tomada de decisão geralmente lançam-se objetivos para avaliar alternativas. Entretanto, deve-se concentrar-se, primeiro, em entender quais valores são fundamentais às questões discutidas e identificar oportunidades de decisão, para então propor alternativas que podem ser adotadas diante de valores e objetivos. Neste sentido, adotou-se a abordagem *Value Focused Thinking* (VFT) para proporcionar um maior entendimento, com base na identificação dos *stakeholders* do caso em questão. A hierarquia de objetivos fundamentais mostrou quatro grandes áreas que emergiram destas análises: controle da dinâmica de expansão urbana, gestão do sistema de abastecimento de água, políticas de regulação de crescimento, e sustentabilidade para uso eficiente da água.

Palavras-Chave: Value Focused Thinking, Disponibilidade Hídrica, Sistema Cantareira.

Abstract

The present study aims to analyze the management interactions of the water supply system in the Metropolitan Area of São Paulo (MASP), regarding the Cantareira and propose actions for elaboration of public policies. Decision-making methods often set goals for evaluating alternatives. However, one should first focus on understanding which values are essential to the issues discussed and identify decision opportunities, and then propose alternatives to be adopted in the face of values and objectives. In this sense, the Value Focused Thinking (VFT) methodology was adopted to provide a better understanding based upon the identification of the stakeholders established herein. The hierarchy of fundamental objectives showed four major areas that emerged from these analyses: control of urban expansion dynamics, management of the water supply system, growth regulation policies, and sustainability for an efficient water usage.

Keywords: Value-Focused Thinking, Water Availability, Cantareira System.

Introdução

As mudanças no uso do solo e seus impactos são elementos importantes para a gestão da água e exploração sustentável de recursos. Nessa linha, vários estudos avaliaram o impacto das mudanças no uso do solo na hidrologia para a projeção de mudança climática usando modelos dinâmicos de uso do solo (Wijesekara, Gupta, Valeo, Hasbani, Qiao, Delaney, & Marceau, 2012), ou assumindo cenários futuros de mudanças no uso do solo (Mango, Melesse, McClain, Gann, & Setegn, 2011; Van Roosmalen, Sonnenborg, & Jensen, 2009) combinado à modelagem hidrológica.

A necessidade do entendimento dos processos e os reais impactos que ocorrem nas bacias hidrográficas – mananciais de abastecimento – e regiões atendidas, devido às mudanças na composição natural, é imprescindível, para que os administradores e planejadores possam tomar decisões coerentes, com um elevado grau de confiabilidade.

Entretanto, quando diferentes usuários atendidos competem pela mesma oferta de água limitada, surgem conflitos. Segundo Urtiga e Morais (2015) a concorrência entre diferentes setores para o uso da água é uma realidade da maioria dos lugares. Em razão disso,

é comum ver, por exemplo, conflitos sobre o uso de água para agricultura e vida urbana e conflitos para garantir a sustentabilidade ambiental. Todos esses problemas levantam preocupações quanto à forma como a tomada de decisão em relação ao resgate da água deve ser abordada.

O envolvimento de múltiplos tomadores de decisão na gestão de recursos hídricos pode ser muito complexo, envolvendo as possibilidades de conflitos entre as partes interessadas e a influência de membros poderosos sobre a preferência de outros (Silva, Moraes, & Almeida, 2010).

Aliado a esses desafios envolvendo a dinâmica de expansão urbana, os tomadores de decisão se deparam também com as mudanças do clima. Para Nobre (2010), se continuar o padrão atual de emissões de Gases do Efeito Estufa – GEEs para a atmosfera, resultantes de ações antrópicas, há altíssima probabilidade de desencadear mudanças climáticas globais de grande magnitude nos próximos 100 anos. Entre elas, as mais significativas para o país são o aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos tais como secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo, etc.

No Brasil, a ciência das mudanças climáticas atua basicamente em três frentes distintas: o desenvolvimento e adaptação de modelos climáticos; a análise e previsão de impactos; e os estudos sobre adaptação.

Este estudo explora uma lacuna importante na interface entre previsão/análise de impactos na disponibilidade hídrica das bacias que compõem o sistema Cantareira, que atende a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, e a adaptação às mudanças de uso do solo nessas bacias e nas áreas atendidas pelo sistema.

De acordo com Nobre et al. (2010), cerca de 20 milhões de pessoas residem em uma área adensada, composta por um conjunto de 39 municípios – incluindo a capital do estado –

o município de São Paulo. A RMSP ocupa quase 8 mil km² e abriga, segundo os dados do Censo Demográfico 2010, cerca de 10% da população total brasileira, e 12% da urbana brasileira.

