



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NORAH PATRÍCIA PANOZO RIVERO

**MODELO DE ESCOLHA ESTRATÉGICA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE
ALTERNATIVAS PARA O COMBATE À ESCASSEZ DE ÁGUA EM LA PAZ –
BOLÍVIA**

Recife

2018

NORAH PATRICIA PANOZO RIVERO

**MODELO DE ESCOLHA ESTRATÉGICA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE
ALTERNATIVAS PARA O COMBATE À ESCASSEZ DE ÁGUA EM LA PAZ –
BOLÍVIA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Morais.

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

R621m Rivero, Norah Patricia Panozo.
Modelo de escolha estratégica para a identificação de alternativas para o combate à escassez de água em La Paz – Bolívia / Norah Patricia Panozo Rivero. – 2018.
120 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Morais.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.
Inclui Referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Escassez de água. 3. Escolha estratégica. 4. SCA. 5. Gestão de recursos hídricos. I. Morais, Danielle Costa. (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-418

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

NORAH PATRICIA PANOZO RIVERO

“MODELO DE ESCOLHA ESTRATÉGICA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE
ALTERNATIVAS PARA O COMBATE À ESCASSEZ DE ÁGUA EM LA PAZ –
BOLÍVIA”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a candidata NORAH PATRICIA PANOZO RIVERO **APROVADA.**

Recife, 28 de agosto de 2018.

Prof.^a DANIELLE COSTA MORAIS, DOUTORA (UFPE)

Prof.^a LUCIANA HAZIN ALENCAR, DOUTORA (UFPE)

Prof. ANDERSON LUIZ RIBEIRO DE PAIVA, DOUTOR (UFPE)

O desenvolvimento deste trabalho encontra-se dedicado integralmente a minha irmã Andrea Alejandra Panozo Rivero, por ser a pessoa que mais amo no mundo, meu exemplo, minha motivação e minha razão de viver.

Obrigada por tudo que você faz por mim, que Deus te abençoe eternamente (Te amame maish doish)!!!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me feito instrumento da sua sabedoria, por ter me permitido criar circunstâncias que me levaram a descobrir esta oportunidade e por ter me fornecido os elementos necessários para conseguir esta conquista.

A minha família, amigos, colegas, conhecidos e todos os que de maneira direta e indireta contribuíram com este projeto chamado vida, dando-me desde suporte, incentivo, amor, ânimo, até uma simples palavra que se converteu em um sinal de motivação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEPP da Universidade Federal de Pernambuco UFPE – Brasil e aos professores que compõem o corpo docente, principalmente à professora Danielle Costa Moraes por ter sido minha orientadora, exemplo de dedicação, compreensão, empatia, colaboração, e a principal envolvida no desenvolvimento desta dissertação.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Brasil por ter me acolhido e outorgado experiências maravilhosas no decorrer desses últimos anos.

À Bolívia por ser a terra que me deu vida, país cheio de cultura e gente linda do qual sinto orgulho de pertencer, às instituições e seus representantes por ter me facilitado as informações para a elaboração desta pesquisa.

E finalmente, a todos que fizeram parte deste crescimento e concretização do presente trabalho.

O planeta Terra é capaz de prover todos os seres vivos com alimentos, água e energia suficientes, " ... se não seguirmos mais as leis do lucro, mas a lógica da natureza" (Dieter Duhm, cofundador de Tamera).

(BERND WALTER MUELLER, 2011).

RESUMO

O fenômeno de escassez da água não é novidade no mundo, entretanto, a situação dos recursos hídricos na cidade de La Paz, na Bolívia, apresenta uma falência significativa que contribuiu com a iniquidade na distribuição. As pressões globais, o uso inconsciente, a ausência de políticas preventivas, todas elas exacerbadas pela mudança climática, contribuem com a crise hídrica manifestada recentemente no país. Diante deste panorama, propõe-se um modelo de estruturação de problema que fornece apoio formal ao processo decisório, baseado na abordagem de escolha estratégica, *Strategic Choice Approach* – SCA, para a geração de alternativas, avaliação de cenários e elaboração de planos de contingência. Este modelo enfatiza a elaboração de estratégias viáveis que contribuam com o planejamento de maneira responsável e equitativa para o atendimento das necessidades da população no município de La Paz, mesmo em tempos de crise. A dinâmica ativa e criativa do processo iterativo de tomada de decisão entre os participantes, permite nivelar informações com o propósito de identificar as temáticas a serem trabalhadas relacionadas à problemática tratada. O software STRAD 2.3 enriquece a visualização e interpretação de gráficos e esquemas, sendo progressiva a aquisição de conhecimento, interpretação dos argumentos e aprendizado sobre o problema. O desenvolvimento do modelo está direcionado para o combate à escassez de água considerando diversos fatores do cenário atual. Sua aplicação pode fornecer resultados factíveis e de benefício coletivo, os quais serão expostos através do pacote de compromissos onde é possível registrar informações sobre: os respectivos responsáveis (quem?), a sequência do planejamento (quando?) e a forma como será realizada (como?).

Palavras-chave: Escassez de água. Escolha estratégica. SCA. Gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

The phenomenon of water scarcity is not novelty in the world, however, the situation of water resources in the city of La Paz, Bolivia, presents a significant bankruptcy that contributed to the inequity in distribution. Global pressures, unconscious use, lack of preventive policies, exacerbated by climate change, contribute to the recent water crisis in the country. Given this scenario, a problem-structuring model is proposed that provides formal support to the decision-making process, based on the *Strategic Choice Approach* (SCA), for the generation of alternatives, scenario evaluation and contingency planning. This model emphasizes the development of viable strategies that contribute to planning in a responsible and equitable way to meet the needs of the population in the municipality of La Paz, even in times of crisis. The active and creative dynamics of the interactive process of decision-making among the participants, allows leveling information with the purpose of identifying the themes related to the problem. The STRAD 2.3 software enriches the visualization and interpretation of graphs and diagrams, being progressive the acquisition of knowledge, interpretation of the arguments and learning about the problem. The development of the model is directed towards the fight against water scarcity considering several factors of the current scenario. Its application can provide feasible results and collective benefit, which will be exposed through the package of commitments where it is possible to record information about: the respective responsible (who?), the sequence of the planning (when?) and how it will be carried out (how?).

Keywords: Water scarcity. Strategic Choice. SCA. Water resources management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Fluxo da elaboração do trabalho	22
Figura 2 –	Proposta de novo esquema de captação e distribuição de água potável das cidades de La Paz e El Alto	36
Figura 3 –	Representação dos sete estágios do SSM	41
Figura 4 –	Representação da guia e conceitos do SODA	44
Figura 5 –	Representação dos benefícios da visão do VFT	48
Figura 6 –	Gráfico de áreas de incertezas	50
Figura 7 –	Dinâmica de escolha estratégica	50
Figura 8 –	Divisão político-administrativa do estado de La Paz.	59
Figura 9 –	Mapa da Região Metropolitana do estado de La Paz	61
Figura 10 –	Divisão político-administrativa da província Pedro Domingo Murillo.	62
Figura 11 –	População urbana do Município de La Paz	64
Figura 12 –	Localização dos danos do sistema de abastecimento Hampaturi – Pampahasi	67
Figura 13 –	Centros de saúde e escolas danificadas pelo desabastecimento Hampaturi – Pampahasi	68
Figura 14 –	Geleiras e rios que subministram água às cidades de La Paz e El Alto	71
Figura 15 –	Esquema de captação e distribuição de água potável das cidades de La Paz e El Alto	74
Figura 16 –	Fluxo do modelo proposto	81
Figura 17 –	Gráfico de decisão (Fase Modelar)	89
Figura 18 –	Foco do problema, no STRAD, (Fase Modelar)	89
Figura 19 –	Matriz de compatibilidades (Fase Projetar)	92
Figura 20 –	Gráfico de opções (Fase Projetar)	92
Figura 21 –	Árvore de opções (Fase Projetar)	93
Figura 22 –	Vantagem comparativa dos esquemas de decisão no STRAD, (Fase Comparar)	94
Figura 23 –	Comparação dos esquemas de decisão no STRAD	95
Figura 24 –	Equilíbrio dos esquemas de decisão	96

Figura 25 – Overview da problemática no STRAD	97
Figura 26 – Opções exploratórias das áreas de incertezas	98
Figura 27 – Pacote de compromissos	99
Figura 28 – Foco do problema (Fase Modelar).	101
Figura 29 – Matriz de Compatibilidade (Fase projetar)	101
Figura 30 – Árvore de opções (Fase projetar)	102
Figura 31 – Comparação de esquemas no STRAD (Fase Comparar)	103
Figura 32 – Pacote de Compromissos (Fase Escolher)	103
Figura 33 – Foco do problema (Fase Modelar)	104
Figura 34 – Matriz de Compatibilidade (Fase projetar)	105
Figura 35 – Árvore de opções (Fase projetar)	105
Figura 36 – Comparação de esquemas no STRAD (Fase Comparar)	106
Figura 37 – Pacote de Compromissos (Fase Escolher)	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição convencional dos níveis de estresse hídrico	31
Tabela 2 – Dados demográficos da Região Metropolitana do Estado de La Paz	60
Tabela 3 – Serviço dos subsistemas de abastecimento de água potável do Município de La Paz	73
Tabela 4 – Definição das áreas de decisão (Fase Modelar)	88
Tabela 5 – Definição dos cursos de ação (Fase Projetar)	91
Tabela 6 – Definição das áreas de comparação (Fase Comparar)	94
Tabela 7 – Definição das áreas de incertezas (Fase Escolher)	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFT	Alternative Focused Thinking (Alternativas focadas no pensamento)
AIDS	Síndrome de Imunodeficiência Adquirida
AIDA	Análise de Áreas de Decisão Inter-relacionadas (em Analysis of Interconnected Decision Areas)
AISA	Aguas del Illimani S.A.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo (Banco Interamericano de Desenvolvimento)
BMI	Bolivian Mountain Institute (Instituto Boliviano de la Montaña)
Bs	Bolivianos
CAF	Corporação Andina de Fomento (Banco do desenvolvimento da América Latina)
EPSAS S.A.	Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento S.A.
FAO	Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)
FCCyT	Foro Consultivo Científico y Tecnológico
IA	Incertezas sobre o ambiente externo
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IHH	Instituto de Hidráulica e Hidrologia
INE	Instituto Nacional de Estadística (Instituto Nacional de Estatística)
IRD	Institut de Recherche pour le Développement (Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento)
IR	Incertezas sobre as escolhas
IV	IV Incertezas sobre os Valores orientadores
GAMLP	GAMLP Gobierno Autónomo Municipal de La Paz
GEOBOL	GEOBOL Servicio Geológico de Bolivia (Serviço Geológico da Bolívia)
GIRH	GIRH Gestão Integrada de Recursos Hídricos
GIZ	GIZ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Cooperação internacional alemã para o desenvolvimento)
GMLP	GMLP Gobierno Municipal de La Paz

GTZ	GTZ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Cooperação Técnica Alemã)
GWP	GWP Global Water Partnership (Associação Mundial para a água)
l/s	litros por segundo
l/hab/dia	litros por habitante por dia
l/p/d	litros por dia
MMAyA	Ministério de Medio Ambiente y Agua
mm	milímetros
m	metros
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PHI	Programa Hidrológico Internacional
PIB	Produto Interno Bruto
PNAS	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (United Nations Development Programme)
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PO	Pesquisa Operacional
PPC	Paridade de Poder de Compra
PSM	Problem Structuring Methods (Métodos de Estruturação de Problemas)
RMLP	Región Metropolitana del Departamento de La Paz (Região Metropolitana do Estado de La Paz)
SAMAPA	Servicio Autónomo Municipal de Agua y Alcantarillado (Serviço Municipal Autónomo de Água Potável e Esgoto)
SEI	Stockholm Environment Institute (Instituto de Meio Ambiente de Estocolmo)
SCA	Strategic Choice Approach (Abordagem de Escolha Estratégica)
SODA	Strategic Options Development and analysis (Desenvolvimento Estratégico de Opções e Análise)
SSM	Soft Systems Methodology (Metodologia de Sistemas Suaves)

STRAD	Strategic Adviser
UCB	Universidad Católica Boliviana San Pablo
UE	Uncertainties about the working Environment
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
UNESCO	United Nations for Education, Science and Culture Organization (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura)
UNEP	United Nations Environment Program (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)
UNICEF	United Nations Children's Fund (Fundo das Nações Unidas para a Infância)
UR	Uncertainties about Related decisions
UV	Uncertainties about guiding Values
VFT	Value Focused Thinking (Pensamento Focado no Valor)
WWDR	World Water Development Report (Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos)
YPFB	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (Campos petrolíferos fiscais bolivianos)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	JUSTIFICATIVA.....	20
1.2	OBJETIVOS.....	21
1.3	METODOLOGIA.....	21
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	24
2	BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA.....	25
2.1	ESCASSEZ DE ÁGUA: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS.....	25
2.1.1	Indicadores de escassez de água.....	30
2.1.2	O ciclo hidrológico.....	32
2.1.3	Programas de combate à escassez de água.....	34
2.1.4	Programas e cooperação hidrológica.....	37
2.2	ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS – PSM.....	38
2.2.1	Soft Systems Methodology – SSM.....	40
2.2.2	Strategic Options Development and Analysis – SODA.....	43
2.2.3	Value Focused Thinking – VFT.....	45
2.2.4	Strategic Choice Approach – SCA.....	46
2.2.4.1	Técnica e ferramenta auxiliares.....	53
2.2.4.1.1	<i>Brainstorming</i>.....	53
2.2.4.1.2	<i>Software Strategic Adviser - STRAD 2.3</i>.....	55
2.2.4.2	Aplicações do Strategic Choice Approach – SCA.....	59
2.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	57
3	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	59
3.1	O ESTADO DE LAPAZ – BOLÍVIA.....	59
3.2	ESCASSEZ DE ÁGUA.....	65
3.3	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	70
3.3.1	Caracterização do sistema Principal.....	72
3.3.1.1	Caracterização do subsistema de Achachicala.....	74
3.3.1.2	Caracterização do subsistema de Pampahasi.....	76
3.4	SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA A GERAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	77

3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	78
4	DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	80
4.1	DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	80
4.1.1	Etapa I: Caracterização do problema.....	83
4.1.1.1	Identificação do problema – coleta de informação.....	83
4.1.1.2	Delimitação da região de estudo.....	84
4.1.1.3	Definição de possíveis atores.....	84
4.1.2	Etapa II: Levantamento de dados.....	86
4.1.2.1	Workshop inicial.....	86
4.1.2.2	Aplicação do SCA – Avaliação de cenários.....	87
4.1.3	Etapa III: Consolidação dos resultados.....	98
4.1.3.1	Construção de planos de contingência (Pacote de compromissos).....	98
4.1.3.2	Análise de cenários.....	100
4.1.3.2.1	<i>Considerações do modelo.....</i>	107
4.2	VANTAGENS.....	107
4.3	LIMITAÇÕES.....	108
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	108
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS	110
	FUTUROS.....	
5.1	CONCLUSÕES.....	110
5.2	SUGESTÕES.....	111
	REFERÊNCIAS.....	112

1 INTRODUÇÃO

No âmbito nacional e internacional, a escassez de água doce ocupa o primeiro lugar na lista de ameaças que afetam a humanidade. A água tornou-se um recurso natural cada vez mais escasso e vulnerável, devido às mudanças climáticas globais que causam o derretimento de neve das cordilheiras e polos, e a alteração dos ciclos hidrológicos (UN, 2015). No mundo inteiro, essas mudanças causam um desequilíbrio entre superabundância e escassez dos recursos hídricos. Esta situação tem se agravado devido à má administração e gestão irracional do homem sobre recursos naturais, primordialmente a água.

A escassez de água é considerada um fenômeno natural, mas também é induzida pela intervenção humana. Segundo a UNESCO (2016), existem reservas de água doce suficientes para atender às necessidades da população mundial, mas sua distribuição não é equitativa e, em muitos casos, o recurso é desperdiçado, contaminado ou afetado por uma inadequada gestão, produzindo assim efeitos nocivos às comunidades.

Em diversas áreas do mundo, existem conflitos desencadeados pelo desabastecimento de água, tanto por motivos de quantidade como de qualidade. Para que esses conflitos sejam discutidos, mitigados ou possivelmente sanados, considera-se vital a atenção e o compromisso político para investir na gestão dos recursos hídricos (GWP, 2000).

Segundo a UNESCO (2015), cerca de um quinto da população mundial (1,2 bilhão de habitantes) vive em áreas que enfrentam escassez de água, e outro quarto da população mundial (1,6 bilhão de habitantes) enfrenta cortes no abastecimento de água devido à insuficiente infraestrutura para abastecimento de água potável a partir de rios e aquíferos.

Conforme o Banco de desenvolvimento latino-americano (CAF - Corporação Andina de Fomento, 2016), a América Latina apresenta um singular paradoxo quanto aos recursos hídricos, uma vez que possui um terço da água doce do mundo, mas registra desigualdades geográficas importantes que levam à escassez de água em alguns lugares e durante certos períodos. Este fato limita o desenvolvimento da agricultura irrigada, indústria, mineração, produção hidrelétrica, entre outros.

Apesar da abundância, na América Latina existe uma cultura de uso ineficiente da água em quase todas as áreas. Porém, esta situação tem mudado nos últimos anos, devido à vários países terem eliminado diversos obstáculos que impediam o acesso ao recurso e haverem impulsionado incentivos de políticas públicas para promover o uso eficiente, combater a escassez e melhorar a infraestrutura (ARROYO, 2017).

Arroyo (2017) afirma que para reduzir a insegurança econômica da água, garantir a utilização eficiente e o acesso universal aos recursos hídricos, é necessário: fortalecer a governança das empresas de água potável; aumentar a eficiência em áreas irrigadas e agricultura de secas; reduzir os níveis de poluição nas águas superficiais; aumentar a proteção das bacias hidrográficas; e, consolidar uma gestão sustentável das águas subterrâneas.

Em relação à Bolívia, embora esteja na posição 20 entre os países com maior disponibilidade de água no mundo, seu potencial hídrico não foi determinado nem explorado completamente. Existem áreas com maior quantidade de água e altas precipitações, enquanto aproximadamente metade do território boliviano apresenta escassez de recursos hídricos produzida, principalmente, pela má gestão, mudanças climáticas, poluição e fenômenos imprevisíveis (PNUD, 2011).

Segundo o FCCyT, apesar do notável aumento na cobertura do serviço de água potável no setor urbano e rural, 30% da população boliviana não tem água. Na área rural, o problema de desabastecimento é ainda maior, principalmente pela dispersão da população, da pouca capacidade municipal para gerar projetos de distribuição e a falta de interesse de investimento pelo setor privado. Por ter baixas porcentagens de cobertura, na maioria dos casos, o acesso à água é feito através de fontes públicas e não de conexões domésticas, como ocorre na área urbana.

Embora as águas superficiais e subterrâneas estejam interconectadas, normalmente os aquíferos subterrâneos não são quantificados, nem considerados, dentro da análise e gestão dos recursos hídricos para o abastecimento de água potável no país, a disponibilidade deste recurso depende de vários fatores tanto geográficos quanto climáticos e a qualidade da água está relacionada diretamente com o volume das precipitações e com as características da área estudada (FCCyT, 2012).

La Paz oficialmente conhecida como Nuestra Señora de La Paz, é a sede de governo do Estado Plurinacional de Bolívia, encontra-se localizada no oeste do país, e compõe o altiplano boliviano. Esta região apresenta grande escassez de água devido à altitude de 3.600 m, fazendo com que a evaporação seja maior do que as precipitações, dando lugar à desertificação (MONTES DE OCA, 1997).

A cidade possui 1,87 milhões de habitantes, representa aproximadamente 18% da população nacional segundo o último censo realizado no ano 2012 (INE, 2017). Considerada a terceira cidade mais povoada da região, fato que reflete o crescimento da demanda dos recursos hídricos, excessiva poluição, ausência de responsabilidade cidadã e a falta de cumprimento das leis.

Em novembro de 2016 enfrentou a maior crise de escassez em 25 anos. A seca e a mudança climática afetaram sete de nove estados no país. Os três reservatórios mais importantes Incachaca, Hampaturi e Ajuan Khota que alimentam a cidade, diminuíram até chegar em 8%, 5% e 1% respectivamente, situação que colocou em emergência à população, afetou 100 bairros e estendeu o racionamento por várias semanas (PÁGINASIETE, 2016).

Esta situação tende a se agravar, pois além das mudanças climáticas, fenômenos como a urbanização acelerada, extrativismo e o aumento da intensidade das atividades agrícolas afetam a disponibilidade de recursos de água doce. Por estas razões, é muito importante inserir programas que visem proteger o meio ambiente natural, a conservação dos recursos hídricos e a gestão eficiente do seu uso.

Nesse contexto, ressalta-se a complexidade do ambiente de decisão relacionado aos recursos hídricos, devido à dificuldade de satisfazer à todas as partes envolvidas neste problema. Para a obtenção de resultados mais eficientes e a criação de alternativas inovadoras, é necessária a integração de diversas visões, pensamentos, ideias e propostas considerando o potencial criativo e a experiência de cada um dos decisores envolvidos. Nessa perspectiva, o desenvolvimento de um modelo de estruturação de problema com uma dinâmica interativa, permitirá avaliar, comparar e definir soluções de melhor compromisso socioambiental.

1.1 JUSTIFICATIVA

As crescentes pressões globais como poluição, urbanização, crescimento populacional, aumento da demanda, todas elas acentuadas pela mudança climática, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, requerem uma reversão da ineficiência na gestão dos recursos hídricos. Por tratar-se de um recurso fundamental para a sobrevivência humana, para o meio ambiente e a economia, deve-se ter como objetivo torná-lo sustentável, a fim de minimizar os prejuízos causados pela sua escassez (UNWATER , 2016).

A maioria dos países da América Latina possui instituições de gestão de água pouco eficientes, apresenta alto nível de degradação ambiental e risco iminente de escassez de água, comprometendo a qualidade de vida das pessoas, e inclusive perpetuando o ciclo da pobreza nas áreas mais carentes por não terem acesso à água, saneamento e cuidados com a saúde (UNWATER, 2016).

O estado de La Paz foi escolhido dentre os nove pertencentes ao Estado Plurinacional da Bolívia pelos seguintes motivos:

- Por se tratar de uma cidade com uma importância histórica e cultural significativa e ser a capital legislativa do país;
- Por apresentar alto risco de desertificação pelas características próprias da região;
- Pela falta de exploração e quantificação de recursos hídricos subterrâneos, situação que levou à cidade a uma emergência populacional recente, atravessando a maior seca nos últimos 25 anos.

Dessa forma, considera-se adequada a construção de um modelo de estruturação de problemas que contribua com a concordância dentro de um grupo de composição diversa, desta maneira melhorar o entendimento do problema e gerar novas políticas preventivas e de gestão de recursos hídricos para combater a escassez, através da criação de alternativas inovadoras, devido, principalmente, ao impacto negativo causado na população, no meio ambiente e na economia da região.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é identificar alternativas estratégicas relacionadas ao combate à escassez de água no município de La Paz, através da proposta de um modelo de estruturação de problema, a fim de abranger a contribuição de diferentes visões, objetivos e perspectivas dos envolvidos no processo decisório.

Para atender o objetivo principal, serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Distinguir os problemas que o desenvolvimento regional apresenta nos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos;
- Desenvolver um conjunto de soluções viáveis que reflitam a concordância dos múltiplos atores envolvidos no processo de decisão em grupo;
- Gerar conhecimento e aprendizado progressivo através da sistemática de trabalho proposta.

1.3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho enquadra-se em uma abordagem prescritiva-descritiva, e de natureza exploratória, para o tratamento de problemas complexos de decisão em grupo, caracterizados por informações altamente subjetivas para a construção de alternativas de combate a escassez de água.

Será utilizada a abordagem *soft* da Pesquisa Operacional, por meio de métodos de estruturação de problemas (em inglês *Problem Structuring Methods* – PSM), para o envolvimento e a interação das ideias dos atores envolvidos no processo, devido a sua extrema importância na aplicação de problemas não-estruturados. Promove-se o intercâmbio de informações caracterizados pela existência de vários atores, com o nivelamento de conhecimento individual pela presença de múltiplas perspectivas, permitindo o tratamento de problemas complexos de informação difusa (DE ALMEIDA *et al.*, 2012).

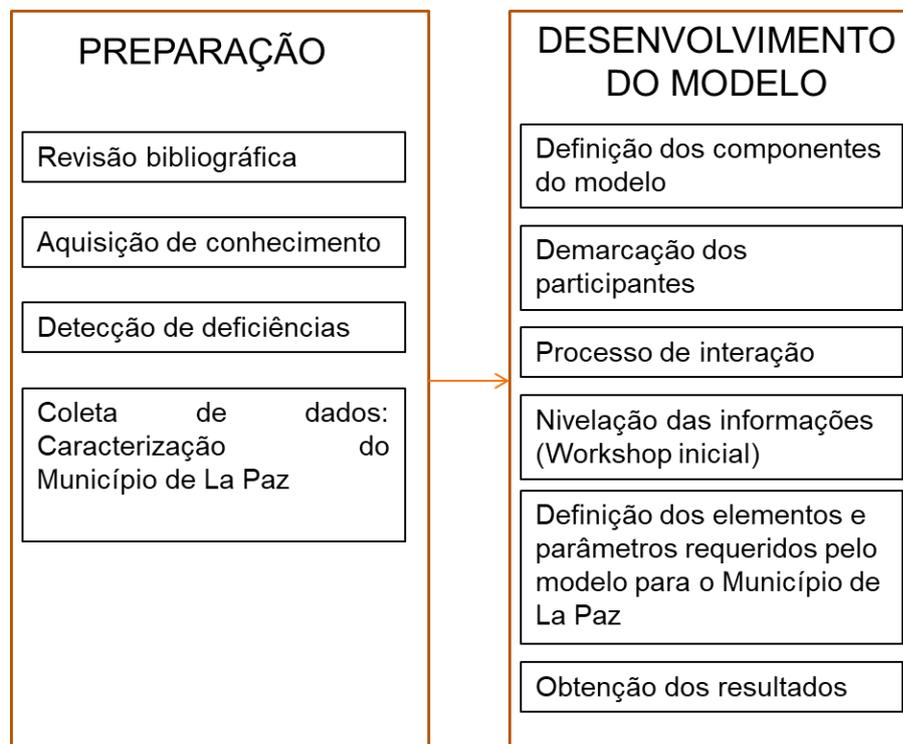
Uma abordagem *soft* da pesquisa operacional abrange as investigações para apoio a estruturação de problemas, de acordo com Clímaco et al. (2004), no fim da década de 60, os

métodos quantitativos tradicionais de abordagem hard da PO, não puderam se adequar a vários problemas devido à crescente complexidade do contexto, em consequência originam-se os métodos qualitativos que adotam procedimentos de gestão de inovação e planejamento e dão especial atenção aos aspectos subjetivos dos processos de decisão.

Conforme Mingers & Rosenhead (2004), esta abordagem traz uma aceitação e reconhecimento dos pontos de vista subjetivos de cada participante, gerando aprendizado mútuo, dando especial atenção aos aspectos subjetivos dos processos de decisão.

A Figura 1 ilustra o fluxo da elaboração deste trabalho:

Figura 1 – Fluxo da elaboração do trabalho



Fonte: A Autora (2018)

Inicialmente, foi realizada a preparação composta da revisão da literatura com o propósito de adquirir conhecimento, a detecção das deficiências para consolidar a coleta de informações e dados que facilitam a identificação do problema. Também foi efetivada a delimitação da região de estudo, conforme as peculiaridades que apresenta e as principais características do município de La Paz.

Posteriormente foi realizada a etapa de desenvolvimento do modelo, onde foram avaliados os métodos de estruturação de problemas mais destacados como o SSM, VFT o SODA e o SCA, com o intuito de apoiar e fornecer melhor entendimento da situação estudada, salientando aspectos cognitivos e comportamentais do ser humano, para que possam ser amparados em um processo decisório em grupo.

Para tal propósito, foram definidos os componentes do modelo, demarcados os possíveis participantes envolvidos, segundo o papel que desenvolvem dentro do contexto analisado e à instituição que representam, e posteriormente, é estudado o procedimento de interação correspondente.

Em seguida foram identificados os objetivos, para realizar o levantamento das alternativas que aconteceu com o nivelamento das informações realizado através do workshop inicial onde os participantes interagiram criativa e ativamente. Desta maneira, obteve-se um intercâmbio de informações que permitiu distinguir as principais temáticas a serem tratadas. Tal identificação foi utilizada como entrada da avaliação posterior.

Para a avaliação comparativa e análise de cenários, foi considerada uma abordagem de escolha estratégica (em inglês *Strategic Choice Approach - SCA*) que enfatiza a gestão de incertezas identificadas na comparação interativa dos diferentes esquemas de decisão. Destaca-se pelo processo no qual são modeladas as interconexões das áreas de decisão e ressalta-se os argumentos de comparação, que trabalhados de maneira conjunta, permitem priorizar as áreas de compromisso, por meio da projeção de planos de contingência e a detecção de conflitos. Desta maneira possibilita-se a definição dos elementos chave de análise para o município.

Finalmente, a consolidação dos resultados obtidos ocorreu com a geração do pacote de compromissos que facilita o progresso do planejamento e permite construir os planos de contingência que se decidido, serão implantados na atualidade ou no futuro. De forma análoga, a geração de recomendações contribui com o monitoramento dos responsáveis e da forma de inserção definidos na avaliação de cenários, realizada para a detecção de esquemas de decisão.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Neste primeiro capítulo foram expostos aspectos relevantes relacionados a questões ambientais, principalmente à escassez dos recursos hídricos, justificativas do trabalho, objetivos geral e específicos, bem como a metodologia empregada na elaboração da presente pesquisa para a obtenção dos resultados pretendidos.

O capítulo 2 aborda a base teórica que norteia o estudo, mostra-se a definição e as características da escassez de água, os sistemas de abastecimento dos recursos e os programas de cooperação hidrológica. Introduce-se uma ampla descrição sobre os métodos de estruturação de problemas mais comuns da última década e as ferramentas que o suportam, e finalmente apresenta-se diferentes aplicações do SCA em diversas áreas, assim como nos recursos hídricos e atributos essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

No capítulo 3 destaca-se os aspectos sociais, demográficos, geográficos, econômicos, industriais, agrícolas e ambientais da região delimitada como área de estudo. Neste caso, aborda-se o município de La Paz, capital do estado que leva o mesmo nome localizado no ocidente do Estado Plurinacional da Bolívia, enfatiza-se conceitos relevantes e característicos de tal setor.

O capítulo 4 apresenta a proposta do modelo de escolha estratégica que abrange a aplicação do SCA e a inclusão de ferramentas auxiliares para a geração de alternativas, avaliação de cenários e projeção de planos de contingência, essa metodologia tem como objetivo a estruturação do problema abordado através da identificação das áreas de decisão, comparação e incertezas, elementos considerados chave para a análise dentro do processo de tomada de decisão. De igual maneira expõe uma avaliação de cenários e permite distinguir as vantagens que o SCA fornece.

Finalmente, no capítulo 5 expõe-se uma visão geral sobre a consolidação dos resultados obtidos como consequência do estudo de caso realizado através da aplicação da metodologia. Neste, por sua vez, integra-se as principais conclusões e recomendações e permite fazer sugestões para trabalhos futuros.

2 BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo apresenta os conceitos fundamentais relacionados à construção desta pesquisa, ressaltam-se as definições e características sobre a escassez de água, os indicadores e as principais causas deste fenômeno. Também apresenta informações sobre os programas de combate à seca e cooperação hidrológica instalada na região estudada. Posteriormente, expõe-se os métodos de estruturação de problemas, enfatizando a abordagem de escolha estratégica *Strategic Choice Approach* – SCA, mencionando algumas das aplicações desta abordagem empregada nas áreas que tangem, entre outros, aos recursos hídricos.

2.1 ESCASSEZ DE ÁGUA: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

As preocupações com as condições ambientais alcançam segmentos da esfera social, política e econômica. Os problemas ambientais exigem reflexões sobre a utilização dos recursos da natureza em todos os países, tanto industrializados quanto em desenvolvimento. É de conhecimento geral que os recursos hídricos do planeta estão se esgotando gradativamente e que, além da poluição dos rios e dos mananciais, o consumo irresponsável e sem fundamentação sustentável no desenvolvimento econômico, é um fator relevante na redução da água.

Existem várias definições utilizadas para explicitar o conceito de escassez de água, Abrams (2007), insiste na natureza relativa da escassez de água e a define como um conceito que descreve a relação entre a demanda e a disponibilidade de água. Destaca o fato de que a demanda varia consideravelmente entre diferentes regiões e países, de acordo com o uso setorial da água, e ressalta que ela também muda dependendo das condições climáticas e geográficas locais.

Para De Sena (2004), a escassez de água é o resultado da relação entre o aumento do consumo excessivo do recurso hídrico e a capacidade de renovação natural dos aquíferos. Na atualidade diversas regiões do mundo sofrem escassez crônica, visto que 26 países dispõem de menos de 1.000 m³ anuais de água por habitante. Esta situação se intensifica onde a

necessidade é maior, devido a que as regiões de maior carência são as mais afetadas pela natureza.

Por sua parte Winpenny (1997), traz a vantagem do reconhecimento explícito de que a escassez de água é um conceito relativo e a define como o desequilíbrio entre oferta e demanda sob as condições de preço existentes e/ou disposições institucionais; demanda excessiva pela oferta disponível; um alto nível de uso com relação ao suprimento disponível, especialmente se o potencial de suprimento que permanece é difícil ou muito caro de se aproveitar.

Baseada nesta definição a UN (2016), por meio de um informe sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, definiu a escassez de água como: o ponto em que o impacto agregado de todos os usuários, afeta o suprimento ou a qualidade da água sob as disposições institucionais existentes a tal ponto que a demanda de todos os setores, incluindo o meio ambiente, não pode ser totalmente atendida, um conceito relativo que pode ocorrer em qualquer nível de oferta ou demanda. A escassez pode ser uma construção social (um produto de riqueza, expectativas e costumes) ou a consequência de padrões de oferta alterados pela mudança climática. A escassez, como mencionado, tem várias causas, a maioria das quais pode ser remediada ou aliviada (UNWATER, 2016).

Considera-se que as diversas causas de escassez de água estão sempre relacionadas à interferência humana no ciclo da água. Esta escassez é fundamentalmente dinâmica e varia ao longo do tempo como resultado da variabilidade hidrológica natural, mas têm modificações ainda maiores, dependendo dos modelos de política econômica, planejamento, gestão e da capacidade das sociedades para prever as mudanças nos níveis de subministro ou demanda (UNWATER, 2016).

A escassez pode resultar de políticas pouco previsoras, como a alocação em demasia de licenças para uso numa acometida, ou a expansão excessiva de áreas irrigadas com água gratuita ou muito barata para os agricultores. O problema se agrava com a crescente demanda dos usuários e com a qualidade e a redução da disponibilidade do recurso.

Tal insuficiência pode aparecer em situações onde há água suficiente, mas não há provisões legais ou institucionais para melhorar o acesso, ou não há infraestruturas

necessárias ou elas não são funcionais. Se corretamente identificadas, muitas das causas da escassez de água podem ser previstas, evitadas ou mitigadas.

Conforme uma avaliação exaustiva na gestão da agricultura, Seckler *et al.* (1998) distinguem dois tipos principais de escassez de água:

- **Escassez física:** ocorre quando não há água suficiente para cobrir todas as demandas, incluindo os fluxos ecológicos. Apresenta os seguintes sintomas: degradação severa do meio ambiente, redução do nível de água subterrânea e distribuição de água que favorece alguns grupos em detrimento de outros;
- **Escassez econômica de água:** uma situação que resulta da falta de investimento no recurso ou da falta de capacidade humana para atender à demanda. Os sintomas da escassez econômica de água são entre outros: pouco desenvolvimento de infraestruturas, de pequena ou grande escala, de modo que as pessoas tenham dificuldade em obter água suficiente para beber ou para a agricultura, desigualdade na distribuição de água, mesmo quando existem infraestruturas suficientes.

Atualmente a cidade de La Paz é caracterizada tanto pela escassez física quanto econômica. Consequentemente, um melhor aproveitamento do recurso e um investimento em políticas preventivas poderiam contribuir significativamente com o combate da crise hídrica no território.

Baseado nas informações e sugestões do Banco Mundial (2007), alguns modelos e o reconhecimento de que a escassez é o resultado de múltiplas causas, portanto requer de diferentes respostas, a FAO propõe, por meio do informe sobre assuntos hídricos realizado em Roma (2013), que sejam considerados três aspectos principais sobre a escassez de água:

- **Escassez pela disponibilidade de água de qualidade aceitável em relação à demanda agregada:** consiste no caso simples de desabastecimento de água física;
- **Escassez por falta de infraestrutura adequada:** independe do nível de recursos hídricos, e decorre devido às limitações financeiras, técnicas ou outra;

- **Escassez pelo acesso aos serviços hídricos:** devido ao fracasso das instituições (inclui os direitos legais) encarregadas de garantir o abastecimento de água confiável, seguro e justo para os usuários.

No caso dos dois últimos tipos de escassez, é possível que os países tenham um nível relativamente alto de recursos hídricos com relação à demanda, mas que não sejam capazes de capturá-los e distribuí-los adequadamente devido à ausência de infraestruturas ou a fatores institucionais que limitam o acesso à água. Esta descrição encaixa perfeitamente ao que acontece na Bolívia (UNWATER, 2015).

Na Bolívia, embora o derretimento das geleiras não seja considerado o elemento principal do desabastecimento de água, a crise que afeta diversas regiões do país é adjudicada às mudanças climáticas. Esses fatores somados ao expressivo crescimento demográfico e a ausência de uma eficiente gestão da água exaltam a criticidade do problema.

Conforme os Anais da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos da América – PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*), mediante dados empíricos, foi confirmada a tendência de um início atrasado da temporada de chuvas. Em outras palavras, o período da seca tem aumentado em quatro semanas nos últimos 30 anos, o que significa que a água armazenada nas represas deverá alimentar a cidade por mais um mês. Por outro lado, as altas temperaturas aumentam a evaporação fazendo com que seja perdida maior quantidade de água retida. Este fenômeno abrange a bacia do sul localizada na imensa região amazônica onde se encontra grande parte do território boliviano.

A deflorestação amazônica é outro elemento claramente importante, que provavelmente cumpre um rol significativo na falta de água no país, conforme o mecanismo natural explicado por Forsberg (2015), a água do atlântico chega à área andina mediante reiterados ciclos de precipitação e evaporação os quais são alimentados pela floresta amazônica, o desmatamento constante corta os canais dos rios, quebra o ciclo hidrológico e produz a ausência de chuva.

A Bolívia é considerada um dos países com maior vulnerabilidade às reduções dos níveis dos recursos hídricos. Isto, pois geograficamente é cercada por planaltos que podem atingir mais de 2.500 m de altitude, as quais dependem de reservas de água situadas a maior

altitude como as geleiras e lagos que complementam a escassa precipitação durante a estação seca (HOFFMANN, 2016).

A crise hídrica que recentemente atingiu a cidade de La Paz traçou um diferente contexto, pois o desabastecimento afetou significativamente os bairros nobres e não as áreas periféricas como normalmente acontece no final da estação seca. Este cenário de escassez é uma realidade detectada há muito tempo, mas não é tratada com o devido rigor pelos governantes locais (HOFFMANN, 2016).

Além da mudança climática, o desabastecimento de água na cidade metropolitana de La Paz está alicerçado na má gestão dos recursos hídricos. Em anos anteriores as principais cidades do país também atravessaram situações críticas de escassez de água, tais situações foram atreladas especificamente a fenômenos naturais como “*El Niño*”, que resultou no atingimento de níveis alarmantes de armazenamento nas principais represas.

Sabe-se que nos últimos dois anos a contribuição das geleiras para a água potável em La Paz foi de 10 a 15%, como tem sido demonstrado por estudos científicos de pesquisadores bolivianos e estrangeiros, uma proporção real, mas longe de representar a maior parte da origem do recurso. Entretanto, o derretimento das geleiras tem contribuído diretamente com o combate à escassez de água evitando o prejuízo à saúde da população, o meio ambiente e a economia da região, produzindo o aumento do desemprego (HOFFMANN, 2016).

Mais importante do que o aporte das geleiras é o nível de perdas de água desde sua captação, segundo Ramírez (2008) investigador do IHH da UMSA, o desperdício de água na rede de distribuição atinge entre 30% e 50% na metrópole paceña (gentílico de quem é do município de La Paz), conforme aos dados registrados pelo estudo, para que 1 litro de água chegue a um consumidor, são necessários 1,6 litros na fonte, situação que claramente mostra que o índice de detrimento é apavorante.

Conforme indica Hoffmann (2016), o problema de água em La Paz possui relação direta com o crescimento da demanda, visto que a população urbana praticamente dobrou nos últimos 20 anos, mas não foram construídas novas barragens para suprir as necessidades desse contingente populacional.

2.1.1 Indicadores de escassez de água

Embora a existência de água no planeta seja considerada suficiente para abastecer às necessidades da população mundial, o excessivo consumo e o desperdício, causam na atualidade o desabastecimento e a escassez do recurso em diversas regiões, provocando entre 20.000 a 30.000 mortes diariamente e uma grande quantidade de doenças devido ao consumo de água contaminada (UNWATER, 2016).

Entende-se como consumo humano à quantidade de água disponível para cada pessoa medida em litros por habitante por dia, a qual está destinada a diversos propósitos com o intuito de atender suas necessidades. Embora as diferenças de consumo sejam diretamente proporcionais ao desenvolvimento socioeconômico, uma vez que o consumo elevado do recurso acontece em países ricos, onde a média varia entre 25 l/hab/dia em habitantes do médio oriente até 500 l/hab/dia em habitantes norte-americanos, considera-se que para manter uma qualidade de vida razoável, exige-se 80 l/hab/dia (UNWATER, 2006).

A OMS considera adequado o consumo de 50 l/hab/dia. A essa quantidade devem ser somados outros tipos de consumos, oriundos da agricultura, da indústria e da conservação de ecossistemas, de modo a totalizar um consumo humano adequado o valor de 100 l/hab/dia. A agricultura é considerada a atividade humana que mais consome água. Resumindo, em termos percentuais, 65% da água potável é direcionada para atender às necessidades de irrigação, a indústria consome 25%, e o consumo doméstico abarca 10%.

Segundo Luna (2007), todas as atividades econômicas requerem o uso de água. Consequentemente, a água deixa de ser vista como recurso natural e passa à condição de mercadoria, sujeita à disponibilidade ou escassez. Bokova (2016) assegura que o emprego e a água têm uma ligação indissociável em vários níveis, na América Latina a criação de empregos depende totalmente da disponibilidade de água devido à relação com a exploração de recursos naturais.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA identificou 80 países com grandes problemas de escassez de água, o que representa 40% da população mundial. Mais de 20% das fontes de água doce estão ameaçadas em função da construção de barragens,

diminuição do volume de água e danos causados por poluição e contaminação (UNWATER, 2006).

De acordo com Martins (2003), três quartos da superfície da Terra são cobertos por água, correspondendo a 354.200 Km do planeta, formados por oceanos, rios, lagos, pântanos, manguezais, geleiras e as calotas polares. Dos 1.386 milhões de Km³ de água apenas 2,5% desse total são de água doce, sendo que 68,9% estão na forma de geleira, significando que apenas 0,3% de toda água da Terra está acessível e pode ser consumida direto da natureza.

Segundo Falkenmark & Widstrand (1992), a disponibilidade de menos de 1.000l m³/hab/ano representa uma condição de estresse de água, e menos de 500 m³/hab/ano configura escassez de água. Igualmente ressalta-se outro fator que deve ser considerado no consumo de água, a faixa de renda da população, que envolve fatores ligados ao desperdício por falta de conscientização, de instrução normalmente na classe baixa, ou por descaso provocado pelo seu baixo valor monetário mais comum na classe alta.

A Tabela 1 expõe faixas de valores que embora proporcionem vantagens na simplificação da descrição das situações hídricas em determinados países, ignora fatores locais que determinam o acesso à água, assim como a viabilidade soluções locais (UNWATER, 2016).

Tabela 1– Definição convencional dos níveis de estresse hídrico

Nível de estresse hídrico	Água doce renovável por ano (m³/hab/ano)
Escassez absoluta de água	< 500
Escassez crônica de água	500 – 1000
Estresse Hídrico	1000 – 1700
Estresse Hídrico localizado u ocasional	> 1700

Fonte: Adaptado de Falkenmark & Widstrand (1992)

Entende-se por estresse hídrico a presença de sintomas que advertem escassez ou desabastecimento de água em determinado território. Esse termo é comumente usado para descrever a grande variedade de circunstâncias e causas que produzem a mencionada situação (UNWATER, 2016).

2.1.2 O ciclo hidrológico

A escassez de água está estreitamente relacionada com o ciclo hidrológico e com as leis físicas que regem os processos hidrológicos (MULLER, 2016). Do ponto de vista da escassez de água, existem seis aspectos do ciclo hidrológico que são cruciais:

- **A água é um recurso renovável**, embora o volume de precipitações sobre a superfície terrestre seja variável em termos de espaço e tempo, a chuva é um fator essencial para reabastecer os níveis de água dos reservatórios, o perfil do solo e os aquíferos. Portanto, a água não é como outros recursos naturais, por exemplo, o petróleo e o gás que podem ser completamente esgotados;
- **A água está em um estado de mudança contínua**, encontra-se em constante movimento e mudando de estado, através dos processos de evaporação, transpiração, condensação, precipitação, infiltração, escoamento, fluxo superficial ou hipodérmico, congelamento e fusão. Desta forma, a água tem a capacidade de mudar de estado e tornar-se líquida, gasosa ou sólida (gelo) à medida que se move ao longo do ciclo hidrológico;
- **O balanço hídrico é governado pela conservação da massa**: a massa de água no ciclo hidrológico é essencialmente constante, assim como a quantidade de água presente em cada um dos principais reservatórios do ciclo da água. Em outras palavras, a água não é criada nem destruída em nenhum dos processos naturais do ciclo hidrológico. Isso significa que a quantidade de água que chega a uma determinada área deve ser igual, em média, com o tempo, à quantidade de água que sai da mesma área, e qualquer diferença resultaria em mudanças no armazenamento do aquífero, do perfil do solo e dos reservatórios. Existe, portanto, um único recurso, e somente uma abordagem da sistemática de água que pode garantir um resultado consistente para qualquer estratégia de gerenciamento. Em particular, as interconexões entre a água superficial, a água subterrânea, o teor de umidade do solo e os processos de evapotranspiração são de vital importância, e não estão bem refletidos em muitos planos nacionais de gestão da água. As águas subterrâneas e superficiais, no final, são o mesmo recurso e não podem ser consideradas como recursos alternativos. Os planos desenvolvidos para aumentar a eficiência do uso da água em uma determinada área

sem entender o impacto sobre o balanço dos sistemas hídricos podem ter resultados inesperados e indesejáveis. Por exemplo, a captação de águas subterrâneas em planícies aluviais pode facilmente reduzir o fluxo de base dos rios;

- **Relações entre bacias hidrográficas e fronteiras**, a gestão da terra e da água em uma parte do sistema hidrológico (área de captação, aquífero) terá um impacto em outras partes do sistema. Por exemplo, a intensificação do uso de água para a agricultura na área de cabeceira de uma bacia hidrográfica pode afetar a disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas nas áreas localizadas a jusante. O conceito de gestão integrada de recursos hídricos – GIRH baseia-se em uma boa compreensão dos processos das bacias hidrográficas. Como reconhecido pelo primeiro princípio de Dublin (GWP, 2009), a experiência acumulada indica que a água deve ser gerida em níveis de unidades hidrográficas (bacias, áreas de captação, e menos frequentemente, aquíferos), embora estes raramente coincidam com as delimitações das unidades administrativas e institucionais. A alocação de água para seus diferentes usos é normalmente planejada e gerenciada por meio de unidades administrativas, como províncias, municípios, distritos ou sistemas de irrigação. Um grande desafio é assegurar uma relação adequada entre as diferentes delimitações. A água para irrigação ou uso urbano, especialmente quando são produzidas grandes transferências entre bacias, muitas vezes serão usadas em unidades hidrográficas diferentes daquela da qual foi obtida. Frequentemente, áreas de captação e aquíferos cruzam fronteiras internacionais. Do ponto de vista da contabilização da água, o problema de linhas divisórias existe e tem que ser reconhecido;
- **Os limites de autodepuração e diluição de poluentes:** recentemente muitas cidades, mesmo em países desenvolvidos, dependiam da capacidade de diluição e autodepuração de rios e águas costeiras no momento de descartar suas águas residuais. Isto poderia ser mantido enquanto a densidade da população e da indústria era relativamente baixa. No entanto, para entender melhor o impacto de esgoto não tratado sobre a ecologia do litoral e mata ciliar (e, eventualmente, sobre as pessoas), tornou-se claro que as funções de diluição dos sistemas de água, tinham atingido o seu limite em muitos lugares e que tais práticas deviam ser cuidadosamente reguladas. Em áreas

onde há pouca ou nenhuma regulação, a poluição dos recursos hídricos pode piorar a escassez de água;

- **Manutenção de serviços e bens de ecossistemas aquáticos:** os ecossistemas aquáticos, incluindo vários habitats muito importantes e pouco frequentes, dependem da manutenção dos níveis das águas subterrâneas e dos regimes de fluxo dos sistemas fluviais. Na atualidade, as necessidades ambientais são claramente identificadas nas contas dos recursos hídricos, enquanto no passado, eram frequentemente ignoradas ou consideradas como usuários marginais. Em nível global, os resultados dessa atitude são evidentes. Sugere-se que o ambiente não deve ser considerado um concorrente mais do que outros usuários. Pelo contrário, a preservação das funções ambientais é a condição prévia para poder manter o abastecimento de água para outros fins. Embora a preservação das funções ambientais dos sistemas de água seja uma prioridade, para realizá-la será necessário negociar cuidadosamente os fluxos ecológicos necessários. Por outro lado, como os sistemas agrícolas também desempenham funções ambientais, muitas vezes é difícil definir a fronteira entre as necessidades de água para o meio ambiente e a demanda para usos agrícolas.