É preciso se distinguir o crescimento urbano da RMSP, a partir da sua evolução populacional, da apropriação física dos espaços da metrópole. Afinal, no período mais recente, a metrópole antes compacta, densa, dicotômica (centro-periferia) e polarizadora passa a apresentar sinais marcantes de um novo padrão: disperso, fragmentado, heterogêneo e multifuncional (Martine, 2007; Ojima, 2007; Hogan & Ojima, 2008).

Neste sentido, entender o comportamento da dinâmica de expansão urbana nessa área, por meio de estudos que mostrem em detalhes suas vulnerabilidades a essas mudanças, de modo a avaliar os prováveis impactos associados às projeções de crescimento populacional, à infraestrutura urbana e à disponibilidade hídrica para abastecimento de água é de fundamental importância para o planejamento estratégico do sistema de abastecimento, sobretudo no que se refere ao entendimento das interdependências entre a disponibilidade hídrica, mudança na infraestrutura do sistema e políticas públicas que direcionem para um melhor controle oferta/demanda.

Tendo em vista a criticidade das necessidades especiais de gerenciamento do sistema, para facilitar e proporcionar um maior entendimento do problema será utilizada a abordagem *Value Focused Thinking* (VFT), proposta por Keeney (1992), aplicada na análise da dinâmica de expansão urbana na RMSP e impactos no sistema de abastecimento público de água, para ampliar o conjunto de políticas de segurança ao sistema.

Este trabalho está dividido em seis seções. A primeira, introdutória, já aqui apresentada, tratou dos impactos das mudanças no uso do solo na hidrologia e o quanto é importante entender o comportamento da dinâmica da expansão urbana e suas vulnerabilidades. A segunda apresenta a contextualização do problema da água, na RMSP e o

seu gerenciamento. A terceira apresenta um referencial teórico sobre a estruturação de problemas complexos e o método usado na pesquisa. Na quarta parte, são apresentados os materiais e métodos da pesquisa e na quinta a aplicação do método escolhido para a análise do problema em questão. Por fim, discorre-se sobre as conclusões, recomendações e as referências são listadas.

O Sistema Cantareira

Na RMSP, a Sabesp conta com oito sistemas produtores de água – Cantareira, Alto Cotia, Baixo Cotia, Guarapiranga, Rio Grande, Rio Claro, Alto Tietê e Ribeirão da Estiva. Juntos, em situação de normalidade climática, têm a capacidade de produção de 73 m³/s de água (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo [SABESP], 2014).

O sistema Cantareira é formado por uma série de reservatórios, túneis e canais, que captam e desviam água de alguns dos cursos de água da bacia do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri, realizando, assim, a transposição de águas para a bacia do Alto Tietê, constituindo o principal sistema para atendimento da RMSP (Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos [COBRAPE], 2013; Agência Nacional das Águas [ANA], 2016).

O sistema Cantareira atende cerca de 8,8 milhões de pessoas nas zonas norte, central, parte da leste e oeste da Capital e nos municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Guarulhos (parte), Osasco, Carapicuíba, Barueri (parte), Taboão da Serra (parte), Santo André (parte) e São Caetano do Sul (ANA, 2016).

Os reservatórios do Sistema Cantareira acumulam água nos meses chuvosos, de outubro a março, garantido o abastecimento no período de estiagem. Entretanto, conforme dados apresentados em Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) (2015), no período de outubro de 2013 a março de 2014, da rede de pluviômetros da SABESP, foram observadas chuvas abaixo da média climatológica, e

consequentemente as vazões naturais afluentes foram excepcionalmente baixas, o que contribuiu para que os reservatórios não recebessem o volume de água esperado para essa época do ano.

Conforme Coutinho, Roberto e Paulo (2015), o volume de água diminuiu acentuadamente desde meados de 2013 e a capacidade operacional do reservatório foi esgotada em julho de 2014. A SABESP começou a reduzir as retiradas em janeiro de 2014 e, até maio de 2015, a saída total foi de 40% dos valores médios.

Neste sentido, estudar esse sistema diante da dinâmica de expansão urbana e mudança do clima é de fundamental importância. Para Nobre et al., (2010) as projeções climáticas indicam que haverá substanciais mudanças na temperatura, intensidade e duração de eventos extremos em escala regional.