2.1.3 Programas de combate à escassez de água

A necessidade de resolver problemas atuais com alto grau de complexidade, intensificados por fatores como o desenvolvimento do capitalismo industrial, como a miséria, a proliferação de desastres ambientais, a escassez de recursos naturais, dentre outros, os quais afetam diretamente à sociedade, o meio ambiente e a economia, configura-se como um desafio que tem mobilizado cientistas, políticos, membros de comunidades e organizações de todas as regiões do planeta.

Atualmente, o emprego de novas tecnologias vem reduzindo o consumo e a exploração de recursos naturais em países desenvolvidos. No entanto, ainda são nebulosas as possíveis consequências que essas novas tecnologias podem representar ao ciclo de vida, a evolução e o desenvolvimento. (UNWATER, 2016).

Nesse contexto, a implantação de boas tecnologias com o propósito de promover o desenvolvimento sustentável, exige o cumprimento de normativos e modelos diretamente

relacionados com aspectos socioeconômicos, políticos, ambientais e culturais. A redução quanto à exploração dos recursos hídricos é necessária com o objetivo de satisfazer às necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras.

Como consequência da crise de desabastecimento de água que atingiu o país em novembro de 2016, o hidrólogo Ángel Román Castañón *expert* em meio ambiente, encarregado de projetos meio ambientais da ONU na Bolívia em 2008-2011, sugeriu tanto às autoridades governamentais quanto à população, algumas medidas corretivas (URGENTEBO, 2016). A primeira refere-se a políticas estruturais e integrais que contribuam com o combate do derretimento das geleiras, a segunda menciona o investimento na captação de água de maneira a aproveitar tanto a água superficial quanto a subterrânea, e finalmente recomenda realizar uma conscientização da população, alertando para os efeitos causados pela mudança climática, trabalhando diretamente na adaptação e não apenas na restrição de uso do recurso (URGENTEBO, 2016).

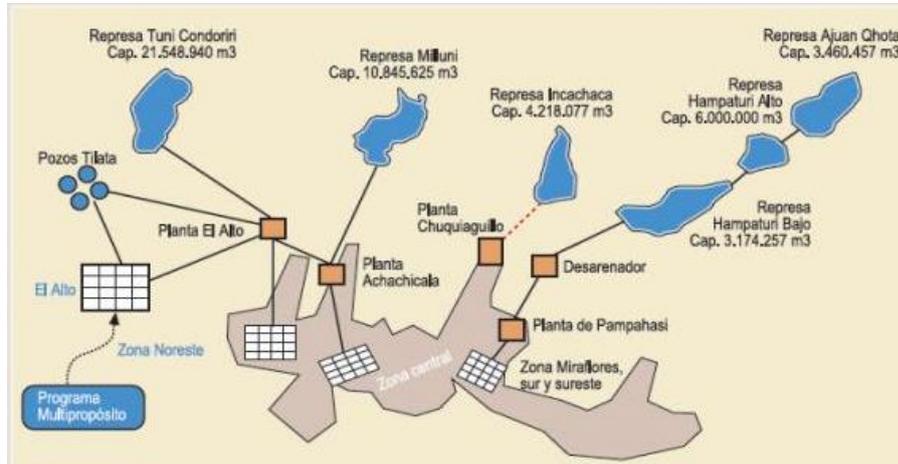
Na Bolívia, um importante fator a ser considerado nesse cenário de escassez de água remete a conscientização da população. Isto, pois a grande parte dos cidadãos considera a água como um recurso inesgotável e extremamente abundante. Mas a realidade é outra, e traz a perspectiva de um cenário não tão otimista considerando-se o severo racionamento de água.

Na cidade de La Paz como medida de combate a escassez de água, foi construída a represa de Alto Hampaturi que possui uma 217 m de extensão e 40 m de altitude. Este reservatório tem capacidade de armazenar seis milhões de m³ de água, quantidade suficiente para alimentar a rede da zona sul do território. Além de captar águas pluviais também recebe recursos provenientes do escoamento de outras represas localizadas em lugares de maior altitude. Atualmente, testes hidráulicos estão sendo executados para ser possível liberar o funcionamento da represa (LA RAZÓN, 2017).

O MMAyA explicou que a estrutura hidráulica construída substituirá a represa de Incachaca e ademais cobrirá de forma progressiva as necessidades de Chuquiaguillo, o novo sistema de captação e distribuição de água potável que visa garantir o abastecimento na cidade de La Paz em conjunto com os projetos Multipropósito de irrigação e água potável e a

nova estação de tratamento de água Chuquiaguillo (MMAyA, 2017). A proposta do novo esquema de captação e distribuição de água potável da cidade é ilustrada na Figura 2 abaixo:

Figura 2 – Proposta de novo esquema de captação e distribuição de água potável das cidades de La Paz e El Alto



Fonte: EMAGUA (2017)

Além dos projetos mencionados foi realizada uma série de ações governamentais considerando o propósito de encarar a crise hídrica. Assim, destacam-se ações como: a construção do duto Palcoma para aumentar o fluxo do sistema de Hampaturi; o plantio de nuvens para incrementar as chuvas nas áreas das barragens, entre outras (MMAyA, 2017).

A gestão eficiente dos recursos hídricos é possível desde que haja educação para o meio ambiente. Nessa perspectiva, Braga *et al.* (2003) destacam a criação de uma sociedade nova a partir da conscientização da população. A transformação dos indivíduos membros de uma comunidade em cidadãos com respeito à preservação da natureza é mais provável através de ações locais e atividades reais realizadas que podem ser empreendidas desde uma tenra idade.

Rosegrant (1997) avalia a oferta e a demanda global de água doce, descrevendo as principais causas que contribuem com a escassez e estabelece estratégias de gerenciamento de recursos hídricos para o futuro. Assim, ressalta a exploração cautelosa de novas fontes de água, a estimulação do uso eficiente e responsável do recurso, a reutilização e, principalmente, o tratamento do recurso como um bem finito e escasso.

2.1.4 Programas e cooperação hidrológica

A cooperação internacional instalada no país contribui de diversas formas com o desenvolvimento do território. Nesse contexto, destacam-se áreas relacionadas à investigação científica e a capacitação. Assim, pode-se citar o caso da instituição francesa *Great Ice do Institut de Recherche pour le Développement* - IRD (Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento), dedicada especialmente ao trabalho conjunto de geólogos de várias universidades francesas, da Universidade Mayor de San Andrés (UMSA), do Servicio geológico da Bolívia (GEOBOL) e do Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB).

Esta cooperação fundada há mais de 40 anos mediante assinatura da primeira parceria que visa o desenvolvimento de pesquisas sobre a tectônica da Cordillera Oriental, paleontologia e sedimentologia. A partir dos anos 80, o trabalho realizado pelos investigadores instalados no país abrangeu a hidrologia, climatologia, agronomia, saúde e ciências sociais os quais tratam assuntos de:

- Variabilidade e mudança climática;
- Ecossistemas úmidos terrestres de alta altitude;
- Biodiversidade Aquática;
- Saúde: entomologia e ecologia de vetores;
- Governança, trabalho, educação e conhecimento, dinâmicas sociais e espaciais.

A cooperação internacional alemã para o desenvolvimento GIZ - *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*, chamada atualmente GTZ - *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*, trabalha na Bolívia em representação ao Ministério Federal de Cooperação Econômica e Desenvolvimento da Alemanha há mais de 40 anos e concentra seu trabalho em três áreas focais com programas extensivos como:

- Fortalecimento do Estado e da Democracia;
- Desenvolvimento Agrícola Sustentável;
- Água Potável e Saneamento Básico.

É uma empresa que objetiva o desenvolvimento sustentável, opera a nível mundial oferecendo soluções de longo prazo para o desenvolvimento político, econômico, ecológico e

social, apoia processos complexos de mudança com o intuito de melhorar de maneira sustentável as condições de vida da população e acrescenta a capacidade de ação de todos os participantes tanto nas organizações quanto nos indivíduos, desta maneira promove a cooperação e o consenso simultaneamente.

O Instituto Boliviano de la Montaña - BMI é uma instituição sem fins lucrativos, fundou-se no ano de 2002 e contribui com o desenvolvimento sustentável das regiões de montanha na Bolívia através da investigação científica, capacitação e assistência técnica, intercambio de experiência e execução de projetos. Os principais objetivos do instituto são:

- Gerar e fortalecer o conhecimento sobre a ecologia e o desenvolvimento sustentável dos ecossistemas de montanha;
- Promover o desenvolvimento integrado de bacias hidrográficas e oportunidades alternativas para viver bem.

Nesse contexto prioriza as seguintes áreas:

- Pesquisa para o desenvolvimento e conservação de áreas montanhosas;
- Clima e mudanças globais na região andina;
- Treinamento e assistência técnica;
- Projetos sustentáveis nas montanhas;
- Debate e conscientização pública.

2.2 ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS – PSM

Problemas não-estruturados são distinguidos pela existência de múltiplos atores, perspectivas e interesses conflitantes de difícil mensuração e alto grau de incerteza. Comumente usados como uma base para a identificação ou resolução de assuntos estratégicos empresariais específicos (MINGERS & ROSENHEAD, 2004).

De acordo com Franco *et al.* (2004), os métodos de estruturação de problemas – PSM (em inglês *Problem Structuring Problems*) são uma família de métodos de apoio à decisão que contribuem com grupos de diversas composições a concordar com um determinado problema em foco e a se comprometer com uma ação consequente.

Esses métodos se caracterizam por representarem versões alternativas de uma situação complexa de interesse comum através de um modelo, combinando os membros do grupo com facilitadores que contribuem com os ajustes construtivos mútuos os quais permitirão esclarecer a situação (MINGERS & ROSENHEAD, 2004).

Adicionalmente, os métodos de estruturação proporcionam aos participantes de um grupo um melhor entendimento do problema, convergindo os conhecimentos e favorecendo a identificação de compromissos que solucionarão parcial ou totalmente o problema.

Para tal propósito, o método escolhido deve permitir que várias perspectivas de alternativas sejam combinadas, ser cognitivamente acessível para os atores de maneira que a representação do desenvolvimento possa manifestar um processo participativo de estruturação do problema e permitir que as melhorias totais ou parciais sejam comprometidas e identificadas, desta maneira irá requerer a fusão de vários interesses que impliquem uma solução global.

Em várias situações os PSMs empregam um software para apoiar o processo. Mingers e Rosenhead (2004), embora estejam conceitualizados de forma sofisticada e interajam no processo de decisão contínua, são relativamente elementares probabilisticamente falando, visto que excessiva matemática poderia dificultar a análise e provocar uma sensação de manipulação a respeito do conhecimento apresentado.

O primeiro passo consta da representação da situação problema devendo ser de fácil compreensão para o grupo, a complexidade de tal problema faz do uso de métodos de estruturação de problemas um recurso fundamental. O essencial é a forma de representação desta complexidade de forma a evitar a exclusão de alguma das categorias envolvidas (MINGERS & ROSENHEAD, 2004).

Para evitar tais complicações, Mingers & Rosenhead (2004) sugerem a utilização de métodos gráficos. Esses diagramas revelam a rede de influências perturbadoras, que podem ser observadas facilmente, inclusive por aqueles que não têm uma noção previa das notações, que poderiam ser capazes de compreender prontamente a linguagem e em pouco tempo poderiam dar sugestões de modificações para o modelo. O propósito destas representações

não está em solucionar o problema, mas permitir aos participantes se engajar nas experiências e julgamentos de maneira eficiente.

Segundo Gomes *et al.* (2009), a função principal dos métodos de pesquisa operacional *soft* (PO - *soft*) é estruturar os problemas antes de tentar resolvê-los, os usuários não precisam ter conhecimento matemático de alto nível. São estruturados eventos ou resultados que foram declarados como importantes pelos participantes, o que possibilita a identificação dos mesmos, sem ter necessariamente um número associado sobre seu significado.

Durante as últimas duas décadas, quatro métodos de estruturação de problemas apresentaram maior destaque, sendo: *Soft Systems Methodology* (SSM), *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), *Value Focused Thinking* (VFT) e *Strategic Choice Approach* (SCA).

2.2.1 Soft Systems Methodology – SSM

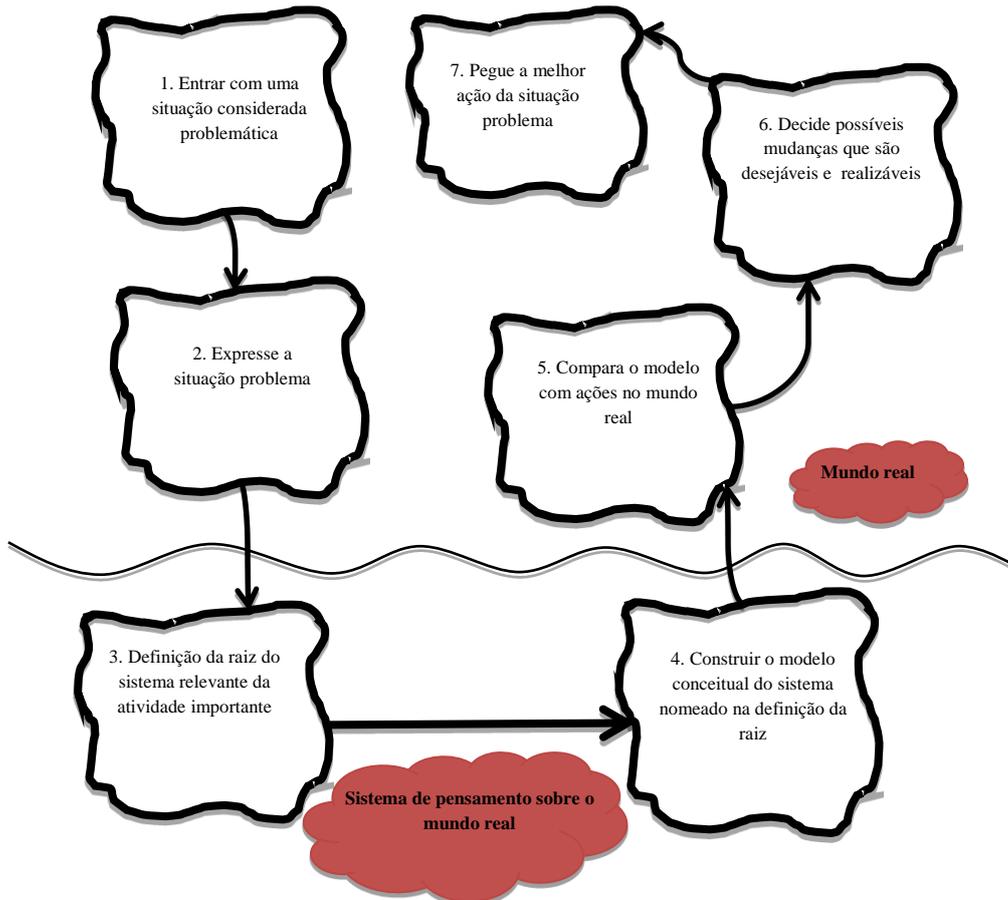
É uma abordagem que permite refletir e propor transformações em sistemas de atividade humana, trabalhando com o ambiente e o aprendizado para lidar com variadas situações de complexidade. Possui ênfase na avaliação do mundo real em que pessoas vivem e se relacionam com a intenção de agir sobre determinado problema com o objetivo de melhorá-lo (CHECKLAND & SCHOLLES, 1990).

Essa abordagem foi desenvolvida pelo professor Peter Checkland e publicada pela primeira vez em 1972. Em sua tentativa de aplicar uma abordagem *hard* percebeu a necessidade do incremento de novos conceitos sistêmicos dando lugar ao desenvolvimento de uma abordagem *soft*.

É baseado no conceito de visão do mundo conhecido como *Weltanschauung* em alemão. Assim, considera a criação de realidade como uma situação originada na percepção particular de cada indivíduo, sendo guiada pelo critério próprio de julgamento. Estas visões permitem a construção de modelos conceituais de sistemas relevantes que representam formas e alternativas inovadoras de olhar e pensar sobre uma situação problema (CHECKLAND & SCHOLLES, 1990).

A SSM está constituída por sete estágios que constituem um ciclo iterativo de aprendizagem e promovem debates sobre mudanças que dão início a um novo ciclo e a uma nova aplicação da metodologia, com o intuito de melhorar uma problemática identificada, desde que estas sejam sistemicamente desejáveis e culturalmente aceitáveis. O ciclo de aprendizagem para a SSM está representado na Figura 3:

Figura 3 – Representação dos sete estágios do SSM



Fonte: Adaptado de Checkland (2004)

De acordo com o Checkland (2004) os sete estágios que compõem a SSM são:

Estagio 1. Estudar a situação considerada problemática

- Observa-se a situação e coletam-se informações para captar as diferentes visões dos *stakeholders* em discussões grupais. Desta maneira detectam-se elementos que

componham uma figura rica e que possa articular a situação problema, tomando ações deliberadas para trazer melhorias.

Estágio 2. Expressar a situação problema

- Define-se a situação do problema a partir da figura rica. Adicionalmente tem-se as informações sobre a estrutura, os processos e a forma como eles se relacionam, assim como os potenciais conflitos, evitando conceitos pré-concebidos.

Estágio 3. Formular as definições essenciais do sistema relevante

- Definem-se alguns sistemas de atividade intencional que são relevantes para exploração da situação problema;
- Componentes **CATWOE**:
 - ✓ Clientes (*Customers*), vítimas ou beneficiários do sistema.
 - ✓ Atores (*Actors*), quem executará as atividades.
 - ✓ Transformação (*Transformation*), as mudanças que as atividades exercerão.
 - ✓ Visão do mundo (*Worldview*), o ponto de vista que dá sentido à definição.
 - ✓ Proprietário (*Owner*), quem pode parar a atividade.
 - ✓ Ambiente (*Environment*), restrições externas.

Estágio 4. Construir modelos conceituais (ideias) do sistema definido no estágio anterior

- Um modelo conceitual é percebido como um conjunto estruturado de atividades necessárias para atingir os objetivos tanto nas definições essenciais, quanto nas relações existentes entre essas atividades. Inclui processos de monitoração e controle da efetividade, eficácia e eficiência do sistema.

Estágio 5. Comparar os modelos conceituais (estágio 4) com a situação problema (estágio 2)

- O objetivo da comparação é fornecer um debate sobre a inserção de possíveis mudanças, ressaltando as diferenças entre os modelos e a ação no mundo real;

Estágio 6. Definir possíveis mudanças desejáveis e implementáveis

- As mudanças propostas no estágio anterior são discutidas e analisadas quanto à aceitação e a viabilidade econômica. Ressaltam-se três tipos de mudanças: estruturais, de procedimento e de atitude.

Estágio 7. Implementar a ação para melhorar a situação problema

- Discute-se como a mudança será inserida através do detalhamento da agenda, completando o ciclo de aprendizado.

Conforme Checkland & Scholes (1990), a SSM não deve ser confundida com um método, pois permite alterações e adaptações em estágios, de modo a adequar, para cada situação problema. Assim, deve ser percebida como um conjunto de princípios para aumentar a qualidade da participação dos envolvidos com a situação problema, elevando a qualidade da discussão voltada à sua melhoria.

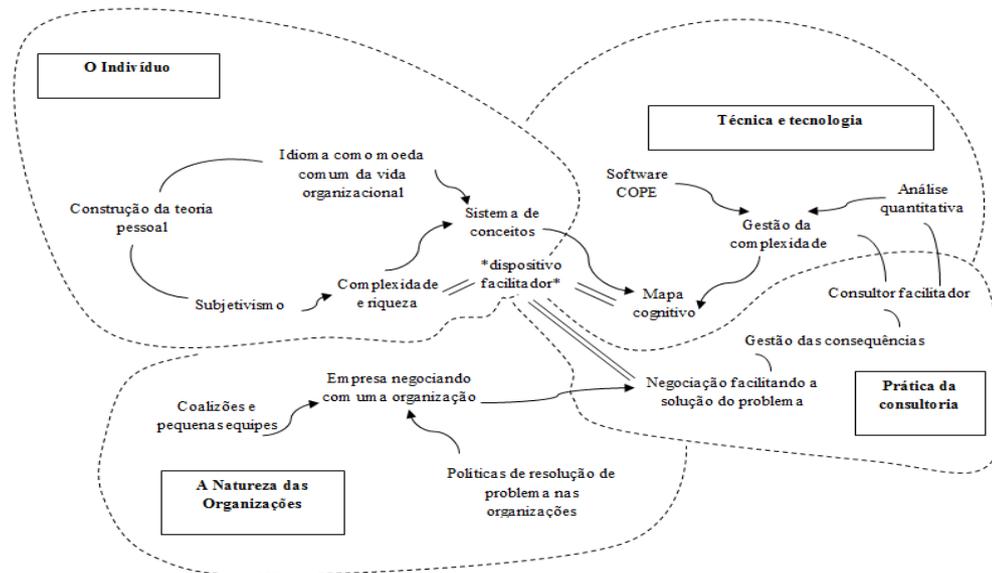
2.2.2 Strategic Options Development and Analysis – SODA

Abordagem desenvolvida por Colin Eden em 1988 com o objetivo de representar uma situação estudada através de um mapa cognitivo, possibilitando uma reflexão para as diferentes visões dos atores envolvidos. Essa abordagem tem a capacidade de melhorar o diálogo dos participantes. Assim, facilita o consenso entre os envolvidos e o comprometimento a respeito da implementação das ações identificadas.

O SODA possui um caráter cíclico, sendo flexível em sua construção.

Os resultados da aplicação dessa abordagem são mensuráveis mediante o compromisso dos integrantes da equipe quanto à situação modelada e as medidas que serão tomadas (EDEN & ACKERMANN, 2004). A Figura 4 expõe a representação destes conceitos:

Figura 4 – Representação da guia e conceitos do SODA



Fonte: Adaptado Eden & Ackermann (2004)

A base conceitual da abordagem SODA fundamenta-se em:

- Cada indivíduo percebe o mundo de maneira subjetiva e particular;
- A negociação e o diálogo são colocados em primeiro plano, em relação às estruturas de poder da organização ou comunidade;
- A função do facilitador é apoiar o processo do estabelecimento de ações, sem impor relações de poder e hierarquia;
- A técnica básica utilizada é o mapa cognitivo, através do qual se atinge um consenso com relação à situação estudada e as medidas que devem ser tomadas.

O SODA tem como base as seguintes dimensões: indivíduo, natureza da organização, prática de consultoria, técnica e tecnologia.

De forma geral o mapa cognitivo pode ser construído de duas maneiras. Uma das formas é de maneira conjunta, através de entrevistas realizadas entre os clientes e o consultor. A segunda opção é a condução do processo em duas etapas, sendo a primeira composta pela estruturação dos mapas individuais de cada ator e o facilitador, mediante seus conhecimentos,

aglutina tais representações em um mapa global, que é validado perante todos os participantes em um *workshop*.

2.2.3 Value Focused Thinking – VFT

É uma abordagem prescritiva diferenciada com respeito ao foco na avaliação das alternativas, em inglês *Alternative focused thinking* – AFT, base dos métodos descritos anteriormente, devido a que tem um pensamento focado no valor do que se deseja. Keeney (1992) definiu o VFT como um processo através do qual se busca a identificação de valores que o decisor deverá utilizar como guia geral para o procedimento de tomada de decisão.

O VFT ressalta os valores e objetivos que o decisor pretende atingir fornecendo alternativas como meio para alcançar os valores mais fundamentais para selecionar decisões significativas, criar melhores alternativas e avaliá-las cuidadosamente em termos de desejabilidade, aspectos importantes que fornecem articulação e entendimento para o uso correto de valores em problemas de decisão (KEENEY, 1992).

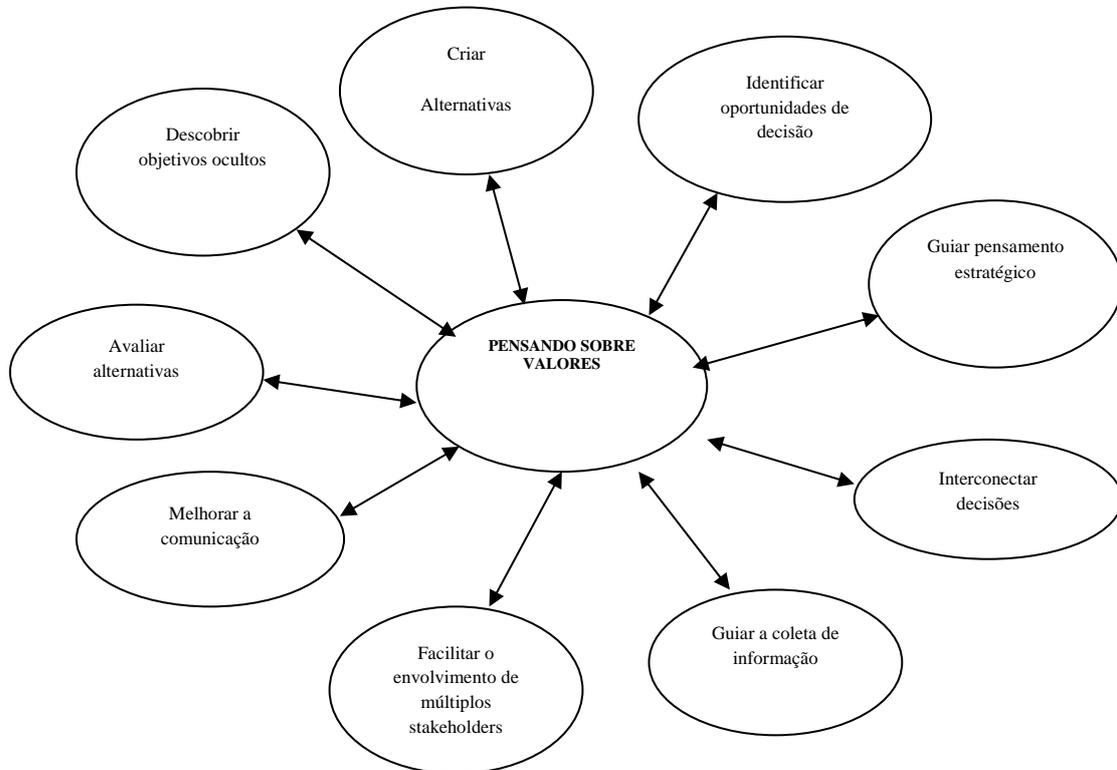
O pensamento centrado no valor consiste especificamente em duas atividades, em primeiro lugar decidir o que se deseja e depois descobrir como obtê-lo (KEENEY, 1992). Esta abordagem permite identificar situações desejáveis de decisão além de coletar os benefícios para resolvê-las. Pensar nos valores significa pensar sem restrições, ou seja, pensar em alternativas desejáveis sem necessidade de egocentrismo, pois o que se deseja pode trazer benefício coletivo e recursos mais atraentes.

A compreensão e articulação de valores começam com a identificação e a estruturação hierárquica dos objetivos por meio da realização de entrevistas dos decisores, estes objetivos são divididos em duas classes: objetivos fundamentais (também chamados objetivos estratégicos), que consistem em uma razão essencial para o interesse na situação de decisão, e objetivos meios que atuam como um canal para atingir os objetivos fundamentais (KEENEY, 1992).

Segundo Kirkwood (1997), os atributos utilizados permitem realizar uma comparação das alternativas, por que medem o grau de satisfação das diferentes alternativas com respeito

dos objetivos estabelecidos, eles podem ser de três tipos: natural, construído e *proxy*. Os benefícios trazidos pela metodologia são expostos na Figura 5:

Figura 5 – Representação dos benefícios da visão do VFT



Fonte: Keeney (1992)

A proatividade de uma abordagem VFT, acontece quando a estrutura do processo de decisão permeia os valores e objetivos que pretendem ser atingidos. Focar nos objetivos e os valores de decisão facilita a comunicação entre os *stakeholders*, concentrando esforços na estratégia de decisão. Assim, são evidenciados aspectos realmente importantes, levando o decisor a identificar e avaliar potenciais alternativas irrelevantes (KIRKWOOD, 1997).

2.2.4 Strategic Choice Approach – SCA

O desenvolvimento do *Strategic Choice Approach* – SCA é marcado nos anos 60 como consequência da iniciativa de criar um centro de pesquisa operacional inovador para atender questões políticas gerais dentro de um contexto social. Foram dois projetos pioneiros, um sobre a comunicação na indústria da construção civil e outro sobre a formulação de políticas públicas no governo municipal, que deram origem à criação de oportunidades diferenciadas

para cientistas que trabalhavam envolvidos em grupos de decisão estratégica em situações complexas (FRIEND & HICKLING, 2005).

A abordagem de escolha estratégica é tratada como um processo de aprendizado contínuo, no qual o papel desempenhado pela incerteza é considerado crucial, devido à influência e as limitações que pode gerar na gestão planejada dentro de um procedimento de decisão. Nessa conjuntura, foi originado um conjunto de processos que permitem facilitar a comunicação do grupo na hora de tentar resolver ou melhorar problemas complexos.

O conjunto de processos gerado introduz, ordenada sequencialmente, conceitos e técnicas que são tratados de forma contígua no procedimento interativo. Assim, são fornecidos artifícios que contribuem com a estruturação de problemas complexos de decisão em um contexto de elementos interconectados, dentre os quais deverá ser aplicado uma ação de escolha.

Na prática, o processo de escolha estratégica nem sempre é considerado de forma sequencial, pois a interação entre as fases permite atravessar etapas ou mesmo retornar para as etapas anteriores. Consequentemente, são originadas novas visões sobre o problema tratado, e incentivado o crescimento em seu nível de compreensão, promovendo ao método características como adaptabilidade e ser flexível (FRIEND & HICKLING, 2005).

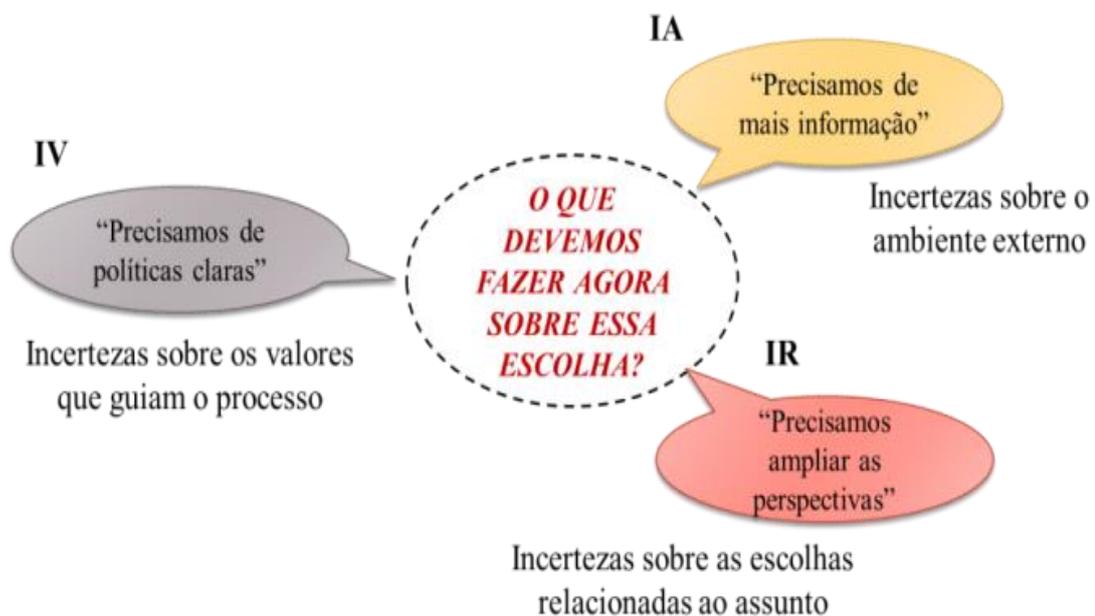
A metodologia descrita é caracterizada pela procura de progressos incrementais na direção decisória e pelo uso de três elementos chaves para o trabalho de análise na estruturação de problemas no processo decisório: a área de decisão, área de comparação, a área de incerteza, nessa última considera-se o gerenciamento de três categorias de incertezas associadas ao ambiente externo, aos valores que guiam o processo e as escolhas relacionadas ao assunto tratado (FRIEND & HICKLING, 2005).

- **A área de decisão:** expressa as áreas de escolha influenciadas pelos participantes, os quais deverão trabalhar de maneira conjunta para elaborar um conjunto completo de áreas de decisão e os vínculos entre elas de maneira a representar a problemática atual a partir da variedade de estratégias viáveis formadas pela combinação aceitável de opções das áreas de decisão. Para obter melhores resultados, é necessário chegar a um acordo sobre

um pequeno grupo de áreas de decisão interconectadas a serem exploradas com maior profundidade;

- **A área de comparação:** equivalente à definição de critério em outros métodos, razão pela qual o seu tratamento tem um foco semelhante a uma avaliação multicritério. O propósito é desenvolver um conjunto representativo das principais dimensões de preocupação: econômico, ambiental, social e político, de maneira a gerar um cenário mais próximo da realidade. É possível aplicar escalas de avaliação quantitativas ou qualitativas;
- **A área de incerteza:** representa a discordância ou dúvida que afeta a comparação de cursos alternativos de ação e dificulta o avanço da sessão do processo decisório. A abordagem de escolha estratégica classifica as incertezas em função da adequabilidade das ações na gestão, conforme é ilustrada na Figura 6.

Figura 6 – Gráfico de áreas de incertezas



Fonte: Adaptado de Friend & Hickling (2005)

A administração de incertezas é classificada da seguinte maneira:

1. **Incertezas sobre o ambiente externo (IA) em inglês *Uncertainties about the working Environment* – UE:** relacionadas com o assunto trabalhado é formada por prováveis explorações. Assim, procuram repostas de natureza relativamente técnicas, e sugerem

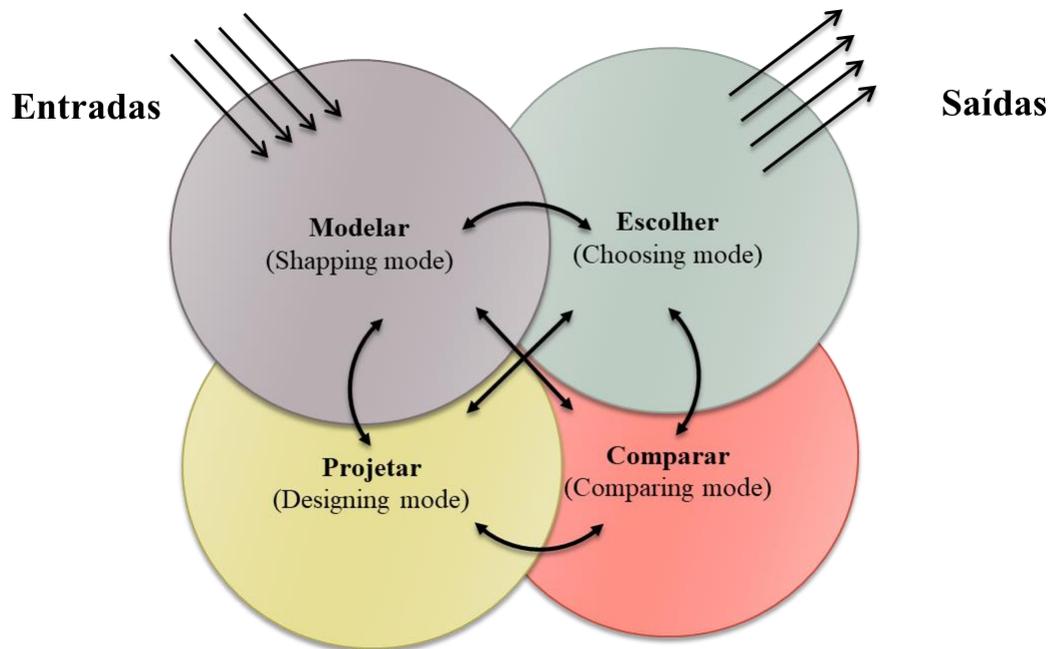
possíveis investigações como pesquisas, entrevistas, trabalhos analíticos, exercícios de projeção, previsões, custos estimados detalhados, entre outros. Por um lado, podem ser conseguidas através de um telefonema a um especialista e por outro através de um elaborado modelo matemático;

2. **Incertezas sobre os valores orientadores (IV) em inglês *Uncertainties about guiding Values* – UV:** relacionados com o guia do procedimento, sugerem possibilidades exploratórias e pedem respostas mais políticas, podendo ser da forma de uma orientação vinda de uma autoridade, ou de um programa de consultas entre partes interessadas, desta maneira permitir o esclarecimento de metas e objetivos;
3. **Incertezas sobre as escolhas (IR) em inglês *Uncertainties about Related decisions* – UR:** relacionadas ao assunto tratado, sugerem possibilidades para explorar formas de compromisso, negociações, planejamentos conjuntos, entre outros. As repostas a essas incertezas exploram os vínculos estruturais entre a visão da decisão atual e outras que podem estar relacionadas a ela. Quanto mais amplos os vínculos, mais provável que algumas escolhas relacionadas sejam de pessoas que estejam trabalhando com diferentes horizontes para a decisão;

Dadas incertezas são de extrema importância para os decisores, dado que permitem realizar uma avaliação e um melhor gerenciamento de consequências tomando por base três dimensões: custo, tempo, e ganho de confiabilidade. Estes conceitos levam em conta o surgimento de interferências em situações críticas, à avaliação e apreciação dos recursos e à possibilidade de mudanças respectivamente.

O SCA é uma abordagem composta por quatro fases. Estas fases possibilitam identificar um subconjunto de ações coesivas e compatíveis com o cenário previsto, sendo elencadas como alternativas de solução da problemática. A Figura 7 ilustra as fases do SCA e suas interconexões.

Figura 7 – Dinâmica de escolha estratégica



Fonte: Adaptado de Friend & Hickling (2005)

- **Fase Modelar (*Shapping mode*):** tem como tarefa a estruturação do problema, os participantes consideram como serão formuladas as escolhas e debatem quais decisões serão tomadas em qualquer contexto como foco central e até onde podem ser vinculadas a outras. Reconhecem que na prática, estas decisões se interconectam de maneira complexa fazendo com que a modelagem de uma situação de planejamento seja importante, porém difícil, finalmente analisam se o foco atual deve ser ampliado ou dividido em partes para o melhor gerenciamento.

Nesta primeira fase, onde são providos elementos fundamentais que facilitam a definição do foco da problemática, permitindo de esta maneira estruturar o problema por meio da especificação dos aspectos implicados neste cenário. Para que o propósito seja atingido são estabelecidos os seguintes conceitos:

- ✓ **Áreas de decisão**, definida como uma oportunidade de escolha na qual dois ou mais cursos diferentes de ação podem ser considerados;

- ✓ **Vínculos de decisão**, trata-se de uma relação entre duas áreas de decisão que expressam a ideia de que poderia ter um impacto diferente se fossem consideradas em conjunto e não separadamente;
 - ✓ **Gráfico de decisão**, configura uma representação esquemática de um conjunto de áreas de decisão e as relações existentes entre elas expressas como vínculos de decisão;
 - ✓ **Foco do problema**, qualquer subconjunto de três ou quatro áreas de decisão delimitadas em um gráfico de decisão que é selecionado para um exame mais detalhado;
- **Fase Projetar (*Designing mode*)**: tem como tarefa o desenho e a formulação de possíveis opções de ação, os participantes analisam as preocupações sobre a viabilidade dos cursos de ação em relação à visão atual do cenário da problemática, debatem a presença de opções suficientes e a existência de restrições no desenho de natureza técnica e política que podem limitar o escopo para combinar opções dos vínculos de áreas de decisão em cursos específicos.

Nesta fase o propósito é criar um conjunto rico e gerenciável de soluções aceitáveis levando em consideração incertezas, requer do estabelecimento dos seguintes conceitos:
- ✓ **Opções de decisão**, corresponde ao estabelecimento dos cursos de ação, mutuamente exclusivos, que podem ser considerados dentro de uma área de decisão. Uma área de decisão pode conter duas ou mais opções de decisão;
 - ✓ **Matriz de compatibilidades**, reflete a exploração de compatibilidade e as relações de incompatibilidade entre pares de opções chamadas de opções objetadas;
 - ✓ **Gráfico de opções**, trata-se de uma representação esquemática das compatibilidades e incompatibilidades de opções pertencentes ao foco de problema;
 - ✓ **Árvore de opções** conhecida como esquema de decisão, é qualquer combinação viável de opções contendo uma combinação de cada uma das áreas de decisão dentro de um foco de problema;

- **Fase Comparar (*Comparing mode*):** configurando como tarefa a comparação dos cursos de ação, os decisores consideram as implicações, efeitos e consequências dos diferentes cursos de ação e introduzem uma escala linear com o intuito de mensurar as diferenças de desempenho (performance) que surgem na comparação par a par entre eles.

O propósito desta fase, é possibilitar uma análise da magnitude das consequências que permita criar uma listagem de critérios ou parâmetros de julgamento para a avaliação de alternativas. Essa fase exige a definição dos seguintes aspectos:

- ✓ **Áreas de comparação,** descrição de qualquer campo de preocupação em que se deseja comparar as consequências de cursos alternativos de ação;
 - ✓ **Avaliação relativa,** configura uma definição para qualquer declaração sobre as consequências dentro de uma área de comparação que persegue um curso de ação em vez de outro;
 - ✓ **Vantagens nas comparações,** consideradas indicadores de comparação de diferentes cursos de ação em uma ou mais áreas de comparação;
 - ✓ **Lista reduzida de trabalho,** condiz a qualquer subconjunto aceitável de um esquema de decisão no qual se pretende comparar exaustivamente as alternativas. Isso possibilita reduzir o grau de dificuldade no processo de comparação e possibilita a ordenação preferencial do esquema, embora esta redução implique uma perda de informação quanto às incertezas e consequências;
- **Fase Escolher (*Choosing mode*):** apresenta como objetivo a escolha de alguma opção. A preocupação dos decisores centra-se na concordância com os compromissos das ações e o percorrer do tempo. Nesse contexto, considera-se tanto a inserção de forma imediata quanto no futuro, esclarecendo o trabalho de cada envolvido, o que deverá ser feito de acordo com o planejamento e quando será realizado diante do período de tempo estabelecido.

Nesta última fase os decisores escolhem a melhor opção baseados nos princípios de robustez e variedade, ou seja, ocorre a seleção das opções que permitam máxima

flexibilidade e maior quantidade de soluções para tal propósito. Assim, são estabelecidos os seguintes conceitos:

- ✓ **Áreas de incertezas**, é a descrição de qualquer fonte de incerteza que esteja causando dificuldades na consideração de um problema de decisão. Para cada área de incerteza existem duas opções, a primeira é aceitar o nível de incerteza sobre o qual têm sido selecionados supostos e, a segunda iniciar uma opção exploratória;
- ✓ **Opção exploratória**, condiz a qualquer curso de ação concebido como um meio de reduzir o nível de incerteza;
- ✓ **Esquema de ação**, configura um curso de ação que envolve compromissos dentro de algumas das áreas de decisão mais urgentes do foco do problema;
- ✓ **Pacote de compromissos**, objetivando uma combinação de ações, explorações e arranjos para escolhas futuras projetadas como um meio de progressão dentro de um processo de planejamento;

2.2.4.1 Técnica e ferramenta auxiliares

Foram consideradas duas ferramentas auxiliares na realização deste trabalho, com o propósito de contribuir com o desenvolvimento do modelo proposto, de maneira a melhorar a comunicação na atividade grupal e a interpretação visual das alternativas.

2.2.4.1.1 *Brainstorming*

O *brainstorming* é uma dinâmica grupal considerada, mais do que uma habilidade uma arte. Isto, pois fornece um afinamento dos membros da equipe, aprendizado contínuo, adição de valor as ideias, energia, criatividade e inovação nos frequentes debates de geração de ideias.

Esta ferramenta permite às equipes ter a oportunidade de criar melhores ideias na hora de iniciar um projeto ou de resolver algum problema complexo que surgiu dele (KELLEY & LITTMAN, 2001). Para alcançar resultados valiosos nas sessões chamadas de *brainstormers*, por se tratar de um evento ativo e envolvente, é necessário organizar a ferramenta e conhecer os segredos que a compõem:

- ✓ **Afiar o foco**, um *brainstorming* de qualidade deve começar com uma afirmação bem definida do problema. Tal declaração permite orientar os membros e fornecer um norte para trazê-los de volta ao tópico principal, caso não tiver uma orientação, sugere-se passar alguns minutos para desenvolvê-la, desta maneira proporciona-se foco;
- ✓ **Regras**, o início prematuro de críticas e debate de ideias pode esgotar a energia da sessão, recomenda-se ignorá-las sem necessidade de desligá-las completamente do evento. O ideal é gerar regras visíveis de maneira a incentivar os membros e lembrá-los de não tentar transformar a atividade em uma reunião normal;
- ✓ **Elencar ideias**, esse passo contribui de duas maneiras com a dinâmica do *brainstorming*, seja pela motivação aos participantes antes e durante as sessões, ou mesmo pela alta flexibilidade da interação;
- ✓ **Construir**, incentivar, empurrar e introduzir pequenas variações acrescenta o ímpeto de maneira progressiva na hora de construir uma ideia, pular o caminho para voltar, ao avançar a uma nova abordagem permite potencializar e manter a energia alta;
- ✓ **Memória espacial**, o poder de capturar ideias e fazê-las visíveis para todo o grupo através de um fluxo de anotações mentais, permite perceber a progressão do evento e atender outras ideias que foram descartadas a priori, ajuda a recapturar a mentalidade inicial no momento que surgiu a ideia pela primeira vez;
- ✓ **Exercitar os músculos mentais**, esse aspecto recomenda um tempo de aquecimento do grupo no início da atividade, especialmente nas situações em que: o grupo não trabalhou em conjunto anteriormente, a maioria dos membros não realizam *brainstorm* com frequência e quando existem distrações urgentes não relacionadas ao problema tratado. Limpar a mente e ativá-la traz resultados significativos a respeito da quantidade e da qualidade de ideias produzidas;
- ✓ **Ser tangível**, uma característica iminente do *brainstorming* é a visibilidade, a brecha dessa atividade se origina no tangível, para este efeito sugere-se contar com produtos, materiais para construí-los ou padrões atuais de comportamento que possam ser representados para distinguir como poderiam ser alterados.

2.2.4.1.2 *Software Strategic Adviser - STRAD 2.3*

O desenvolvimento do *software Strategic Adviser* – STRAD 2.3 começou em 1987, baseado no método de Análise de Áreas de Decisão Inter-relacionadas AIDA (em inglês *Analysis of Interconnected Decision Areas*), sendo criado com o intuito de suportar aspectos tecnicamente mais complexos da metodologia SCA.

Em 1991 foi lançado o STRAD 1.0, a primeira versão desta ferramenta a qual inicialmente visava contribuir com a viabilidade da abordagem *soft* dentro de uma interação informal de decisores individuais ou de pequenos grupos compostos por dois a três agentes, devido à que o processo era guiado por um só computador (FRIEND, 1992).

O desenho do *software* acompanha a mesma direção dos princípios gerais do SCA. Dessa maneira, pode ser trabalhado de maneira flexível em quatro módulos que simulam as fases da abordagem de escolha estratégica, o pacote de progresso representa o pacote de compromissos e é gerado como resultado do processo interativo almejado em um contexto de concordância. Assim, reflete o trabalho integrativo dos usuários, enfatiza a importância incremental e ressalta o significado de compromisso real relacionado às pessoas.

Os módulos de trabalho do software mencionado são desenvolvidos da seguinte maneira:

- ✓ **Módulo *Shape***, exibe às áreas de decisão e seus tipos de vínculos em um gráfico de decisão. Estas áreas são distribuídas em função da importância, urgência e influência, aceita até quatro áreas de decisão para conformar o foco do problema e realizar um trabalho intensificado nele, considera até seis opções por área de decisão;
- ✓ **Módulo *Design***, reflete os esquemas de decisão através de uma árvore de opções e permite selecionar, se movimentando de esquerda para a direita, opções específicas de algumas áreas de decisão mais urgentes. Posteriormente deve-se representar o leque total de estratégias a serem comparadas;
- ✓ **Módulo *Compare***, permite a submissão de pares de esquemas selecionados, previamente classificados como consequência de uma avaliação de opções respeito das áreas de comparação. Compara sistematicamente suas vantagens relativas sob

os níveis de incerteza. É importante mencionar que o incentivo de avaliação de incertezas acontece em todos os módulos;

- ✓ **Módulo *Choose***, exibe o pacote de progresso contido de um plano de contingências e as áreas de incertezas. A partir desses resultados é possível traçar sugestões de implementação, no presente ou no futuro, segundo a importância e urgência de cada atividade.

Aplicações de sucesso do SCA alinhado ao uso são contrastados em diversas abordagens, dentre elas, em instituições financeiras e empresas industriais. O uso desta ferramenta para o presente trabalho pretende ser apenas como suporte ao processo decisório, complementando a aplicação com suas métricas visuais.