Sistema Nacional de Recursos Hídricos – SINGREH

Combater um problema de gerenciamento de recursos hídricos é uma atividade muito complexa, envolve a alocação de água para seus múltiplos usos. Ao discutir um aspecto específico da gestão de recursos hídricos, como um sistema de abastecimento de água, é importante ter em mente que está relacionado ao serviço prestado a um grande número de cidadãos. Com esta perspectiva, é necessário que este sistema opere de forma eficiente, tanto em seus aspectos técnicos e administrativos, fornecendo não apenas água tratada, mas também fazendo isso sem interrupção e com uma tarifa baixa (Morais et al., 2013).

Para promover o desenvolvimento sustentável deste sistema de forma a garantir maior eficiência na gestão dos recursos hídricos, mantendo um equilíbrio dinâmico nos usos da água, tem-se a necessidade de elicitare as diferentes visões dos envolvidos, o que pode ser feito com o apoio da matriz de gerenciamento de recursos hídricos, conforme o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH), Figura 1.



Figura 1: Gerenciamento do sistema em vários níveis (ANA, 2017).

A opção pela gestão das águas brasileiras por meio do SINGREH deu-se em 1988, a partir da promulgação da Constituição Federal. Neste momento, estabeleceu-se que a União criaria um sistema nacional, e tornou-se claro que a gestão não se daria por uma única instituição pública, mas por meio deste sistema (ANA, 2017).

A participação dos *stakeholders* é especialmente importante no campo complexo da gestão dos recursos hídricos, onde os sistemas físicos e biológicos são combinados com as múltiplas perspectivas, necessidades, valores e preocupações associadas ao uso humano (Welp, 2001; Antunes, Kallis, Videira, & Santos 2009).

Segundo Nobre et al. (2010), é fundamental construir um espaço de negociação capaz de envolver os setores públicos e privados, como também o terceiro setor, na construção de

uma política metropolitana de enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas, que se manifeste em programas de curto, médio e longo prazo e que se concretize em projetos alternativos de uso e ocupação do território.

Abordagem *Value Focused Thinking* (VFT)

A integração de múltiplos sistemas de forma sustentável pode ser caracterizada pela existência de múltiplos atores, perspectivas múltiplas, interesses incomensuráveis e/ou conflitantes, intangíveis e incertezas chave. Para esses casos, Mingers e Rosenhead (2004) afirmam ainda que os PSMs (*Problem Structuring Methods*) são apropriados.

Segundo Rosenhead (1996), os PSMs são um amplo grupo de abordagens de tratamento de problemas, capazes de apoiar a estruturação de situações problemáticas ao invés de diretamente tentar resolvê-las.

Identificar um conjunto adequado de objetivos para uma decisão complexa não é uma tarefa simples. Isso requer um pensamento bem articulado. Como a essência de uma decisão complexa é encontrar uma solução que cumpra bem um conjunto escolhido de múltiplos objetivos, vale a pena chamar a atenção para a identificação desses objetivos (Keeney, 2013). Nesse caminho, a abordagem VFT é adotada para que o tomador de decisão foque em atividades essenciais antes de “solucionar um problema de decisão”. Os grandes benefícios deste método são: ser capaz de gerar melhores alternativas para qualquer problema de decisão e ser capaz de identificar situações de decisão que são mais importantes do que o problema de decisão que confronta o decisor.

Esta abordagem inicia pela organização dos objetivos e valores e termina com um processo e criação de alternativas que é direcionado pela visão dos objetivos. VFT tem basicamente duas atividades: decidir o que se quer e descobrir como tê-lo.

Keeney (1992) sugere tratar a situação que se pretende analisar, como oportunidade de decisão, onde inicialmente são focadas as necessidades e aspirações do decisor. Desta

forma, direciona-se o trabalho ao levantamento de valores envolvidos no processo decisório e depois na geração de alternativas (Hammond & Keeney, 1999).

Os valores podem ser melhor esclarecidos através da definição dos objetivos de decisão. Assim, identificam-se três tipos de objetivos:

- **Objetivos Fundamentais:** representam os fins que os decisores almejam em um contexto de decisão;
- **Objetivos Meios:** representam formas/maneiras para se alcançar outros objetivos;
- **Objetivos Estratégicos:** são objetivos fundamentais que direcionam a tomada de todas as decisões organizacionais e são utilizados para se tomar decisões no nível estratégico de uma organização.

Materiais e Métodos

O VFT proposto por Keeney (1996) sugere uma sequência de cinco passos para fazer frente às dificuldades na definição de objetivos fundamentais e permitir melhor entendimento das relações entre diferentes objetivos. Para o autor, seguir os passos é importante, pois estes objetivos fins podem ser confundidos com objetivos meios, ou com restrições e/ou alternativas.

➤ **Passo 1:** Listar todas as preocupações, considerações e critérios relacionados à decisão.

Neste passo várias técnicas podem ser utilizadas para obter a lista, como pensar sobre as melhores e piores alternativas, conversar com pessoas que enfrentaram situações semelhantes, etc.

➤ **Passo 2:** Converter preocupações gerais em objetivos: Neste passo realiza-se a conversão das preocupações e aspirações obtidas no primeiro passo em objetivos.

A forma mais clara de se expressar um objetivo é através de uma frase curta, consistindo de um verbo e um objeto. Neste estágio é desejável haver uma longa lista de objetivos.

- Passo 3: Separar fins de meios para a obtenção dos objetivos fundamentais.

Depois de categorizados os objetivos, realiza-se a divisão entre objetivos fins e objetivos meios.

- Passo 4: Esclarecer o significado de cada objetivo: Neste passo, para cada objetivo encontrado pergunta-se “o que realmente significa isso?”.

Esta pergunta possibilita identificar aspectos que compõe o objetivo e amplia o entendimento sobre ele. Este procedimento ajuda a estabelecer mais precisamente os objetivos e perceber como melhor alcançá-lo.

- Passo 5: Testar objetivos.

Nesta etapa os objetivos são testados para ver se eles refletem os objetivos do decisor. Para tanto, pode-se utilizar a lista de objetivos encontrada para avaliar alternativas potenciais e verificar se os resultados obtidos são consistentes.

Apoiando-se em Ackermann e Eden (2011), os quais definem quatro categorias de *stakeholders*, com base nos critérios de alto interesse e baixo poder, os dados foram obtidos a partir de técnicas de *brainstorming*, e de entrevistas com 2 hidrólogos pesquisadores do CEMADEN no primeiro semestre de 2016, além de pesquisa bibliográfica (COBRAPE, 2013; SABESP, 2014; CEMADEN, 2015; ANA, 2016), para melhor contextualização da situação problemática e definição de objetivos com foco nos valores elencados por aqueles atores. Os *stakeholders* foram escolhidos, sobretudo, devido ao seu conhecimento sobre o tema em estudo.

Aplicação à dinâmica de expansão urbana na RMSP–demanda por água

Considerando as projeções de mudança do clima como plano de fundo, para a identificação e estruturação dos objetivos do problema e estabelecimento do objetivo principal, utilizou-se a abordagem VFT. Foram aplicados os cinco passos propostos por Keeney (1996), organizados na Figura 2.

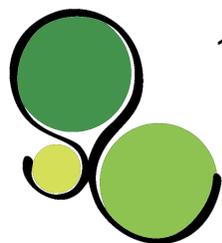


Figura 2: Aplicação da abordagem *Value Focused Thinking* (VFT)

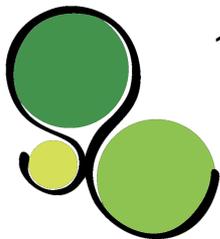
Passo 1: (Listar Preocupações)		Preocupações e Problemas		
		<ul style="list-style-type: none"> - Crescimento urbano desordenado da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP; - Escassez hídrica; - Omissão dos poderes públicos para pôr em prática planos para combater o desperdício de água, o desmatamento das florestas, o reaproveitamento da água da chuva e a despoluição dos rios; - Inexistência de uma política para a correta coleta e disposição do lixo urbano, bem como uma carência de destinação dos esgotos sanitário e industrial; - Interesses conflitantes: irrigação do solo, utilização na agropecuária e geração de energia por meio de usinas hidrelétricas; - Incapacidade de atender os interesses e as necessidades das gerações futuras; - Aumento da demanda nas regiões urbanas pelo aumento da população em contrapartida à diminuição das reservas atuais; - Falta de uma gestão estratégica e cooperativa do uso da água, que permita incorporar todas as aspirações conflitantes, evitando, assim, instabilidade social; - Promoção da saúde e do desenvolvimento humano; - Preservação dos ecossistemas. 		
Objetivos	Passo 2: (Listar Objetivos)	Passo 3: Objetivo meio ou fim?	Passo 4: (Descrição do Objetivo)	Passo 5: Objetivo atende ao problema?
	Controlar a expansão urbana	Fim	Controlar a dinâmica de expansão urbana para atendimento da demanda por água na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP	SIM
	Planejar políticas públicas	Meio	Planejar políticas de controle de crescimento urbano	SIM
	Atender a demanda	Fim	Atender a demanda por água em cenários de escassez hídrica	SIM