2.2.4.2 Aplicações do Strategic Choice Approach – SCA

Durante a década de 1970, o uso do SCA foi bastante explorado em projetos de pesquisas, a maioria deles envolvendo a colaboração com planejadores urbanos britânicos e outras autoridades municipais. De igual maneira foram realizados *workshops* experimentais e programas de treino em vários outros países como Canadá, Holanda e Brasil, e uma sucessão de projetos de pesquisa para melhorar a compreensão de procedimentos de decisão interorganizacionais no processo de planejamento de políticas públicas (FRIEND, POWER & YEWLETT, 1974).

Posteriormente, durante os anos 80, a dispersão dos membros do novo centro de inovação da pesquisa operacional e o contínuo trabalho de base informal que realizavam, produziu uma gama de aplicações diversificadas em campos muito díspares como a estratégia na área industrial, na educação, na saúde, nas políticas de proteção ambiental e no desenvolvimento da comunidade.

Neste caso específico foi escolhido o SCA, dentre os métodos de estruturação de problema mais destacados, devido às características que apresenta as quais se ajustam às necessidades e pressões do estudo. A interação das fases que o compõem, permite realizar comparações entre os cenários avaliados de maneira iterativa com o intuito de identificar os principais conflitos que podem prejudicar e limitar a aplicação de possíveis soluções geradas a partir da fusão e a concordância das diferentes visões dos decisores (FRIEND & HICKLING,

1987). Os campos mencionados permitem ressaltar alguns trabalhos relacionados que foram elaborados em diferentes lugares no mundo:

- ✓ A redução de conflitos nos comitês de bacias hidrográficas utilizando a abordagem de escolha estratégica - SCA para a estruturação de problemas e apoio no processo de tomada de decisão, um estudo realizado em Alagoas – Brasil (LEVINO & MORAIS, 2013);
- ✓ O apoio na realização do workshop com a contribuição de mais de 40 pessoas, para facilitar o processo de planejamento comunitário para a educação rural, um estudo realizado na África do Sul (FRIEND, 2004);
- ✓ A contribuição para a realização de uma série real de sessões de workshops interministeriais para explorar alternativas políticas para o transporte, armazenamento e distribuição de gás liquefeito de petróleo, um estudo realizado na Holanda (FRIEND, 1992);
- ✓ A introdução dos principais conceitos e métodos da abordagem de escolha estratégica em uma sequência lógica em uma empresa de médio porte que monta instrumentos para pequenas embarcações, chamada de MARINTEC que apresentou conflitos de localização e marketing, um estudo realizado na Holanda (FRIEND, 2004);
- ✓ A introdução da abordagem de escolha estratégica para o alinhamento da perspectiva de manutenção corretiva dos sistemas de distribuição de água visando minimizar as perdas e garantindo maior benefício social, um estudo realizado em Pernambuco – Brasil (PEREIRA & MORAIS, 2017);
- ✓ O desenvolvimento de novos produtos que promova a sobrevivência da empresa através da inclusão da abordagem de escolha estratégica na procura de gerir de maneira eficiente os processos que a compõem, estudo realizado em Pernambuco – Brasil (DE OLIVEIRA & MORAIS, 2016).

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados conceitos e características relacionadas à escassez de água, os principais problemas relacionados à governança do recurso público e as consequências que atualmente afetam o planeta. De igual maneira foram caracterizados os

programas de combate e cooperação hidrológica atual que visam enfrentar o problema de degradação constante e acelerada.

Considerado complexo o processo de tomada de decisão neste contexto, foram avaliados os métodos de estruturação de problemas, utilizados para o esclarecimento e melhor entendimento da situação, envolvendo a análise da percepção dos atores e a integração de diversos objetivos.

Dentre os métodos estudados, percebeu-se que o mais adequado ao problema é o SCA devido à sua característica interativa para geração e comparação de esquemas de solução, bem como, a avaliação de cenários e identificação de incertezas e conflitos que podem surgir com o decorrer do tempo, podendo proporcionar melhoria no processo de planejamento de políticas públicas.

Por fim, foram detalhadas diferentes situações, entre elas, à escassez de água, nas quais se aplicaram métodos de estruturação de problemas para o desenvolvimento da tomada de decisão no contexto dos recursos hídricos.

O próximo capítulo descreverá e delimitará a região de estudo para a aplicação da abordagem de escolha estratégica proposta, analisando os aspectos de captação, abastecimento, distribuição e escassez de recursos hídricos no município de La Paz – Bolívia.

3 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

O presente capítulo descreve de maneira detalhada a região de estudo escolhida, destaca características administrativas, sócio-políticas, demográficas, ambientais e geográficas.

3.1 O ESTADO DE LA PAZ – BOLÍVIA

La paz, um dos nove estados que formam a República Plurinacional de Bolívia. Encontra-se localizado ao oeste do país e foi criado mediante Decreto Supremo de 23 de janeiro de 1826 pelo Marechal Antonio José de Sucre. Atualmente conta com uma extensão territorial de 133.985 km², subdividida político-administrativamente em 20 províncias e 80 municípios. Limita-se ao Norte com o estado de Pando, ao Sul com Oruro, ao Este com Cochabamba e Beni e ao Oeste com as Repúblicas de Peru e Chile como expõe a Figura 8:

Figura 8 – Divisão político-administrativa do estado de La Paz.



Fonte: Oceano (1998)

A Região Metropolitana de La Paz – RMLP é composta por oito municípios: Laja, Pucarani, Viacha, Palca, Mecapaca, Achocalla, El Alto e La Paz (atual capital). Essa região destaca-se como um território com unidade histórica, geográfica, cultural e econômica, onde as atividades diárias produzidas como o emprego, produção, transporte, comunicações, infraestrutura, serviços, educação, saúde, gestão pública, etc., articulam suas relações funcionais construindo uma nova realidade espacial.

De acordo com o último Censo Nacional de População e Habitação (INE, 2017), a Bolívia tem aproximadamente 10 milhões de habitantes, dos quais 26,7% estão concentrados no Estado de La Paz e 17,7% na Região Metropolitana, razão pela qual esta área assume uma crescente importância em relação à população total do referido estado, contemplando 5,4% da extensão territorial e 66,2% da população.

Dentro do território, a disposição da população na RMLP define três áreas territoriais com diferentes características populacionais e socioeconômicas: Primeiro o município de El Alto, com 860.062 habitantes e uma densidade de 2.493 hab./km²; segundo o município de La Paz com uma população de 779.728 habitantes e densidade de 257 hab./km²; e finalmente, a terceira área territorial que corresponde ao resto dos municípios, que atuam como núcleos pequenos e cidades intermediárias com um número de 191.560 habitantes e uma densidade média de 159 hab./km², tais dados estão expostos de maneira detalhada na Tabela 2:

Tabela 2 – Dados demográficos da Região Metropolitana do Estado de La Paz

Município	Superfície (km ²)	População (número de habitantes)	Densidade (pessoa/km ²)
La Paz	3.040	779.728	257
Palca	737	16.959	23
Mecapaca	511	16.324	32
Achocalla	182	22.594	124
El Alto	345	860.062	2.493
Viacha	849	81.668	96
Pucarani	930	29.040	31
Laja	691	24.975	36
Total	7.285	1.831.350	3.092

Fonte: INE (2017)

A continuação é descrita a região metropolitana do estado de La paz composta por oito municípios como ilustra a Figura 9:

Figura 9 – Mapa da Região Metropolitana do estado de La Paz

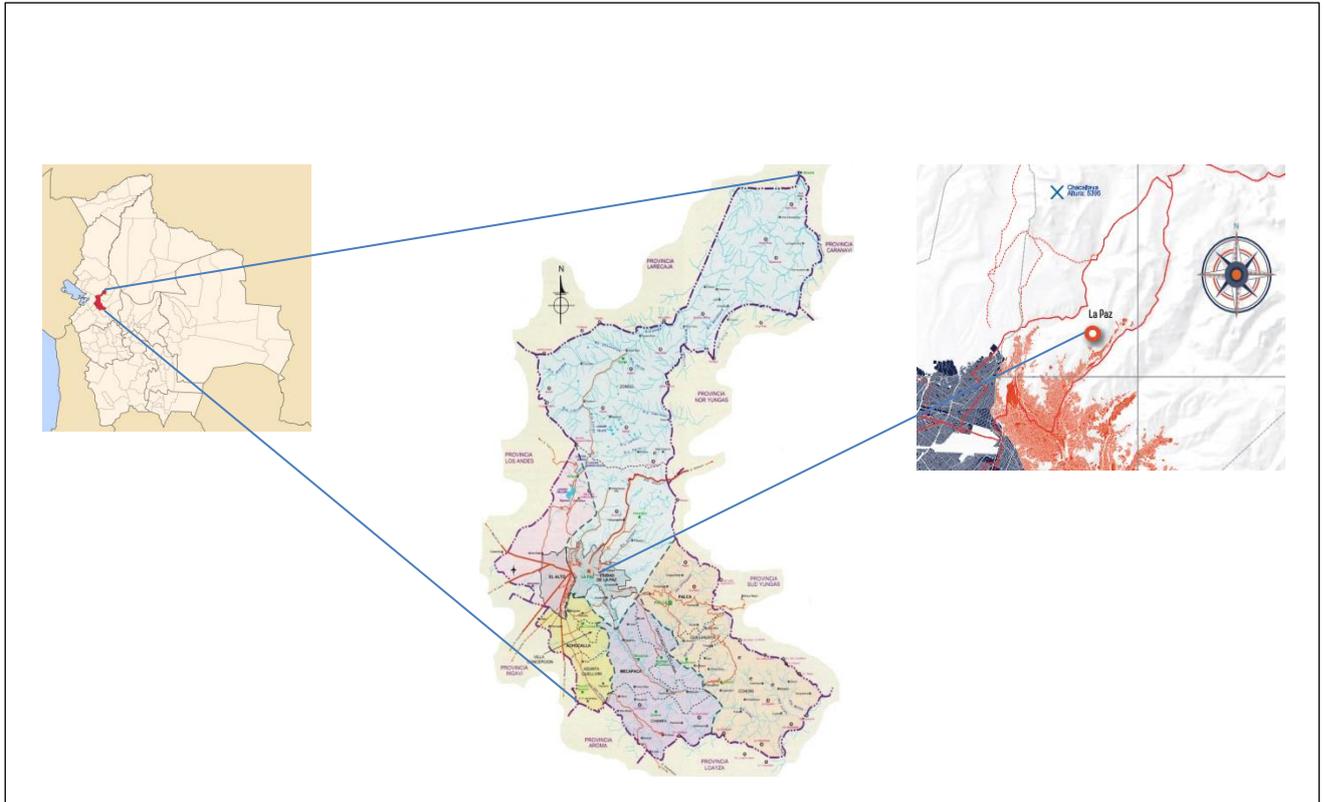


Fonte: GAMLP & UMSA (2017)

O município de La Paz, capital do estado que leva o mesmo nome, se encontra localizado na província Pedro Domingo Murillo, foi fundado em 20 de outubro de 1548 pelo governador Alonso de Mendoza com o nome de Nuestra Señora de La Paz em comemoração à paz estabelecida após a guerra civil entre conquistadores. Com uma altitude média de 3.625 m, 3.040 km² de extensão e 779.728 habitantes segundo o censo oficial (INE, 2012), La Paz é

a metrópole e a capital administrativa mais alta do mundo (GMLP, 2017). A Figura 10 exibe a divisão político-administrativa de dito região:

Figura 10 – Divisão político-administrativa da província Pedro Domingo Murillo.



Fonte: GMLP (2018)

O município abrange uma extensa área que faz fronteira ao Norte com o município de Teoponte (província Larecaja), ao Sul com Achocalla, Mecapaca e Palca, ao Este com Caranavi e Coroico (província Nor Yungas), e Yanacachi (província Sud Yungas), e finalmente ao Oeste com Guanay (província Larecaja), El Alto e Pucarani (província Los Andes) (GMLP, 2017).

Apresenta uma topografia peculiar, o acidente geográfico é um imenso buraco no altiplano (planalto) similar a um canyon, com vistas únicas e mirantes naturais. A Cordilheira Real (também chamada de Cordilheira de La Paz) é observável da própria cidade, destacando-se o imponente nevado Illimani (altitude média de 6.402 m.), símbolo da cidade desde a fundação.

O município está ligado por estradas de trânsito permanente, que comunicam a cidade com o interior e exterior do país, e por via aérea através do Aeroporto Internacional de El Alto, localizado na cidade vizinha do mesmo nome (GAMLPL, 2017). Também possui o sistema de transporte aéreo de cabos denominado “Mi teleférico”, considerado o mais alto e extenso do mundo, atualmente conta com sete linhas que comunicam a cidade com o município vizinho de El Alto, tem um sistema de transporte massivo que percorre a cidade por seis diferentes rotas. Desde 2012, é considerada uma cidade global e a partir do ano 2014, uma das sete novas cidades maravilha do mundo.

La Paz é a principal cidade da Bolívia e é sede do Poder Executivo e do Poder Legislativo, abriga o Palacio Quemado e o Palacio de la Asamblea Legislativa Plurinacional Além disso, é um importante centro da atividade política, administrativa, econômica e cultural do país. As representações diplomáticas e a presença de agências de cooperação internacional são outra característica que melhora sua condição metropolitana.

A sua atividade econômica é muito diversificada, especialmente no que diz respeito à prestação de serviços de pequenas e grandes empresas e comércio informal, concentra uma produção industrial significativa e é responsável por gerar 24% do Produto Interno Bruto – PIB *per capita* nominal do país, 26.208 Bolivianos – Bs. equivalente a US\$ 3.840 dólares. Possui um PIB nominal de 6.543 milhões e um PIB Paridade de Poder de Compra - PPC de \$US\$ 7.470 dólares (GAMLPL, 2017).

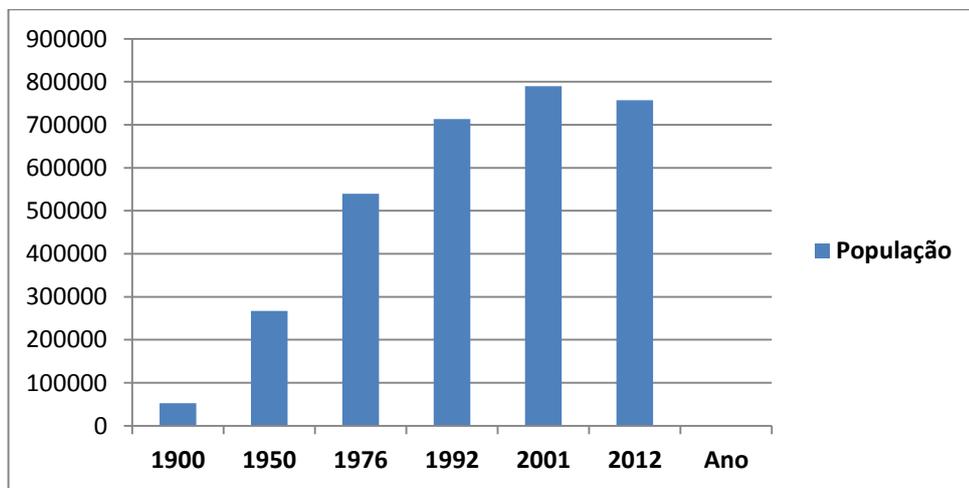
A cidade de La Paz é a capital com a maior população indígena da América do Sul, constituída principalmente por imigrantes aymaras, quéchuas e mestiços, 99,65% da população do município se concentra nesta cidade. Sua origem colonial pode ser apreciada em suas igrejas esculpidas em pedra e em suas antigas casas do centro histórico. Juntamente com esses monumentos arquitetônicos, apresenta uma imagem de modernidade, com seus inúmeros edifícios e estradas (GAMLPL, 2017).

Cidade de fortes contrastes sociais, La Paz combina a precariedade de suas enormes encostas com seus luxuosos bairros residenciais da zona sul. Devido à pressão demográfica, a falta de espaço físico para o crescimento e ao aumento do custo da terra, a expansão urbana

nas últimas duas décadas invadiu antigas áreas agrícolas e está se instalando nas encostas acidentadas.

Esta característica demográfica é uma peculiaridade da cidade, que atualmente enfrenta um decréscimo populacional, especialmente entre os anos 2001 a 2012. Essa situação está representada na Figura 11, que compila os dados do Censo de 2012 do Instituto Nacional de Estadística – INE (2017) e a informação disposta pelo atual Governo Autônomo Municipal de La Paz no Atlas Sociodemográfico (2006).

Figura 11 – População urbana do Município de La Paz



Fonte: A Autora (2018)

O cenário apresentado na Figura 11 corresponde ao resultado de um processo longo de perda de representatividade populacional. O período de crescimento significativo da cidade de La Paz, está compreendido entre os anos 1900 e 1950 com o fortalecimento da atividade comercial e mineira, nesse período foram consolidadas as funções administrativas, comerciais e políticas que colocaram à cidade, de maneira irrefutável, como a principal do país até a revolução de 1952 ocasionada pela crise do setor mineiro.

Embora exiba uma diminuição no índice de crescimento populacional, La Paz mostra-se como um perfil demográfico muito moderno, com indicadores significativos a respeito da população jovem, índice de dependência, taxa de fecundidade e analfabetismo. O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH de 0.827 do município é considerado muito alto, encontra-se no terceiro lugar no país, após Santa Cruz e Cochabamba (GAMLPA, 2017).

O município apresenta típicas variações sazonais, o clima oscila entre temperado e frio, com uma temperatura média anual de 14 °C, com verões chuvosos e invernos caracterizados pelo frio de montanha e predominância do clima seco. Tem uma precipitação média de 575 mm, as chuvas estão concentradas entre os meses de dezembro e abril, sendo janeiro o mês mais chuvoso do ano (GAML P, 2017).

A rede hidrográfica da RMLP pertence às bacias do rio Amazonas e Cerrada del Altiplano. La Paz está localizada em um vale às margens do rio Choqueyapu que atravessa a cidade de norte a sul, onde pequenos rios depositam suas águas ao longo do caminho do fluxo. O grau de contaminação deste rio é considerado muito alto devido à ausência de tratamento de águas residuais.

O abastecimento público de água no município vem de fontes superficiais principalmente que satisfazem 90% da demanda local da população urbana. A Prefeitura de La Paz e a Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento - EPSAS S.A., são responsáveis pela captação, condução, tratamento e armazenamento de recursos hídricos sujeitos à purificação para o fornecimento de água potável, e da rede de esgoto sanitário que coleta, trata e dispõe as águas residuais nos corpos receptores da metrópole.

No que se refere ao serviço de saúde, La Paz dispõe 67 centros de saúde de primeiro nível, sendo cinco hospitais de segundo nível e seis de terceiro nível. Desta maneira concentra a maior rede hospitalar do país. A infraestrutura educacional encontra-se distribuída no território, a grande maioria deles, pelo menos, oferece o nível primário. Em relação ao ensino superior, possui uma faculdade estadual a Universidad Mayor de San Andrés – UMSA, várias faculdades privadas como a Universidad Católica Boliviana San Pablo – UCB e outros centros acadêmicos.

3.2 ESCASSEZ DE ÁGUA

Segundo um estudo realizado pelo Instituto Boliviano de la Montaña - BMI (Bolivian Mountain Institute (2012), a Bolívia é um país particularmente sensível ao aquecimento global, a perda acelerada de suas geleiras, a seca dos principais lagos e aquíferos, são graves consequências ocasionadas pelas mudanças climáticas conforme indica o PNUD (UN WATER, 2013). Além disso, consideram-se sinais importantes de tendências desastrosas que

podem decorrer no surgimento de uma nova crise de desabastecimento hídrico (DIRK HOFFMANN, 2017).

De acordo com o estudo "El cambio Climático y la Crisis del Agua en La Paz y El Alto", do *Stockholm Environment Institute* - SEI (2013), bem como projeções de diferentes estudos sobre o impacto das mudanças climáticas, ressaltam que as bacias que fornecem água para El Alto e La Paz experimentarão um aumento de 2 °C na temperatura e uma possível redução da precipitação em 10% até 2050. Prevê-se uma possível redução total do fluxo de água entre 10,53% e 15,07% nas bacias de abastecimento Tuni e Milluni no período de 2011-2050.

O crescimento urbano acompanhado das mudanças climáticas e o recuo das geleiras constituem, em longo prazo, uma grande ameaça sobre os recursos hídricos disponíveis no sistema de abastecimento. A urbanização rápida e descontrolada faz com que fortes pressões sejam geradas no meio, a ausência de redes de drenagem e a construção em espaços fortemente afetados pela erosão provocam a instabilidade dos solos. A ausência de saneamento compromete a qualidade tanto dos solos quanto das águas subterrâneas. O aumento de habitantes e a diversificação geram um incremento importante no consumo de água.

Além das situações descritas, os problemas de escassez de água identificados na cidade também são atribuídos à má gestão das empresas encarregadas e carência de controle das instituições públicas, aquecimento global, deflorestação, desertificação, extrativismo excessivo, principalmente pela atividade mineira, com enorme consumo e poluição de água, interesses políticos, ausência de criação de novas fontes de abastecimento e captação de águas, desperdício e mau uso do recurso, deficiência de políticas de prevenção e alternativas de longo prazo que combatam a crise hídrica.

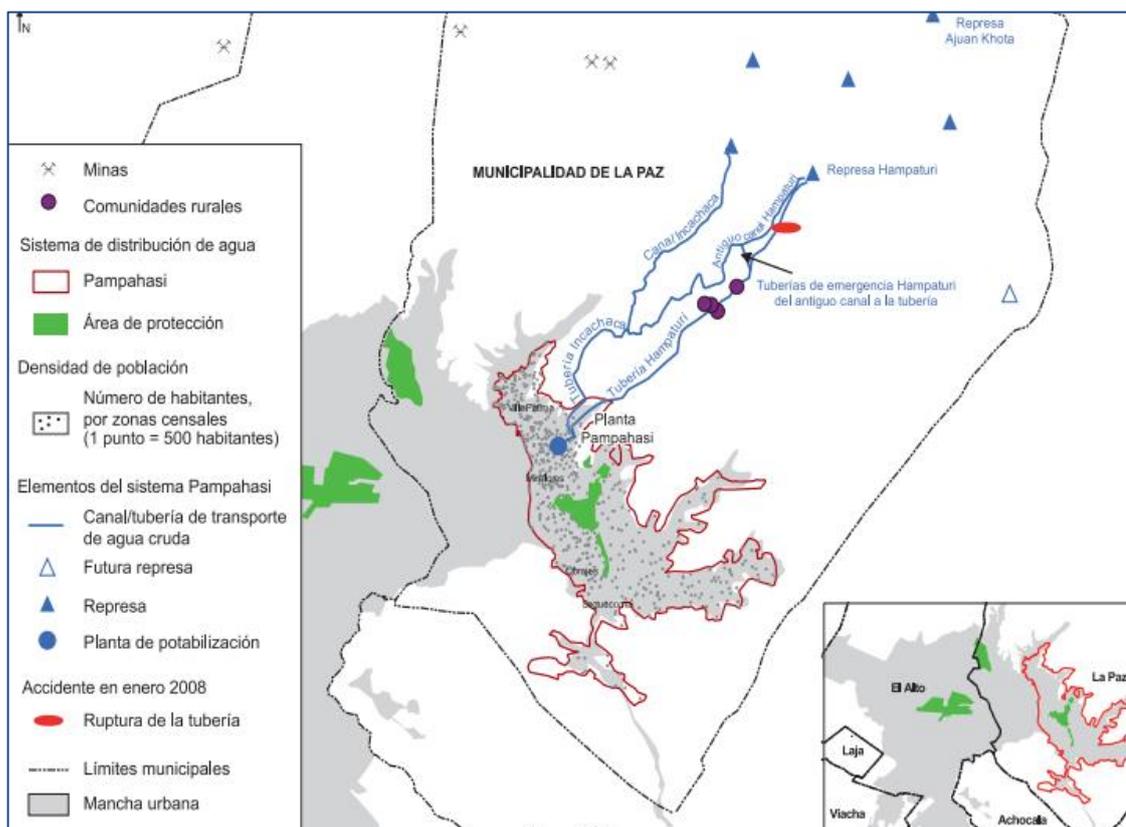
Embora os casos de falha na privatização nos serviços públicos sejam numerosos no mundo, na Bolívia são exemplares. Após a promulgação da Lei N° 2029/1997 sobre a água potável e saneamento, no ano 2000 logo após da concessão da gestão da água à Aguas del Tunari, no estado de Cochabamba, iniciou-se a primeira guerra pela reapropriação de recursos

naturais. Posteriormente, em 2005, movimentos sociais sacodem novamente o país, dessa vez no município de El Alto no estado de La Paz, (PÁGINASIETE, 2016).

Desta maneira, verifica-se que o problema de acesso ao recurso não depende somente da oferta disponível, o abastecimento depende da distribuição e do estabelecimento de uma adequada gestão (PNUD, 2011).