Desenvolvimento	Meio	Melhorar o desenvolvimento sustentável da região	SIM
Equilíbrio	Meio	Promover o equilíbrio dinâmico do sistema de abastecimento público de água	SIM
Parâmetros	Meio	Reformulação de parâmetros urbanísticos reguladores do adensamento de determinada região	SIM
Legislação	Meio	Implementação e fiscalização de legislação de controle de adensamento urbano	SIM
Monitoramento	Meio	Melhorar o monitoramento das zonas de abastecimento	SIM
Adequação	Meio	Incentivar a adequação das edificações para o uso racional da água	SIM
Fiscalização	Meio	Aumentar a fiscalização	SIM
Racionalização	Meio	Racionalização do uso do solo urbano: controle da dinâmica de expansão urbana	SIM
Educação	Meio	Educação ambiental: processo contínuo	SIM
Atratividade	Meio	Atrair o desenvolvimento econômico para a região	SIM
Demanda	Meio	Adequar a demanda para cenários de escassez de recursos	SIM
Crescimento	Fim	Ajustar o padrão de crescimento urbano	SIM
Consumo	Meio	Mudança de padrão de consumo de água	SIM
Sustentabilidade	Fim	Fazer um uso sustentável e consciente da água	SIM
Uso	Meio	Proporcionar o uso múltiplo e democrático da água	SIM
Controle	Meio	Controlar o desmatamento para evitar o assoreamento dos rios	SIM
Mananciais	Meio	Evitar a degradação ambiental dos mananciais	SIM
Conscientização	Meio	Fazer campanhas de conscientização para não jogar lixo nos rios e para evitar a contaminação dos rios por esgoto doméstico ou industrial	SIM
Ação	Meio	Despoluir os rios	SIM

A Figura 3 apresenta os objetivos estratégicos e hierarquia dos objetivos fundamentais. A hierarquia de objetivos fundamentais destacou quatro grandes áreas: controle da dinâmica de expansão urbana, gestão do sistema de abastecimento de água (atendimento da demanda), políticas de regulação de crescimento, e sustentabilidade (medidas de uso eficiente da água).

Figura 3: Objetivo estratégico e hierarquia dos objetivos fundamentais

Garantir o acesso à água para a população, indústria, agricultura, agropecuária e geração de energia, visando a promoção da saúde e o desenvolvimento humano e econômico.
1. Controlar a dinâmica da expansão urbana 1.1. Fazer planejamento urbano adequado para conter o crescimento desordenado das cidades; 1.2. Preservar os ecossistemas face à construção de novas residências e expansão do parque tecnológico; 1.3. Promover o gerenciamento adequado da drenagem urbana.
2. Atender a demanda por água 2.1. Apresentar políticas públicas de redução de perdas na distribuição de água; 2.2. Promover a gestão estratégica e cooperativa dos recursos hídricos.
3. Ajustar o padrão do crescimento urbano quanto à saúde e meio ambiente 3.1. Implantar políticas públicas de saneamento básico e adequada destinação de esgoto industrial; 3.2. Controlar o desmatamento próximo a áreas de expansão urbana para evitar o assoreamento dos rios.
4. Fazer um uso sustentável e consciente da água 4.1. Implantar políticas públicas para combater o desperdício de água; 4.2. Incentivar o reaproveitamento de água da chuva e o reuso da água através do tratamento do esgoto; 4.3. Evitar a degradação ambiental dos mananciais.



Seguindo metodologia adotada por Coelho e Belderrain (2016), na definição dos objetivos principais, buscou-se em pesquisa bibliográfica (COBRAPE, 2013; SABESP, 2014; CEMADEN, 2015; ANA, 2016) a problemática envolvendo a garantia da maior parte da população aos serviços de abastecimento público de água.

Para Morais et al., (2013), a abordagem VFT não só ajuda a identificar todos os objetivos relevantes, incluindo objetivos anteriormente não reconhecidos, mas também fornece uma maneira lógica e consistente de identificar as relações entre os objetivos.

Tomando como base os valores dos autores e entrevistados, definiram-se os aspectos importantes a serem trabalhados a fim de garantir o acesso da população à água, diante da dinâmica de expansão urbana da RMSP e projeções de mudanças no clima.