Em janeiro de 2008, a estação de tratamento de água localizada em Pampahasi, na área da represa de Hampaturi foi danificada por um deslizamento de terra. O dano foi causado pela excessiva chuva que possibilitou o sangramento das barragens e conseqüentemente a pressão da água favoreceu o rompimento das tubulações de distribuição, tal dano é ilustrado na Figura 12:

Figura 12 – Localização dos danos do sistema de abastecimento Hampaturi – Pampahasi



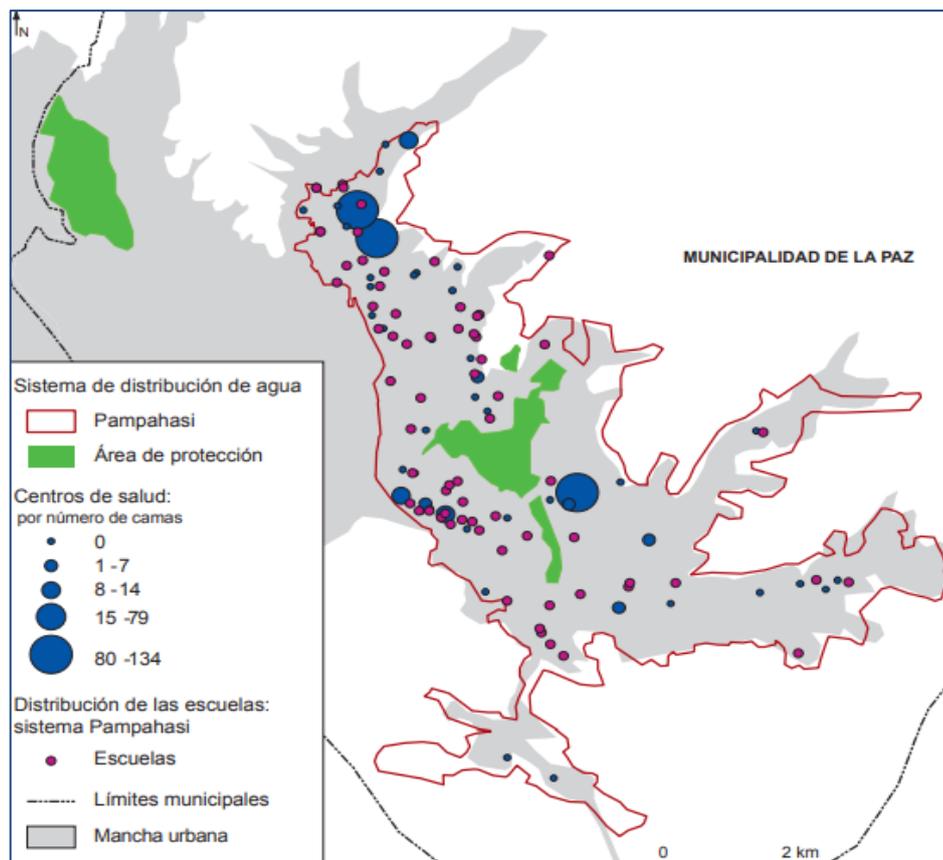
Fonte: Adaptado de HARDY (2009))

A estação de Pampahasi é alimentada pelos canais de Hampaturi e Incachaca, recebendo normalmente 400 l/s e 300 l/s, respectivamente. Após a danificação da rede de distribuição

em vez de 700 l/s recebia aproximadamente 300 l/s. Esta escassez de água potável na rede de distribuição gerou graves problemas de aprovisionamento de água em grande parte do sudeste da cidade de La Paz (HARDY, 2009).

Segundo Hoffmann (2011) o serviço foi restabelecido 19 dias após a ruptura atingindo um percentil de reestruturação do sistema em 85%. Nesse período longo de desabastecimento foram afetados pelo menos 272.000 habitantes, cerca 34% da população *paceña*. Segundo o censo (INE, 2001), 46 centros de saúde ficaram sem água suficiente para o atendimento e tratamento de pacientes, 25 empresas, cujo consumo diário de água varia entre 10.000 a 1.000.000 litros, foram obrigadas a reduzir sua atividade produtiva até 50%, todos os estabelecimentos educativos, tanto públicos como privados, suspenderam suas atividades por uma semana, o prejuízo consequencial é detalhado na Figura 13:

Figura 13 – Centros de saúde e escolas danificadas pelo desabastecimento Hampaturi – Pampahasi



Fonte: Adaptado de HARDY (2009)

A descrição do panorama de algumas das consequências da ruptura da canalização Hampaturi justifica que, o que poderia ser considerado à primeira vista como um acidente exclusivamente de competência da produção e distribuição de água potável do Município de La Paz, rapidamente se convertesse em uma crise que afetou uma grande parte da população e as atividades diárias. No entanto, apesar dos marcantes aspectos conjunturais esta crise originou-se nos fatores estruturais de vulnerabilidade deste Município (HARDY, 2009).

Oito anos depois, em 2016, Bolívia atravessou a maior crise de água dos últimos 25 anos. A escassez, dessa vez de maneira drástica e causada pela seca, resultou na diminuição do nível de água das represas que alimentam o município provocando o desabastecimento e em consequência o racionamento do recurso. Afetou aproximadamente 340.000 pessoas em mais de 100 bairros. O problema apenas foi solucionado com o novo período chuvoso.

O volume de água das represas alcançou níveis menores que 10%, somando a isso, a pressão alterada nas tubulações, devido à escassez, estourou cinco canais de distribuição pela falta de manutenção adequada, a incapacidade das operadoras da rede pública, mas principalmente, pelo envelhecimento do sistema que faz com que sejam perdidos até 60% de água potável.

A catástrofe foi declarada emergência nacional devido a que afetou à população inteira, principalmente aos centros de saúde, escolas, bairros da urbe e da periferia *paceña*. A crise derivou em um racionamento extremo de várias semanas, o plano de combate adotado foi o corte de serviços e abastecimento com cisternas para o atendimento dos bairros com maior necessidade. O cronograma de abastecimento divulgado outorgava o recurso pelo período de 3 horas a cada dois dias, (PÁGINASIETE, 2016).

O governo atribuiu o desastre às mudanças climáticas, que por sua vez certamente também são parte do problema. Ao considerar que a água é um recurso estratégico e limitado e a Bolívia é um país particularmente sensível ao aquecimento global, com a perda acelerada de suas geleiras e susceptível ao fenômeno do El Niño, além de ser uma região permeada de conflitos sociopolíticos, o problema de escassez de água na cidade de La Paz requer estudos aprofundados para o levantamento de alternativas para contornar o problema.

3.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As primeiras instalações do sistema público de abastecimento de água apareceram na cidade de La Paz no ano 1906. No começo, uma pequena rede de distribuição foi criada a partir de uma bacia hidrográfica que tinha como fonte Tacagua (GTZ, 1988). Progressivamente, foram construídos reservatórios e foram instaladas redes de distribuição isoladas, a partir da captação de águas subterrâneas nas encostas que fazem fronteira com o vale de La Paz.

O sistema de abastecimento público era composto por cinco pequenos sistemas isolados, dos quais, três eram pequenas redes, que abasteciam uma parte do centro da cidade, e as outras duas a zona sul. Naquele momento, não existia sistema de tratamento de água.

Em 1930, a *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* - GTZ (Cooperação Técnica Alemã, 1988), iniciou um plano de extensão para o sistema de abastecimento de água que previu principalmente a construção da primeira estação de tratamento de água potável na cidade: a estação de Achachicala. Posteriormente, a responsabilidade pelo fornecimento de água potável foi transferida para a Junta Impulsora de Saneamento, uma comissão pública municipal dedicada ao desenvolvimento urbano e ao saneamento.

Em 1966, dos 495.000 habitantes que tinha La Paz, apenas 17% tinha acesso à água potável fornecida pelo município, 10% da população tinha conexão domiciliar e 7% eram fornecidos por serviços públicos. Para melhorar o serviço de água potável da população, nessa mesma gestão foi criado o *Servicio Autónomo Municipal de Agua y Alcantarillado* - SAMAPA (Serviço Municipal Autônomo de Água Potável e Esgoto), uma empresa municipal descentralizada, responsável por serviços de água potável e saneamento urbano.

Em 1997 o serviço de água potável foi privatizado, após o fracasso de SAMAPA, principalmente causado pelo déficit da gestão que reside na cobrança insuficiente de custos, devido a uma política tarifária inapropriada, e no alto custo suplementar resultante de uma manutenção fraca, envelhecimento prematuro das instalações e uma má gestão dos recursos humanos. Por outro lado, SAMAPA não teve uma gestão transparente e apresentou vários problemas de corrupção (HARDY, 2009).

Como resultado de uma licitação pública, Aguas del Illimani S.A. - AISA S.A., obteve uma concessão de trinta anos sobre distribuição e gestão de água para os municípios de La Paz e El Alto. Em 2000, segundo os dados fornecidos pela nova empresa, a porcentagem da população conectada à rede hídrica tinha crescido em 97%. Um ano depois fracassou devido a não assinatura do contrato, não foi considerada a expansão urbana posterior, e foram aplicadas tarifas excessivamente altas, situação que levou o país à chamada segunda guerra da água. Em 2007, a empresa foi substituída pela EPSAS, atual encarregada da administração do sistema principal (PÁGINASIETE, 2016).

O vale de La Paz foi progressivamente acometido pela erosão regressiva, capturando cursos de água e córregos da Cordilheira Real. Atualmente é marcada por uma importante rede hidrográfica. O curso de água principal é o rio La Paz, resultante do fluxo de três cursos de água principais: o Choqueyapu ao Nordeste, o Orkojahuiria para o centro e o Irpavi para o Sudeste. A seguinte imagem por satélite expõe o subministro de água dos municípios de La Paz e El Alto na Figura 14:

Figura 14 – Geleiras e rios que subministram água às cidades de La Paz e El Alto



Fonte: Ramirez (2007))

O abastecimento de água da cidade *paceña* depende essencialmente do escoamento superficial da chuva e da água glacial oriundo das bacias de drenagem das montanhas circundantes. Porém, as geleiras andinas estão perdendo seu volume e uma aceleração deste fenômeno tem sido observada desde a década de 1980.

De acordo com os pesquisadores *Great Ice do Institut de Recherche pour le Développement - IRD* (Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento, 2009), as geleiras perderam em média de 0,5 a 1,5 metros de água por ano, valores de três a cinco vezes superiores às décadas anteriores (RAMIREZ, 2007). Portanto, o recuo das geleiras poderia, em poucos anos, causar sérios problemas, e o déficit dos recursos hídricos de origem glacial enfrentaria um acréscimo acentuado da procura de água dos centros urbanos e periurbanos onde a população está crescendo.

Segundo os dados do censo de população realizado em 2001, cerca de 92% da população urbana do município de La Paz tem acesso à água potável por canalização fornecida pelo sistema principal (INE, 2001). Existem outros subsistemas Achachicala e Pampahasi.

Em áreas que não têm acesso à água potável, por canalização através do sistema principal administrado pela EPSAS, existem modos de fornecimento alternativos. Assim, o abastecimento em alguns bairros é realizado mediante cisternas e/ou poços comunitários ou privados.

3.3.1 Caracterização do sistema Principal

O sistema principal de abastecimento de água da região exposto na Tabela 3, é bastante complexo, não distingue os limites das duas cidades, já que La Paz e El Alto constituíram o mesmo município até 1988. No entanto, três subsistemas são identificáveis, correspondendo à três zonas de abastecimento diferentes, Milluni-Achachicala, Hampaturi-Pampahasi e TuniCondoriri-Tilata-El Alto. A Tabela 3 distingue o sistema de abastecimento da região:

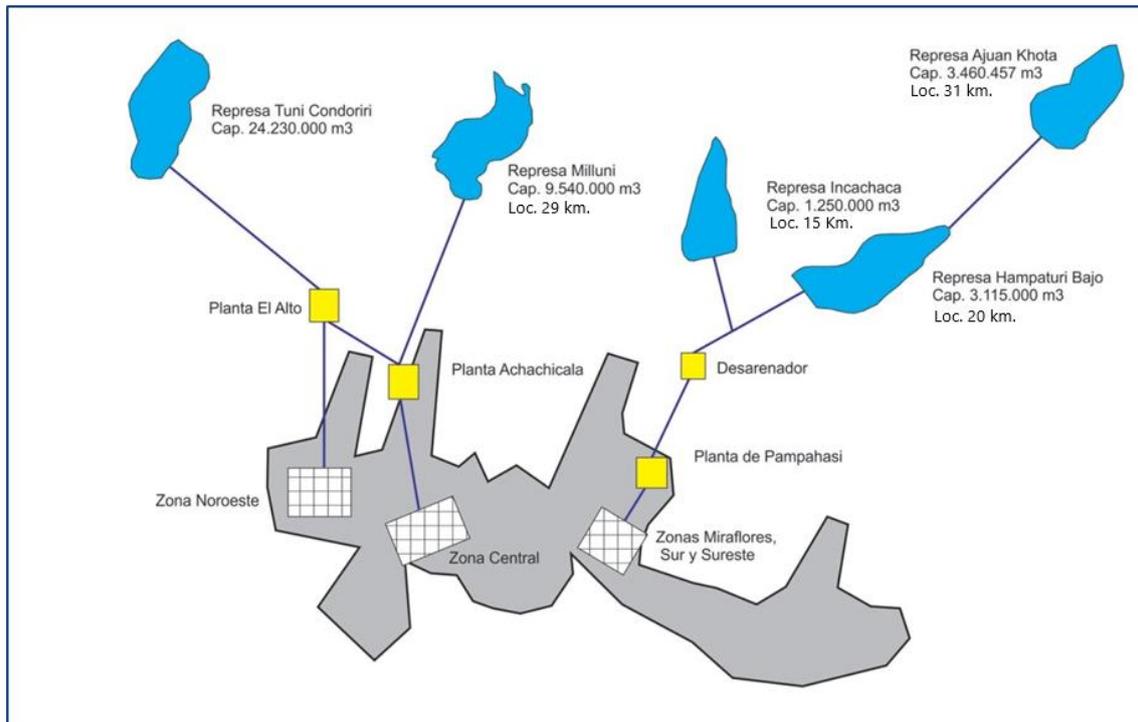
Tabela 3 – Serviço dos subsistemas de abastecimento de água potável do Município de La Paz

Sistema	Fonte	Estação de potabilização	Área coberta
Achachicala	Represa Milluni Rio Choqueyapu	Achachicala	Centro da cidade de La Paz
Pampahasi	Represa Incachaca Represa Hampaturi Represa Ajuankhota	Pampahasi	Bairro Miraflores Vertentes oriental Zona Sul da cidade de La Paz
El Alto	Represa Tuni Condoriri Rio Huayna Potosí	El Alto	Meseta de El Alto Vertiente (El Alto y La Paz)
Tilata	Poços de Tilata	Tilata	Meseta sudeste de El Alto

Fonte: Hardy (2009)

O sistema de abastecimento de água potável para a cidade de La Paz é constituído por três bacias hidrológicas. De norte a sul, as bacias Milluni, Hampaturi e Incachaca. A água coletada em cada uma das bacias de drenagem é conduzida a três usinas de tratamento. A estação de Achachicala recebe a água de Milluni e a estação de Pampahasi recebe água de Hampaturi e Incachaca (RAMIREZ *et al.*, 2007). Uma quarta estação de tratamento de água potável recebe água dos poços de Tilata localizado no Altiplano (HARDY, 2009). A Figura 15 ilustra o sistema de captação e distribuição do município:

Figura 15 – Esquema de captação e distribuição de água potável das cidades de La Paz e El Alto



Fonte: UMSA (2012)

O abastecimento de água potável resulta de três operações principais: a captação de água, o tratamento da água para torná-la potável e, finalmente, a distribuição ao consumidor através de uma rede de reservatórios e redes canalizadas.

Embora os canais que conectam os consumidores à rede de água apresentem fatores de vulnerabilidade (vazamentos, deterioração, etc.), a multiplicidade de conexões dentro da rede, permite através de transferências para o interior da rede de distribuição, garantir certa continuidade do serviço em caso de mau funcionamento.

3.3.1.1 Caracterização do subsistema de Achachicala

O subsistema Achachicala é o mais antigo dos três subsistemas administrados pela EPSAS. Com uma capacidade de 11.000.000 m³, atende ao centro da cidade *paceña*. É o subsistema de abastecimento de água de La Paz menos afetado por problemas de extensão de rede, e abastecem 195 mil habitantes do centro de La Paz que possuem uma média de consumo de 222 litros por dia. O sistema tem um bom desempenho nos cenários de mudança

climática, com uma confiabilidade entre 95,08% e 98,06%, e com uma falha entre dois e seis meses de duração máxima (HARDY, 2009).

De fato, dá cobertura ao centro do município densamente urbanizado e cercado pela zona sul e a zona chamada de "Laderas" (bairros periféricos situados nas encostas ao norte e a oeste da cidade), não apresentam nenhuma extensão possível. Este grupo, que inclui um grande número de prédios compostos de escritórios, é menos residencial do que outros, em consequência a demanda por água não aumenta.

Com respeito à captação, a água de escoamento pluviométrico coletada é armazenada em duas represas: Ajuankhota e Milluni. Este sistema também captura água de um curso de água do Rio Choqueyapu. A represa Ajuankhota é uma lagoa natural, suas águas são de origem pluvial e glacial e são de boa qualidade. O lago Milluni é artificial e a água da chuva é fortemente poluída por metais pesados devido à presença de atividade mineira (HOFFMANN, 2012).

Quanto ao Rio Choqueyapu, na estação chuvosa, o nível de turbidez da água é alto devido à forte erosão. Em média, 80% da água tratada na estação de Achachicala vem das represas de água de Milluni e Ajuankhota e 20% do Rio Choqueyapu. Estes dados podem variar sazonalmente. Na estação chuvosa, a contribuição do Rio Choqueyapu é mais importante.

Quanto às redes, são distinguidos dois ramos. O ramo principal liga as represas à estação de tratamento de água de Achachicala. A água de Ajuankhota é transportada por um canal de pedra e terra de 8.3 km de extensão até a entrada do canal de Milluni. Nesta localidade as águas de Milluni são capturadas e transportadas pelo do canal de Milluni para o reservatório Forebay (primeira bacia de decantação) (HOFFMANN, 2012).

No canal de Milluni, as águas das represas de Milluni e Ajuankhota são misturadas. Na estação chuvosa 30% da água dentro do canal de Milluni vem da água da lagoa Ajuankhota e 70% da represa de Milluni. Na estação seca, o abastecimento de água de Ajuankhota é reduzido até atingir um mínimo de 10%. A saída Milluni-Forebay é um canal a céu aberto feito de pedra e cimento de 13 km de extensão. Passa por um moinho de cal (a caldeira Milluni), onde é realizado um primeiro tratamento de água. Ao nível do reservatório de

Forebay, a água passa por uma primeira bacia de decantação antes de chegar à estação de purificação através de uma tubulação de aço chamada canalização Penstock.

O ramo secundário permite a transferência de água do Rio Choqueyapu para a estação de tratamento de Achachicala através de uma canalização de aço de 0,5 km de extensão. Entre Milluni e o moinho de cal, o *by pass* Milluni-Choqueyapu permite a derivação de água proveniente de Milluni e Ajuankhota até o Rio Choqueyapu. Isso permite controlar o caudal de ingresso das águas de Milluni, derivando o excedente em direção ao curso de água. Também é usado em casos disfuncionais ou em casos de trabalho de manutenção no encanamento Penstock.

3.3.1.2 Caracterização do subsistema de Pampahasi

O subsistema Pampahasi opera desde 1945, e tem capacidade de armazenamento de 4.218.077 m³. Está ligado ao bairro de Miraflores, à periferia oriental e ao sul de La Paz. Inversamente ao subsistema Achachicala, deve se adaptar a uma rápida extensão urbana, particularmente na zona sul. Com duas fontes de abastecimento diferentes, à primeira vista parece apresentar alternativas operacionais interessantes. A crise de fevereiro de 2008 destacou a vulnerabilidade deste sistema (HARDY, 2009).

Conforme Hoffmann (2012), o sistema Pampahasi abastece aproximadamente 300.000 habitantes da cidade de La Paz, que consomem 142 l/p/d. Suas três fontes são os reservatórios de Incachaca, Hampaturi e Ajuankhota. Os sistemas Pampahasi e Achachicala atualmente não têm problemas de abastecimento de água e não preveem um aumento significativo da demanda. No entanto, com a mudança climática, a redução dos fluxos pode atingir até 25% e a confiabilidade do sistema até o ano 2030 pode variar entre 56,56% e 85,25%, enquanto a duração máxima da falha seria entre quatro e oito meses. A provável criação de um novo sistema de água em Chuquiaguillo poderia reduzir sua vulnerabilidade e aumentar a sua capacidade de resistência.

A produção de água é realizada a partir das águas do escoamento superficial da água da chuva e das contribuições secundárias das geleiras do vale de Zongo. Para a captura de água, são exploradas duas sub-bacias de drenagem: Incachaca e Hampaturi.

Dentro da bacia de drenagem de Incachacha, são utilizadas três represas de água: Estrellani, Kinquillosa e Incachaca. As barragens de Estrellani e Kinquillosa são lagoas naturais que contribuem para a alimentação da represa de Incachaca. O abastecimento de água desta bacia de drenagem representa cerca de 25% do abastecimento de água potável da área comunicada pelo subsistema Pampahasi.

Dentro da bacia de drenagem de Hampaturi, são exploradas duas represas de cima para baixo: Ajuankhota e Hampaturi. A água de Ajuankhota flui naturalmente até a represa de Hampaturi. A água desta bacia de drenagem, mais rica do que a bacia de drenagem Incachaca, representa cerca de 75% do abastecimento (HARDY, 2009).

3.4 SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA A GERAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Com o propósito de melhorar o provisionamento dos recursos hídricos, combater a escassez e garantir a cobertura da demanda do consumo, mitigando possíveis interrupções são elencadas propostas de soluções alternativas identificadas a partir de uma análise de elementos que podem influenciar o funcionamento do sistema de abastecimento. Entre os principais destacam-se:

- Vulnerabilidades externas como ameaças naturais, movimentos sociais, deslizamentos de terreno, secas, dependência de produtos químicos, *etc.*;
- Vulnerabilidades intrínsecas que dependem diretamente do maquinário e aparelhos da empresa;
- Capacidade de controle;
- Nível de preparação em situação de crise;
- Alternativas de funcionamento.

É oportuno considerar ações que preconizam o uso da água de maneira mais eficiente, visto que se trata de um bem indispensável para o bom funcionamento de centros de saúde, estabelecimentos educativos, plantas industriais, entre outros elementos essenciais que compõem a cidade. A gestão da demanda e as estratégias para reduzir o consumo total e unitário de água são componentes chaves para a adaptação às mudanças climáticas, isto envolve:

- Minimização nas perdas de água devido a vazamentos em tubulações ou conexões ilegais;
- Redução no consumo individual e comunitário de água;
- Reutilização de águas residuais;
- Reenquadramento das tarifas de água;
- Investimento na infraestrutura;
- Construção de uma nova estação de tratamento de esgoto;
- Construção de uma nova represa;
- Construção de áreas florestais em Auquisamaña e Pura Pura;
- Uso e desenvolvimento de energias renováveis.

As estratégias descritas estão em discussão na cidade de La Paz, cada uma delas tem consequências para o planejamento urbano e a melhoria do desenvolvimento. Reduzir as perdas de água e a reciclagem de águas residuais podem, se totalmente implementadas, satisfazer a futura demanda de água até 2050, mas a dificuldade de sua implementação sugere que essas opções irão desempenhar um papel parcial ou menor em relação à extensão da infraestrutura do abastecimento de água.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O objetivo deste capítulo foi descrever a situação atual dos recursos hídricos do município de La Paz, escolhido como região de estudo desta pesquisa. A cidade, capital do estado de La Paz, conserva um legado colonial, histórico e cultural que faz da cidade um atrativo destino turístico. Os seus centros de ensino superior e saúde, a concentração de meios de comunicação social, organizações privadas de desenvolvimento e centros turísticos geram intensas dinâmicas sociais e econômicas.

Observou-se que a cidade de La Paz enfrenta sérios problemas de escassez de recursos hídricos atribuídos a diversos conflitos sociopolíticos, administrativos, e naturais entre outros. Também mostrou várias dificuldades em relação aos sistemas de abastecimento e distribuição, dado que as taxas de perdas são muito elevadas com índices que atingem aproximadamente 60%. Além disso, os indicadores de consumo alcançam os 140 a 230 l/p/d, dado que

ultrapassa o consumo estabelecido pelo PNUD em 2006. Tais fatos repercutem em prejuízos à companhia, à sociedade e ao meio ambiente.

Percebe-se assim, a necessidade de elaboração de um procedimento que possibilite a participação de diferentes atores representantes de diversas instituições correspondentes a vários setores, com distintas visões no processo de gestão de recursos hídricos. O capítulo seguinte descreverá o modelo proposto para auxiliar no combate à escassez de água na cidade de La Paz, através de uma abordagem de estruturação de problemas.

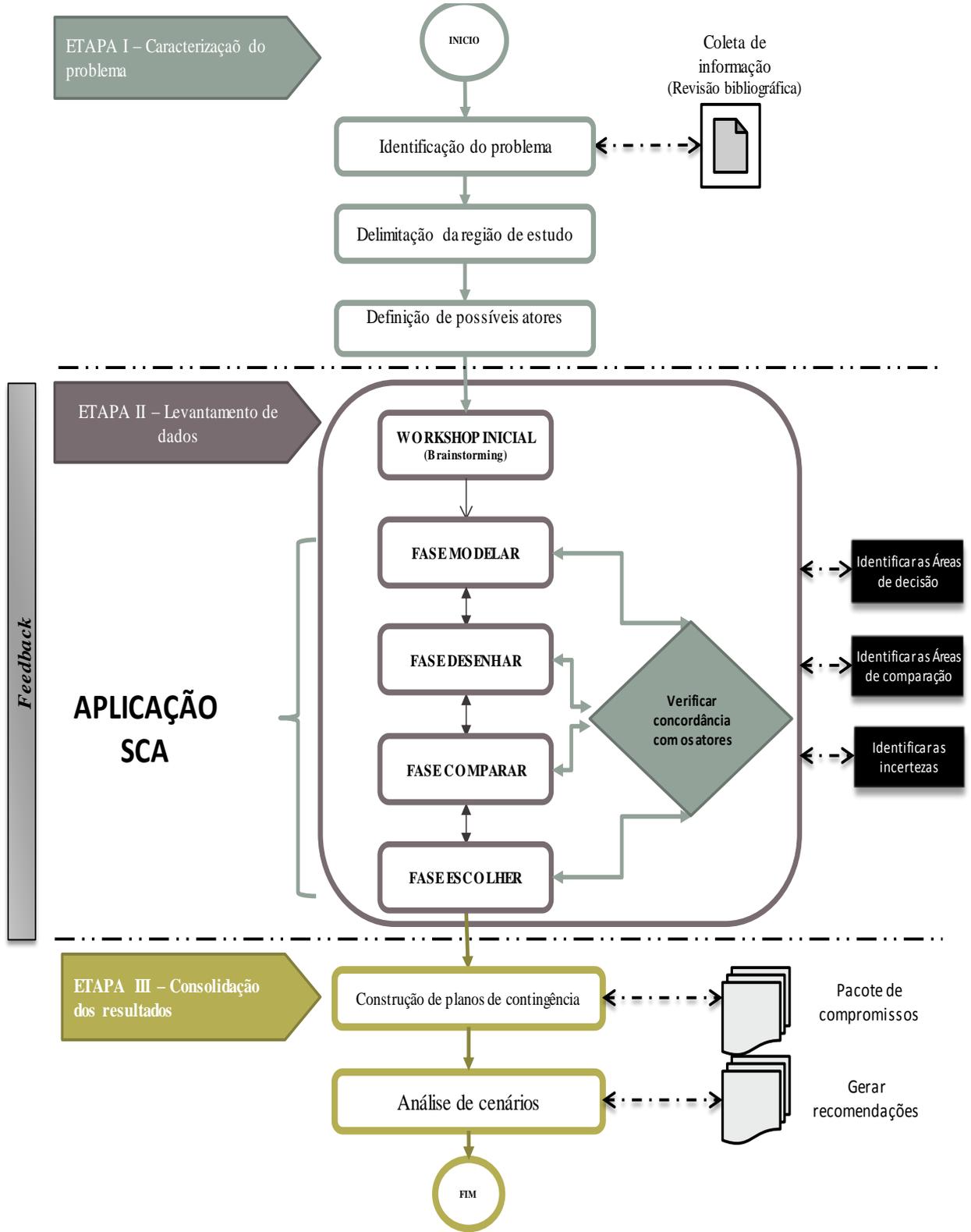
4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

A fim de auxiliar o processo de decisão para o combate à escassez de água, propõe-se um modelo, baseado no SCA, que enfatiza a criatividade de cada participante envolvido no processo, em relação às estratégias que poderiam ser implantadas, levando em consideração a sua importância e urgência de execução, bem como as incertezas que caracterizam o problema. Esta proposta baseia-se no conhecimento, na experiência, e nas preferências de cada decisor, possibilitando decisões estratégicas que permitam melhorar a eficiência, garantir o abastecimento de água e melhorar o bem-estar e a qualidade de vida da população *paceña*.

4.1 DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO

O modelo proposto é composto por três etapas, cada uma das quais abrange atividades que devem ser realizadas de maneira sequencial, sempre verificando a concordância entre os participantes. O esquema do modelo está disposto na Figura 16:

Figura 16 – Fluxo do modelo proposto



Fonte: A Autora (2018)

A caracterização do problema, primeira etapa do modelo, consiste na coleta de informações, realizada através de uma ampla revisão bibliográfica, a qual permite a identificação do problema, a delimitação da região de estudo e possibilita a respectiva demarcação da área que será abordada. Posteriormente, realiza-se a definição dos possíveis atores envolvidos no processo de tomada de decisão.

A segunda etapa corresponde ao levantamento de dados, onde é requerida a interação coletiva dos participantes para o nivelamento de informação e o entendimento dos propósitos relacionados às temáticas a serem tratadas. Através do *workshop* inicial, caracterizado por uma dinâmica de grupo conhecida como *brainstorming*, pretende-se criar um ambiente criativo para a geração de alternativas, de acordo com os objetivos dos decisores.

Posteriormente, será aplicado o SCA, composto por quatro fases cíclicas e interativas. Esse método auxilia na identificação de três elementos-chave de análise: as áreas de decisão e suas respectivas opções; as áreas de comparação ou aspectos de julgamento; e, os fatores geradores de dificuldade conhecidos como incertezas. A sua aplicação possibilita realizar uma avaliação minuciosa dos cenários e suas respectivas características através de um debate aberto que constantemente verifica a concordância entre os participantes.

Por fim, serão construídos os planos de contingência de possíveis alternativas de solução a curto e/ou longo prazo. Também serão realizadas análises dos cenários com o intuito de avaliar os resultados obtidos e em consequência, consolidar as recomendações de melhoras ou possíveis soluções.

O modelo admite flexibilidade no processo através da incorporação de setas mútuas que indicam sequência e interatividade entre as fases, permitindo desta maneira a revisão nas etapas, sempre que for necessário, além do *feedback* fornecido no decorrer da etapa II, que possibilita o retorno às atividades anteriores reciclando a informação passada em caso de requerer alguns ajustes.

Ressalta-se a importância do modelo proposto, dado que não foi encontrado na literatura um processo similar para o delineamento completo das características do problema que aplicasse o SCA para a identificação de alternativas de combate à escassez de água no

município de La Paz – Bolívia. A seguir as etapas e atividades que compõem o modelo são descritas detalhadamente.

4.1.1 Etapa I: Caracterização do problema

A fase inicial do processo corresponde a uma revisão da literatura para coleta de informação necessária e a obtenção de elementos relevantes para caracterizar o problema. Este propósito será atingido através dos seguintes passos: identificação do problema, delimitação da região de estudo e definição dos possíveis atores que participarão deste processo.

4.1.1.1 Identificação do problema – coleta de informação

Deve ser realizada a identificação dos aspectos relevantes que caracterizam a situação e contextualização do problema. Neste caso, foi detectado o problema de escassez de água no município de La Paz, ou também chamado de cidade metropolitana de La Paz, pertencente ao estado do mesmo nome, localizado na Bolívia.

Para tal efeito, buscou-se essencialmente uma coleta de informações que teve como fontes: a literatura, parâmetros e bases de dados fornecidas tanto pelo domínio público (Governo Autônomo Municipal de La Paz – GAMLP; Ministério de Medio Ambiente y Agua – MMAyA; Empresa Pública de Água e Saneamento – EPSAS S.A.; o Instituto Nacional de Estadística – INE; a Universidad Mayor de San Andrés – UMSA; o Instituto Boliviano de la Montaña - BMI; o Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento – IRD; a Cooperação Técnica Alemã – GTZ), quanto do privado: as Organizações Internacionais, entre outros.

Deste modo, foi possível ter um panorama real do contexto do problema. Os principais fatores identificados que induzem à escassez de água no Município de La Paz são: a evaporação maior do que as precipitações causadas pela altitude de 3.600 m, mudanças climáticas que contribuem com a seca dos reservatórios mais importantes e o derretimento das geleiras, quebra das tubulações pela ausência de manutenção, envelhecimento e falta de pressão de água, cultura de uso excessivo do recurso, e por fim, a ausência de programas preventivos que visem à proteção do meio ambiente. Em consequência, permitir-se-á a obtenção de soluções viáveis.

4.1.1.2 Delimitação da região de estudo

Representa a caracterização do espaço a ser estudado, com a observação dos parâmetros e dados atualizados, os quais permitirão definir o limite de abrangência e os aspectos que serão tratados. Neste caso, foi possível entender o gerenciamento de recursos hídricos, compreender o funcionamento dos sistemas de captação, tratamento e distribuição de água, e o comportamento socioambiental do município de La Paz.

Desta maneira foram detectados os fatores que influenciam e provocam a crise hídrica, e observado, de maneira evolutiva, o surgimento do desabastecimento e escassez de água. Foi possível ressaltar as vulnerabilidades inerentes do território, analisar as políticas tarifárias aplicadas, constatar a cultura inapropriada de uso do recurso e evidenciar as taxas de perdas tanto no sistema de distribuição quanto no sistema de captação afetado pela mudança climática e a gestão ineficiente.

Os dados coletados compreendem os seguintes atributos:

- Aquisição de conhecimento preliminar que possibilite a diferenciação e caracterização dos sistemas e subsistemas de abastecimento de água potável da região;
- Definição das áreas territoriais a serem abordadas que permita o mapeamento de unidades de captação, tratamento e distribuição de água potável na cidade de La Paz;
- Compreensão do processo atual da gestão dos recursos hídricos e tomada de decisão, que envolvem a disponibilidade de insumos materiais e do capital humano;
- Cognição da implantação das alternativas atuais geradas, a partir da avaliação de elementos, com o intuito de melhorar o funcionamento dos sistemas de abastecimento e combater a escassez de água.

A interpretação e o agrupamento dos aspectos detalhados anteriormente permitem obter um panorama real e atualizado da situação abordada de maneira geral, ditos dados podem ser acrescentados, modificados, ou atualizados caso seja necessário.

4.1.1.3 Definição de possíveis atores

A definição dos participantes envolvidos e a delimitação do papel que irão cumprir dentro do processo de decisão, se faz necessária nesta fase, devido à influência que possam

exercer conforme o interesse que os caracterizam ou a instituição que representam. Desta maneira, pode ser esclarecido o tipo de participação de cada um deles, podendo ser de contribuição direta (pessoal), ou através da representação de um intermediário ou cliente (contribuição indireta) (DE ALMEIDA, 2012).

Os decisores, também chamados de participantes ou agentes, obtêm destaque pelo poder que possuem dentro de um processo decisório. A maioria das vezes, aparecem divergências no momento do estabelecimento de seus objetivos e preferências, de acordo com os sistemas de valores individuais (ROY, 1996).

Além dos decisores, a abordagem proposta necessita da presença de um facilitador, que tem a função de auxiliar o processo, propiciando aprendizado progressivo sem impor seus próprios valores. Cabe destacar que a disponibilidade de interação entre os envolvidos e um ambiente colaborativo contribui com a viabilidade da abordagem.

Para o problema em questão, foram considerados cinco participantes a partir da relação que possuem com o contexto analisado. Igualmente considera-se a experiência, o conhecimento, habilidades e atitudes conhecidas como capital humano, de cada um deles, e o tipo de participação que desenvolverão dentro do processo decisório. Dessa forma identificam-se:

- Engenheiro Geógrafo, representante do centro de investigações da UMSA;
- Representante da comunidade local, morador da região estudada;
- Especialista em gestão ambiental, representante de EPSAS S.A.;
- Gestor público de recursos hídricos, funcionário público representante do MMAyA;
- Facilitador, encarregado de orientar o processo em sua totalidade.

O planejamento das atividades que serão desenvolvidas no *Workshop* inicial deverá ser previamente acordado com todos os decisores participantes do processo. É necessário confirmar a participação deles através de contatos precedentes, via correio eletrônico e entrevista pessoal, onde serão esclarecidos alguns detalhes sobre o contexto do problema e o que se pretende atingir com a aplicação do modelo.

Cabe ressaltar que nesta etapa, o contato pessoal realizado nas entrevistas individuais é de caráter meramente introdutório e tem como objetivo informar e confirmar a participação dos agentes dentro do processo decisório.

4.1.2 Etapa II: Levantamento de dados

A característica principal desta etapa é a identificação de três elementos-chave de análise: as áreas de decisão, áreas de comparação e áreas de incertezas. Este conjunto de conceitos fundamentais, abrangem em sua totalidade o desenvolvimento estrutural do problema.

Em primeira instância será realizado um *Workshop*, atividade em grupo que tem como objetivo principal o entendimento do contexto atual do problema. Os aspectos relacionados à importância, à urgência e aos possíveis conflitos que podem influenciar o surgimento de soluções, são conceitos considerados na reunião interativa entre os decisores e o facilitador, e como resultado gerarão, em concordância, uma lista definida de itens que servirá como base sólida (entradas) no processo de avaliação.

Posteriormente, é realizada a avaliação de cenários mediante a aplicação das quatro fases que compõem o SCA, o que admitirá realizar comparações interativas dos esquemas alternativos de decisão trazendo à tona as principais incertezas. Isto permitirá que o grupo priorize as áreas de compromisso, projete ações e gere planos de contingência.

4.1.2.1 *Workshop* inicial

O *workshop* inicial é o momento para o encontro entre os decisores, onde sugere-se que o facilitador utilize a técnica de *Brainstorming*, a fim de estimular a geração de ideias. Esta técnica explora a criatividade dos decisores, de maneira individual ou em grupo, promove a criação e facilita o encontro de soluções (KELLEY & LITTMAN, 2001). A técnica utilizada durante o *workshop* permite pensar em cooperação uns com os outros e obter um ganho conjunto significativo ao transformar as ideias que surgem em possíveis soluções.

Para a organização do *workshop* inicial considerou-se um local apropriado, espaçoso e confortável de maneira a acolher os participantes para que possam desenvolver as atividades pertinentes durante a evolução, consideram-se de extrema importância as instalações, a

acústica e a disponibilidade de material completo e útil, desta forma vai facilitar o sucesso na organização do evento.

A técnica incorporada permite pensar em cooperação uns com os outros, embora de maneira individual, e obter um ganho conjunto ao transformar as ideias em possíveis soluções, a partir dessas transformações, foram identificadas as oportunidades de decisão e criadas as alternativas para a futura avaliação.

Conforme a entrevista individual realizada, como consequência do contato inicial com cada um dos decisores, foram expostos alguns detalhes sobre as características do contexto do problema e o objetivo da aplicação do modelo com o propósito de nivelar as informações, desta maneira gerou-se conhecimento progressivamente e permitiu-se a concordância entre os participantes nas fases seguintes e suas respectivas decisões.

4.1.2.2 Aplicação do SCA – Avaliação de cenários

Como consequência do nivelamento de informação e o entendimento adequado do problema, esta seção apresenta a execução das quatro fases que compõem a abordagem de escolha estratégica - SCA.

Esse estágio é caracterizado pela verificação de concordância entre os participantes envolvidos que surge na conclusão de cada fase, o que permite maior equidade no percurso interativo entre elas, flexibilidade na sequência de avaliação e adaptabilidade no processo de escolha estratégica.

- **Fase Modelar (*Shapping mode*)**, nesta primeira fase foram providos os elementos fundamentais para a decisão do foco da problemática e definidas as implicações de vários aspectos, de maneira a descrever e rotular as oportunidades e os diferentes cursos de ação.

Conforme foram surgindo as diferentes visões dos agentes envolvidos, se identificaram sete áreas de decisão baseadas nas seguintes temáticas relacionadas à escassez de água e a melhor qualidade de vida no município, sendo:

- Impacto das pressões globais externas e mudanças climáticas a respeito das vulnerabilidades inerentes ao território;

- Proporção da população afetada;
- Riscos de interferência na captação e distribuição de água e seus respectivos níveis de perda física;
- Conflitos econômicos, políticos e sociais em razão da crise hídrica;
- Escalonamento tarifário relacionado à cultura e a categoria de consumo, e finalmente;
- Avaliação do comportamento e transformação demográfica.

A Tabela 4 expõe a definição das áreas de decisão identificadas na fase inicial as quais são representadas pelos rótulos correspondentes, tais áreas encontram-se baseadas nas temáticas descritas anteriormente:

Tabela 4 – Definição das áreas de decisão (Fase Modelar)

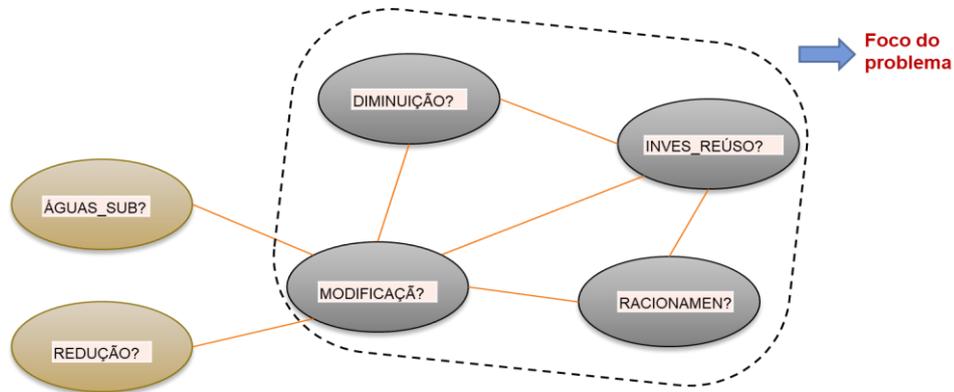
ÁREAS DE DECISÃO	RÓTULO
1. Racionamento hídrico sazonal (MUELLER, 2016).	RACIONAMEN?
2. Investimento na exploração de águas subterrâneas (HARDY, 2013).	ÁGUAS_SUB?
3. Diminuição dos impactos da atividade agrícola (HOFFMANN, 2013).	DIMINUIÇÃO?
4. Investimento no reuso de água (MIERZWA, 2005).	INVEST_REUSO?
5. Modificação tarifária (WESTLER, 2003).	MODIFICAÇÃO?
6. Redução de perdas (MIRANDA, 2006).	REDUÇÃO?
7. Investimento na rede de distribuição (HARDY, 2009).	DISTRIBUIÇÃO?

Fonte: A Autora (2018)

Com o propósito de explicitar a Tabela 4 elaborou-se o mapeamento das áreas e vínculos de decisão no gráfico de decisão para representar a seleção do espaço-problema (foco do problema), contido de três ou quatro áreas de decisão para efeitos de acuracidade na análise do primeiro cenário (**Cenário 1**) a ser avaliado, cabe destacar que foram consideradas quatro áreas de decisão nesta definição, as quais encontram-se motivadas na importância, a urgência e a relevância dos vínculos de decisão.

Tal espaço é composto das áreas: racionamento hídrico sazonal **RACIONAMEN?**, modificação tarifária **MODIFICAÇÃO?**, diminuição dos impactos da atividade agrícola **DIMINUIÇÃO?** e investimento no reuso de água **INVES_REUSO?** conforme ilustrado na Figura 17.

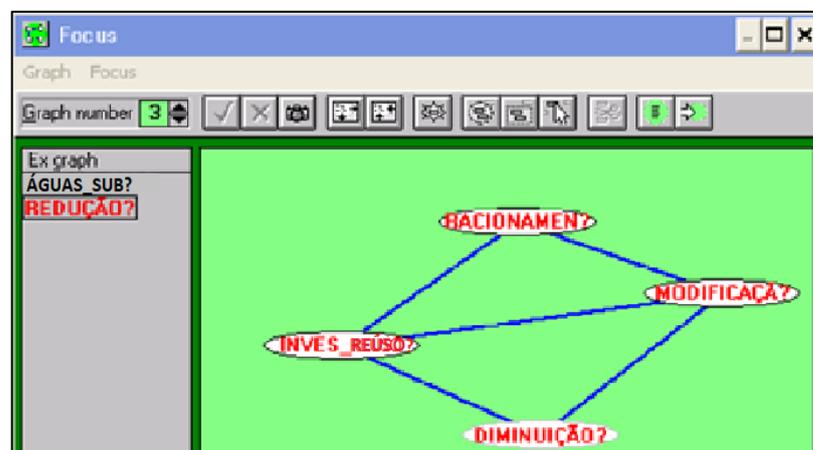
Figura 17 – Gráfico de decisão (Fase Modelar)



Fonte: A Autora, 2018.

A Figura 18 ilustra a forma como o *software* STRAD 2.3 permite visualizar o foco do problema a ser avaliado.

Figura 18 – Foco do problema, no STRAD, (Fase Modelar)



Fonte: A Autora (2018)

O estabelecimento das opções para cada área de decisão dará continuidade à finalização da primeira fase e iniciará a fase projetar do processo de avaliação de alternativas, estas ações podem ser consideradas agora ou no futuro desde que exista uma verificação previa de mutua independência.

- **Fase Projetar (*Designing mode*)**, correspondendo à segunda fase do SCA, foi gerado um conjunto rico e gerenciável de soluções aceitáveis levando em consideração incertezas, permitindo estabelecer em concordância com os participantes os possíveis cursos de ação (opções de decisão) preferencialmente independentes.

O *software* STRAD 2.3 forneceu um suporte gráfico principal nesta segunda fase, permitindo melhor visualização e maior entendimento, devido a que:

- ✓ É utilizado para o desenho esquemático devido à dificuldade que apresenta o trabalho manual ligado ao risco do erro humano;
- ✓ Possibilita uma visualização semelhante e organizada, nele o esquema de decisão é chamado de **Janela de Esquemas** e;
- ✓ Permite fazer uma **análise comparativa** das possibilidades de escolha.

A Tabela 5 detalha os cursos de ação representados pelos respectivos rótulos, definidos em concordância pelos decisores:

Tabela 5 – Definição dos cursos de ação (Fase Projetar)

ÁREAS DE DECISÃO	CURSOS DE AÇÃO	RÓTULO
RÓTULOS	OPÇÕES	
RACIONAMEN?	_Precipitação	_PRECIPI
	_Desertificação	_DESERTI
ÁGUAS_SUB?	_Recarga gerenciada de aquíferos	_RECARGA
	_Poços tubulares profundos	_POÇOS
DIMINUIÇÃO?	_Sul	_SUL
	_Norte	_NORTE
	_Este	_ESTE
INVEST_REUSO?	_Reuso potável direto	_DIRETO
	_Reuso potável indireto	_INDIRETO
	_Reuso não potável	_NÃO_POTÁVEL
MODIFICAÇÃO?	_Comercial	_COMERCIAL
	_Doméstico	_DOMÉSTICO
	_Industrial	_INDUSTRIAL
REDUÇÃO?	_Telemetria	_TELEMETRÍA
	_Águas inteligentes	_ÁGUAS_INT
	_Medidores de vazão	_MEDIDORES
DISTRIBUIÇÃO?	_Tubulações	_TUBULAÇÃO
	_Rede estratégica	_REDE_EST
	_Monitoramento	_MONITOR

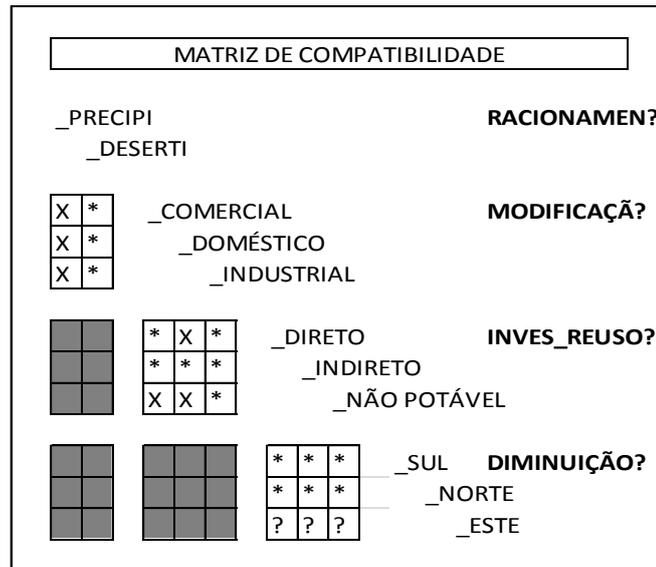
Fonte: A Autora (2018)

A matriz de compatibilidade obtida para as quatro áreas de decisão definidas reflete a exploração de compatibilidade e incompatibilidade entre os pares de opções, definidos pelos participantes, na qual:

- * Representa uma combinação compatível;
- X é uma combinação incompatível (opção objetada) e;
- ? corresponde a uma compatibilidade duvidosa.

O tratamento do foco do problema na primeira fase Modelar é ilustrado na Figura 19.