A Figura 4 apresenta a rede de objetivos relacionados à problemática. Pode-se constatar que alguns objetivos meios possuem relação com ambos os objetivos fundamentais e estes devem ser prioridade na atuação, ou seja, garantir que esse acesso à água se dê de forma contínua e harmoniosa, de modo a reduzir casos de conflitos de uso nas áreas atendidas. As relações entre os objetivos meios e objetivos fundamentais demonstra como os vários segmentos de uso de água impacta no equilíbrio do sistema.

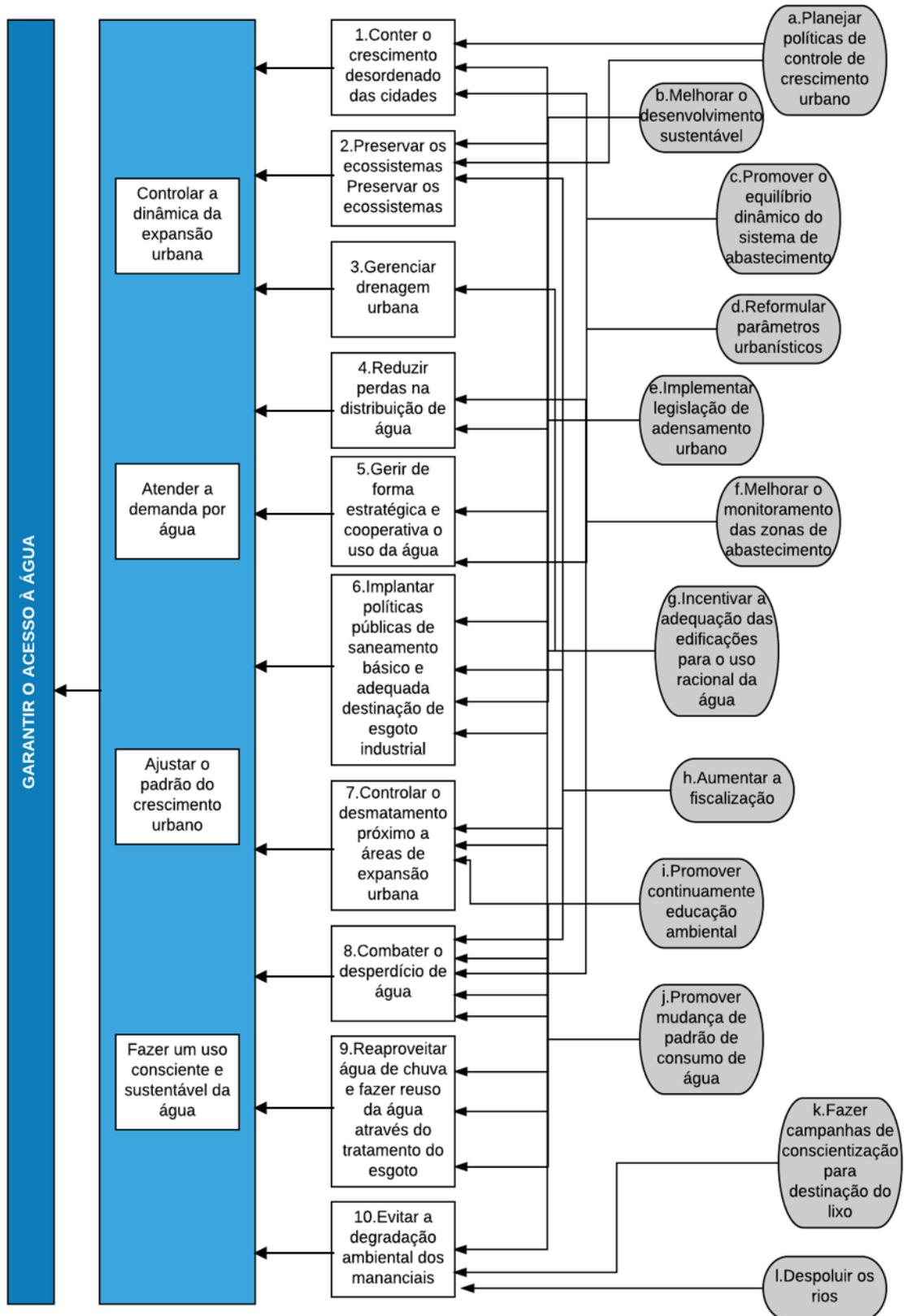


Figura 4 - Rede de Objetivos

Acredita-se que a melhoria nessas quatro grandes áreas – controle da dinâmica de expansão urbana, gestão do sistema de abastecimento de água, políticas de regulação de crescimento, e sustentabilidade (uso eficiente da água) – pode proporcionar maior eficiência do sistema, para “garantir o acesso à água”. A rede de objetivos meios e fins mostra como objetivos fundamentais podem ser alcançados através de objetivos meios, ou seja, como a estratégia para “garantir o acesso à água” pode ser alcançada.

Conclusões e Recomendações

A ampla participação de *stakeholders* é essencial para a gestão sustentável das bacias hidrográficas, sobretudo aquelas associadas aos mananciais de abastecimento de grandes centros urbanos, condição essa que é reconhecida em uma ampla gama de decisões políticas, documentos acadêmicos e programas de desenvolvimento sustentável em todo o mundo.

Assim, ao adotar a abordagem *Value Focused Thinking* (VFT) foi possível ter uma primeira noção dos caminhos a seguir para garantir o acesso a água, sobretudo diante da dinâmica de expansão urbana, mas tendo sempre como plano de fundo as projeções de mudanças do clima.

Trazendo para a realidade da RMS, de modo a avaliar os possíveis impactos associados às projeções de crescimento populacional, à infraestrutura urbana e à disponibilidade hídrica para abastecimento de água, foi possível identificar e hierarquizar objetivos com base em valores. Entretanto, como limitação do estudo, estes valores consideraram como critérios, alto interesse, porém baixo poder, conforme Ackermann e Eden (2011).

No entanto, como próximas etapas deste estudo, destacamos a necessidade de associar PSM's à simulação. A modelagem é uma ferramenta importante para conceituar a complexidade inerente dos sistemas naturais (Chapra, 1997; DePinto, Freedman, Dilks, & Larson, 2004; Smith-Korfmacher, 1998; Korfmacher, 2001). Também pode informar e apoiar

decisões de gestão integrada de bacias hidrográficas (Dietz, Tanguay, Tuler, & Webler, 2004; Gaddis, Falk, Ginger, & Voinov, 2010; Parker et al., 2002; Voinov & Gaddis, 2008). Afinal, conforme Veldhuis, Scheepstal, Rowette e Logtens (2015) afirmam, embora muitos esforços tenham sido feitos para combinar PSMs com simulação, atualmente, muito pouco existe que integre a capacidade de simulação com a estruturação de problemas. Assim, pretende-se avançar no campo da Dinâmica de Sistemas para construir modelos diretamente com o envolvimento dos grupos de *stakeholders* e garantir melhor implementação.

Agradecimentos

Aos colaboradores do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, por gentilmente aceitarem nos atender para as entrevistas, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro à pesquisa do Programa de Pós-graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. Ao CNPq pelo financiamento parcial à pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Ackermann F., & Eden, C. (2011). Strategic Management of Stakeholders: theory and practice. *Long Range Planning*, 44, 179-196.
- Agência Nacional das Águas. (2016). Dados de referência acerca da outorga do sistema Cantareira. Brasília/DF. Recuperado de http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/Renovacao_Outorga/DDR_Sistema_Cantareira.pdf.
- Agência Nacional das Águas. (2017). Capacitação para o SINGREH. Recuperado de <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/default.aspx>.
- Antunes, P., Kallis, G., Videira, N., & Santos, R., (2009). Participation and evaluation for sustainable river basin governance. *Ecological Economics*, 68, 931-939.
- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas De Desastres Naturais. (2015). Relatório da Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira. Recuperado de <http://http://www.cemaden.gov.br/cantareira/relatorio-sistema-cantareira-22-01-2015.php>.
- Chapra, S., (1997). Surface Water Quality Modeling. *WCB McGraw-Hill*, New York, NY.
- Coelho, G., & Belderrain, M.C.N. (2016). Definição de Políticas de Saúde para a promoção do Envelhecimento Ativo dos Trabalhadores da Indústria Utilizando Value-Focused Thinking –VFT-12º Congresso Brasileiro de Sistemas: n. pag. Web.
- Coelho, C.A.S; Cardoso, D.H.F; & Firpo, M.A.F. (2016). Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. *Theoretical and applied climatology*, 125(3),769-784.
- Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Plano diretor de aproveitamento de recursos hídricos para a macrometrópole paulista no estado de São Paulo. Relatório final, v. 1. São Paulo: COBRAPE, out 2013, 213p.

- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP (2014). Relatório de Sustentabilidade de 2014.
- Coutinho, R. M.; Roberto A. K; & Paulo I. P. (2015). Catastrophic regime shift in water reservoirs and São Paulo water supply crisis. *PloS one 10.9*: e0138278.
- DePinto, J. V., Freedman, P.L., Dilks, D.M., & Larson, W.M. (2004). Models quantify the total maximum daily load process. *J. Environ. Eng.*, 130 (6), 703-716.
- Dietz, T., Tanguay, J., Tuler, S., Webler, T.(2004). Making computer models useful: an exploration of expectations by experts and local officials. *Coast. Manag.*, 32, 307-318.
- Gaddis, E.J.B., Falk, H.H., Ginger, C., & Voinov, A. (2010). Effectiveness of a participatory modeling effort to indentify and advance community water resource goals in St. Albans, Vermont. *Environ. Model. Soft*, 25, 1428-1438.
- Hammond, J.S.; & Kenney, R.L. (1999). Making smart choices in engineering. *IEEE Spectrum*, 36(11), 71-76.
- Hogan, D. J.; & Ojima, R. (2008). Urban sprawl: a challenge for sustainability.In: Martine, George; et al. (eds.) *The New Global Frontier: urbanization, poverty and environment in the 21st century*. London: Earthscan. p.203-216.
- Keeney, R.L. (2013). Identifying, prioritizing, and using multiple objectives. *EURO Journal on Decision Processes*, 1(1-2),45-67.
- Keeney, R.L. (1996). Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. *European Journal of Operational Research*, 92(3),537-549.
- Keeney, R. L. (1992). Value Focused Thinking. Harvard.
- Korfmacher, K.S., (2001). The politics of participation in watershed modeling. *J. Environ. Manag.*, 27(2),161-176.

- Lima, W.P. (2000). Importância das florestas para produção de água. Simpósio sobre Recuperação da Cobertura Florestal da bacia do Rio Corumbataí. Piracicaba, IPEF/ESALQ.
- Mango, L.M., Melesse, A.M., McClain, M.E., Gann, D., & Setegn, S.G., (2011). Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin, Kenya: results of a modeling study to support better resource management. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 2245–2258.
- Martine, G. O. (2007). O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. *Revista Brasileira de Estudos da População*, 24, 181-190.
- Mingers, J.; & Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, 152, 530–554.
- Morais, D. C. et al. (2013). Using value-focused thinking in Brazil. *Pesquisa Operacional*, 33(1),73-88.
- Nobre, C. A. (2010). Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas dopaís. *Parcerias estratégicas*, 6(12), 239-258.
- Nobre, C. A., Young, A. F., Saldiva, P., Marengo, J. A., Nobre, A. D., Alves Jr, S., & Lombardo, M. (2010). Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas.
- Ojima, R. (2007). Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. *Revista Brasileira de Estudos da População*, 24(2), 277-300.
- Parker, P. et al, (2002). Progress in integrated assessment and modeling. *Environ. Model. Softw.*, 17,209-217.

- Rosenhead, J. (1996). What's the problem? An introduction to problem structuring methods. *Interfaces*, 26(6),117–131.
- Silva, V. B.S; Morais, D.C.; & Almeida, A. T. (2010). A multicriteria group decision model to support watershed committees in Brazil. *Water Resources Management*, 24(14), 4075-4091.
- Smith-Korfmacher, K., (1998). Water quality modeling for environmental management: lessons from the policy sciences. *Policy Sci.*, 31(1), 35-54.
- Urtiga, M. M.; & Morais, D.C. (2015). Pre-negotiation framework to promote cooperative negotiations in water resource conflicts through value creation approach. *EURO Journal on Decision Processes*, 3(3-4), 339-356.
- VanRoosmalen, L., Sonnenborg, T.O., & Jensen, K.H. (2009). Impact of climate and land use change on the hydrology of a large-scale agricultural catchment. *Water Resources Res.*, 45(7), 1–18.
- Veldhuis, G. A., Scheepstal, P. V., Rowette E., & Logtens, T. (2015). Collaborative problem structuring using MARVEL. *European Journal of Operational Research*, 3(3-4),249–273.
- Voinov, A., Gaddis, E.J.B. (2008). Lessons for successful participatory watershed modeling: a perspective from modeling practitioners. *Ecol. Model*, 216(2),197-207.
- Welp, M., (2001). The use of decision support tools in participatory river basin management. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26, 535-539.
- Wijesekara, G.; Gupta, A.; Valeo, C.; Hasbani, J.G.; Qiao, Y.; Delaney, P.; & Marceau, D. J. (2012). Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the elbow river watershed in southern Alberta, Canada. *Journal of Hydrol.*, 412-413, 220–232.