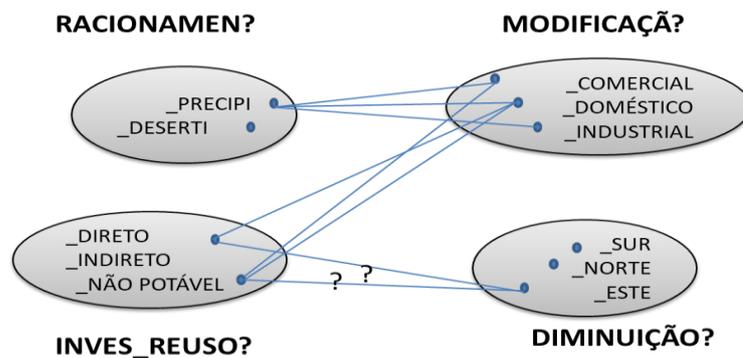
Figura 19 – Matriz de compatibilidades (Fase Projetar)



Fonte: A Autora (2018)

Uma visão aproximada das opções incompatíveis, por serem menor do que as opções compatíveis, é projetada no gráfico de opções para melhor interpretação, dito esquema é apresentado na Figura 20.

Figura 20 – Gráfico de opções (Fase Projetar)

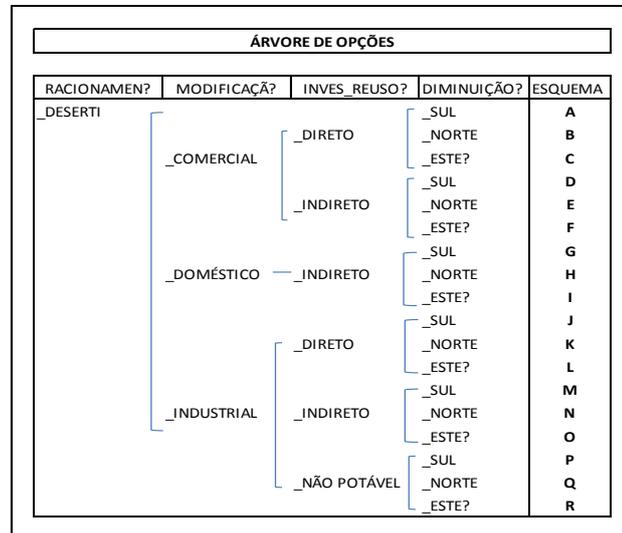


Fonte: A Autora (2018)

Os esquemas de decisão de possíveis soluções são apresentados na árvore de opções, tais esquemas podem ser numerados ou sinalizados com letras como A, B, C, etc. A Figura

21, ilustra nesta árvore a opção de decisão “Desertificação”. É importante ressaltar que foram excluídas as opções segundo as barras de incompatibilidade que as precedem:

Figura 21 – Árvore de opções (Fase Projetar)



Fonte: A Autora (2018)

- **Fase Comparar (*Comparing mode*)**, correspondendo à terceira fase do SCA, neste passo trataram-se as consequências dos diferentes cursos de ação, comparando-os entre si, respeitando dos critérios imaginando as decorrências, efeitos e implicações.

Embora algumas comparações possam ser feitas de maneira intuitiva, o termo critério sugere a introdução de uma escala linear, neste caso foi considerada uma escala de quatro elementos: marginal (representa uma diferença mínima), significativo, considerável e extremo (representa uma diferença máxima), que permitem mensurar as **diferenças de desempenho** (performance) onde são expostos incertezas e juízos de valor que surgem quando são analisadas a magnitude das consequências.

Conforme o debate realizado entre os participantes do processo decisório, foram estabelecidas em concordância as seguintes áreas de comparação mostradas na Tabela 6:

Tabela 6 – Definição das áreas de comparação (Fase Comparar)

ÁREAS DE COMPARAÇÃO	RÓTULO
Diferenças do capital desembolsado para investimento	CAPITAL:
Diferenças no fluxo de caixa da renda para EPSAS	RENDA:
Diferenças na quantidade de habitantes beneficiados	BENEFICIAD:
Diferenças na qualidade de água para a população	QUALIDADE:
Diferenças na quantidade de água para a população	QUANTIDADE:

Fonte: A Autora (2018)

A vantagem comparativa reflete a análise minuciosa de esquemas de decisão, permite revisar alguns conflitos e finalmente compara áreas que não foram confrontadas ainda. A visualização da descrição anterior pode ser apreciada na Figura 22:

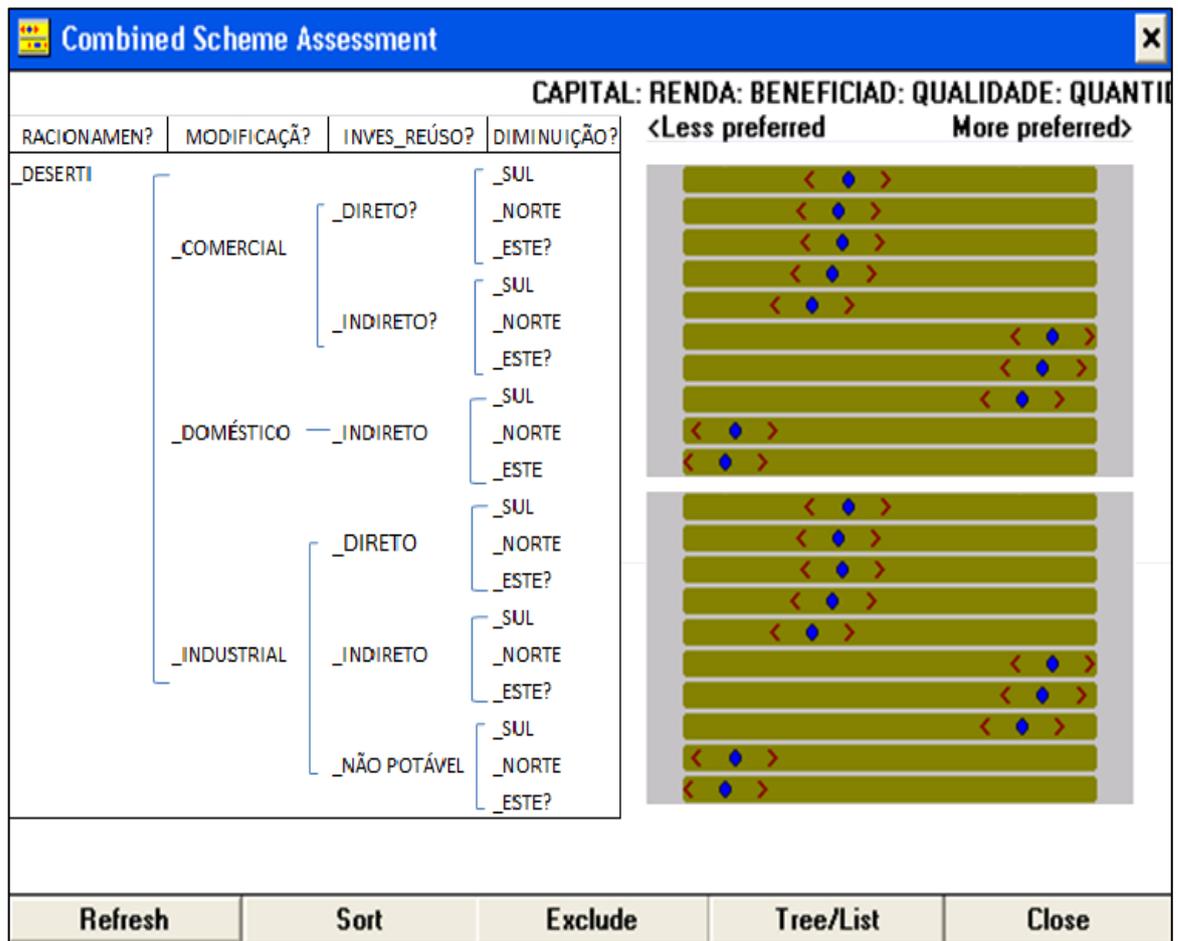
Figura 22 – Vantagem comparativa dos esquemas de decisão no STRAD, (Fase Comparar)



Fonte: A Autora (2018)

Além da introdução de ponderações das diferenças entre as opções de decisão consideradas como válidas, foi necessário aprimorar os julgamentos de maneira sequencial de todas as opções de decisão, as quais serão visualizadas na janela de avaliações das combinações de esquemas correspondente ao software STRAD 2.3, esta ilustração pode ser visualizada na Figura 23.

Figura 23 – Comparação dos esquemas de decisão no STRAD



Fonte: A Autora (2018)

Continuando nesta fase de comparação, é analisada de maneira metódica cada esquema de decisão considerando a comparação de áreas que não foram avaliadas inicialmente, promovendo o equilíbrio e revisando alguns detalhes de fatores geradores de conflitos de maneira sistemática. A visualização de tal avaliação é ilustrada na Figura 24.

Figura 24 – Equilíbrio dos esquemas de decisão

ÁREAS DE DECISÃO				ESQUEMA	COMPARAÇÕES	
RACIONAMEN?	MODIFICAÇÃ?	INVES. REUSO?	DIMINUIÇÃO?		ÁREA DE COMPARAÇÃO	AVALIÇÃO RELATIVA
_DESERTI	_COMERCIAL	_DIRETO	_SUL	ESQUEMA A	A * Base da comparação	
<u>1o Comparação B vs A</u>					<u>Avaliação de B em relação a A</u>	
_DESERTI	_COMERCIAL	_DIRETO	_NORTE	ESQUEMA B	CAPITAL:	NÃO MUDA
					RENTA:	AUMENTA 30%
					BENEFICIAD:	AUMENTA 15%
					QUALIDADE:	MELHORA 18%
					QUANTIDADE:	AUMENTA 20%
<u>2o Comparação C vs A</u>					<u>Avaliação de C em relação a A</u>	
_DESERTI	_COMERCIAL	_DIRETO	_ESTE	ESQUEMA C	CAPITAL:	NÃO MUDA
					RENTA:	AUMENTA 30%
					BENEFICIAD:	AUMENTA 10%
					QUALIDADE:	MELHORA 15%
					QUANTIDADE:	AUMENTA 18%

Fonte: A Autora (2018)

Uma avaliação relativa é sugerida para previsão através de elementos de especulação e hipóteses que diferem entre as áreas de comparação, em consequência, surgem vantagens nas comparações, consideradas indicadores de diferentes esquemas de ação. A ilustração anterior reflete a comparação dos esquemas B e C com respeito do esquema A, considerado esquema base da comparação, na qual se observa uma ligeira vantagem, devido aos benefícios que poderiam ser obtidos se considerado no planejamento.

- **Fase Escolher (*Choosing mode*)**, correspondendo à última fase do método SCA, expõe-se o compromisso de responsabilidade que assumiram os participantes sobre as ações previstas, na alternativa viável, as quais podem ser implantadas agora ou no futuro, a escolha da melhor opção, e o pacote de progresso para a gestão do planejamento.

Foram identificadas e classificadas as áreas de incertezas que descrevem aspectos de decisão que analisam as consequências entre os diferentes cursos de ação. Após a listagem das incertezas é necessário identificar cursos de ações para minimizá-las. Nesse contexto, três critérios gerais são considerados:

- O CUSTO de uma opção, adequando-se em termos monetários ou em termos de custo de oportunidade;

- O ATRASO que a busca da opção envolveria na tomada de decisão urgente;
- O GANHO de confiança esperado através da redução da importância dessa área de incerteza.

No contexto da problemática abordada, foram definidas as seguintes áreas de incertezas, conforme descritas na Tabela 7:

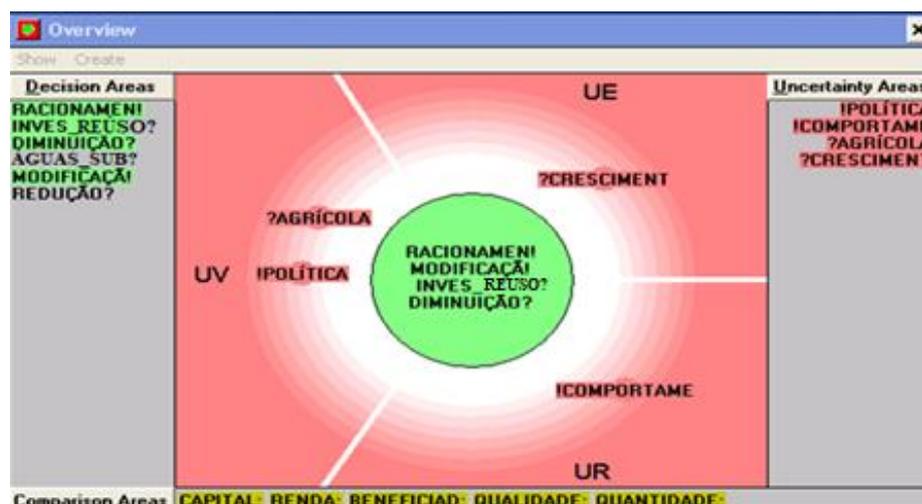
Tabela 7 – Definição das áreas de incertezas (Fase Escolher)

ÁREAS DE INCERTEZAS	RÓTULO	TIPO
?Importância política sobre o investimento	?POLÍTICA	IV
?Tendências futuras de comportamento populacional	?COMPORTAME	IR
?Importância do setor agrícola	?AGRÍCOLA	IV
?Previsão de crescimento populacional no setor	?CRESCIMENT	IA

Fonte: A Autora (2018)

A ponderação de alguns fatores que incidem sobre as áreas de decisão da abordagem de escolha estratégica – SCA e pertencem a uma das três categorias de incertezas, torna possível a identificação dos aspectos geradores de conflitos da problemática tratada, neste sentido, o software de auxílio permite a visualização do conjunto de informações introduzidas para a correspondente avaliação, conforme ilustra a Figura 25.

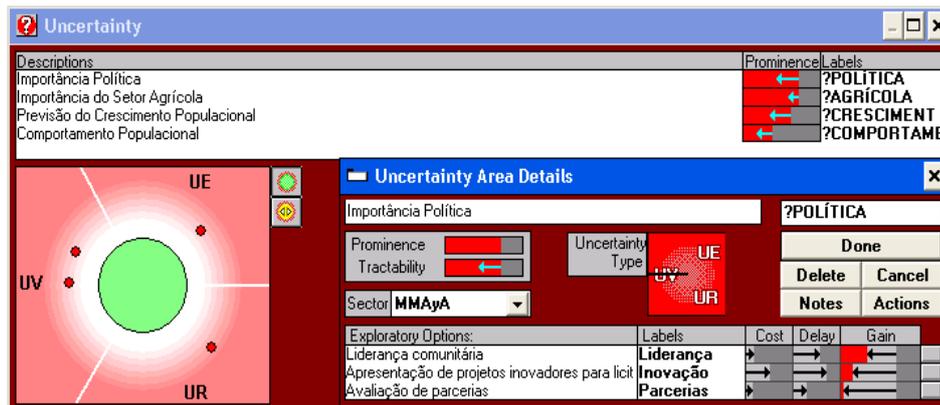
Figura 25 – Overview da problemática no STRAD



Fonte: A Autora (2018)

Inicialmente elaborou-se uma lista de aspectos geradores de conflitos definidos como incertezas, posteriormente consideraram-se ações de avaliação com respeito à importância relativa e foi proposta a aceitação do nível de incerteza em cada área ou a iniciação de uma opção exploratória, desta maneira foi possível reduzir a sensação do nível de incerteza e elevar o nível de confiança antes da elaboração de decisões, a Figura 26 ilustra esta opção:

Figura 26 – Opções exploratórias das áreas de incertezas



Fonte: A Autora (2018)

4.1.3 Etapa III: Consolidação dos resultados

Nesta etapa acontece a geração do pacote de compromissos que visa facilitar o progresso do planejamento e permite construir os planos de contingência, analogamente, a geração de recomendações contribui com o monitoramento dos responsáveis, do prazo em que será empregado e da forma de inserção.

4.1.3.1 Construção de planos de contingência (Pacote de compromissos)

Finalmente, na conclusão do debate da fase escolher, é obtido o pacote de compromissos contido no plano de contingência de diversas dimensões para serem escolhidas, que correspondem a um planejamento que possui um conjunto de ações a serem efetuadas imediatamente, outro de explorações de incertezas e enfim um conjunto de acordos sobre como orientar as decisões que foram diferidas para o futuro.

O conjunto de propostas imersas no pacote de compromissos, permite avançar progressivamente no percorrer do tempo, ou seja, um conjunto específico pode ser comparado

com outro alternativo, caso for decidido, podem ser adotados como base para o progresso do processo de planejamento contínuo.

A partir do quadro de Pacote de compromissos (Figura 27), algumas informações podem ser registradas em resposta às seguintes questões:

- **QUEM?** : Questões sobre qual pessoa representante do grupo dentro de uma agência ou instituição será responsável;
- **QUANDO?** : Questões sobre planejamento ou sequenciamento relativo às ações propostas;
- **COMO?** : Questões sobre procedimentos, provisões orçamentárias, ou alguma aprovação formal a ser conseguida.

Figura 27 – Pacote de compromissos

PACOTE DE COMPROMISSOS						
DECISÕES IMEDIATAS					DECISÕES FUTURAS	
SETOR	DECISÕES	AÇÕES	INCERTEZAS	EXPLORAÇÕES	DECISÕES	INCERTEZAS
EPSAS	RACIONAMEN!	_DESERTI!				
MMAyA	INVES_REÚSO!	_SUBTERRÂN!	!POLÍTICA	Inovação!		
GAMLP	MODIFICAÇÃ!	_DOMÉSTICO!	!COMPORTAME	Usosconscien!	DIMINUIÇÃO	!CRESCIMENT

Fonte: A Autora (2018)

Nesta alternativa, a identificação de estratégias para a tomada de decisão no foco específico avaliado sugere considerar de imediato as decisões relacionadas ao racionamento hídrico, investimento no reuso de água e a modificação tarifária. Considerando a gestão dos pontos de conflito relacionados à importância política e comportamento populacional, e o comprometimento do setor ou o representante responsável.

A estratégia de decisão relacionada à diminuição de atividades poluentes na agricultura foi recomendada para o **futuro** de maneira conjunta ao atendimento de gestão do ponto de conflito ligado ao crescimento populacional e ao comprometimento de quem se faz responsável ou representa o setor encarregado.

4.1.3.2 Análise de cenários

A inclusão ou substituição de áreas de decisão dentro da delimitação do foco do problema que será analisado minuciosamente permite obter novos cenários no processo decisório. Estes resultados conferem a flexibilidade e adequabilidade da abordagem de escolha estratégica, dado que possibilita a interação, não necessariamente sequencial de fases, a reciclagem das informações geradas em etapas anteriores, o surgimento de novas e melhores visões, o aprendizado progressivo e o crescimento do nível de entendimento da situação problema.

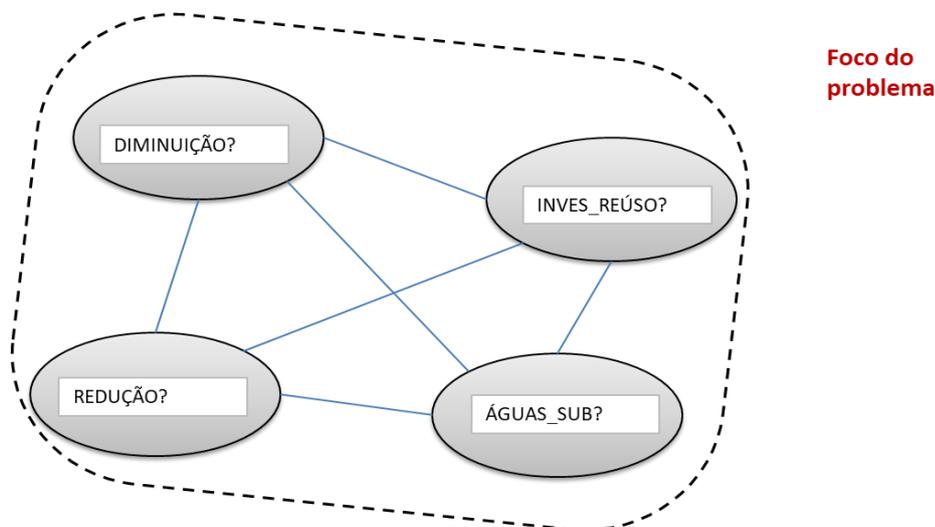
Neste sentido foram avaliados diferentes focos do problema de maneira a realizar uma comparação de resultados e uma avaliação de diversos cenários que permite perceber o impacto do pacote de compromissos, sugerir melhores propostas, considerar fatores recusados que podem influenciar o panorama e reavaliar os conjuntos de áreas trabalhadas de maneira adjacente.

- **Cenário 2**

Com o propósito de exemplificar a análise de cenários, expõe-se a avaliação de um novo foco do problema contido de um subconjunto de quatro áreas de decisão conforme ilustrados nas Figuras 28 a 32 abaixo:

- ✓ **Foco do problema**, neste cenário avaliam-se as áreas de decisão relacionadas à diminuição dos impactos da atividade agrícola **DIMINUIÇÃO?**, investimento na exploração de águas subterrâneas **ÁGUAS_SUB?**, investimento no reuso de água **INVES_REUSO?** e a redução de perdas **REDUÇÃO?**, as quais se encontram inter-relacionadas para realizar uma melhor avaliação conjunta.

Figura 28 – Foco do problema (Fase Modelar).



Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Matriz de compatibilidade**, expondo a compatibilidade de opções de decisão pertencentes a cada área de decisão, neste caso foi objetada a opção: poços da área de investimento de águas subterrâneas, águas inteligentes e medidores da área de redução de perdas, e Sul, Norte e Este de diminuição de atividade agrícola.

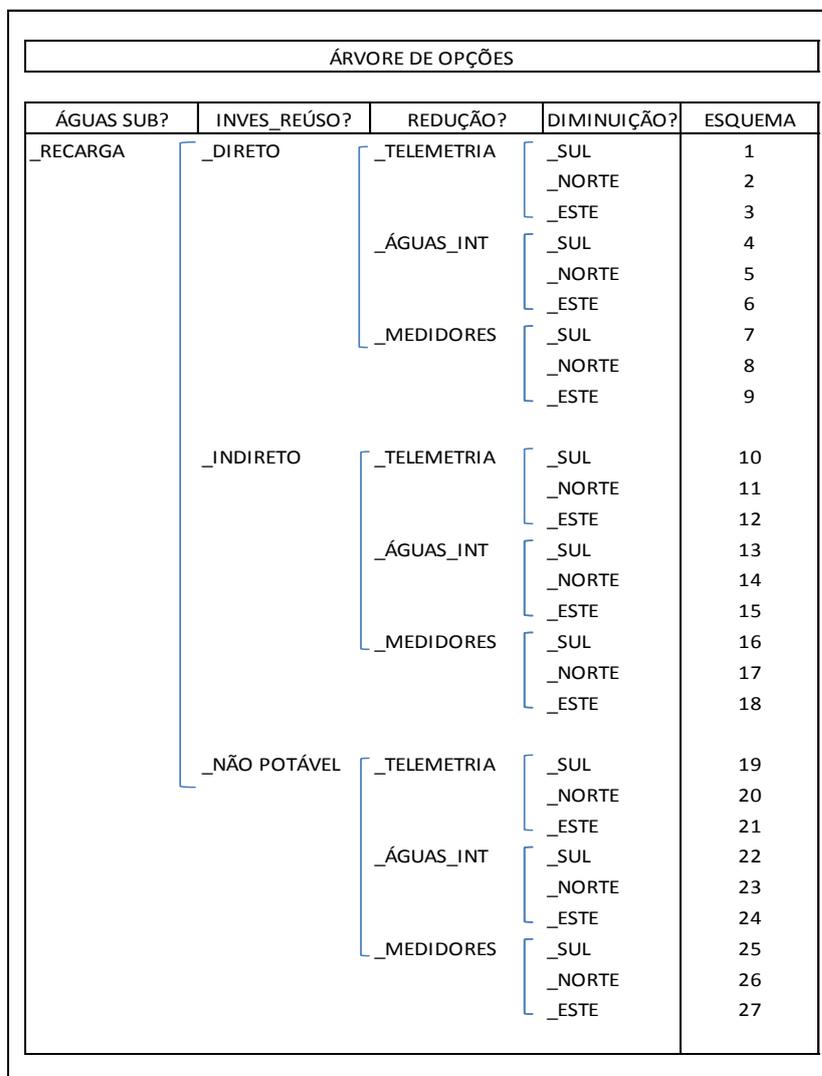
Figura 29 – Matriz de Compatibilidade (Fase projetar)

MATRIZ DE COMPATIBILIDADE	
_RECARGA _POÇOS	ÁGUAS_SUB?
* X * X * X	_DIRETO _INDIRETO _NÃO POTÁVEL
	INVES_REÚSO?
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	* * * _TELEMETRIA * * * _ÁGUAS_INT * * * _MEDIDORES
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	* * * _SUL * * * _NORTE * * * _ESTE
	REDUÇÃO?
	DIMINUIÇÃO?

Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Esquemas de decisão**, conforme a avaliação de compatibilidade que precede tal ilustração, foi fornecido o esquema de árvore de decisões, composto de vinte e sete esquemas de decisão de possíveis alternativas de solução para a situação estudada.

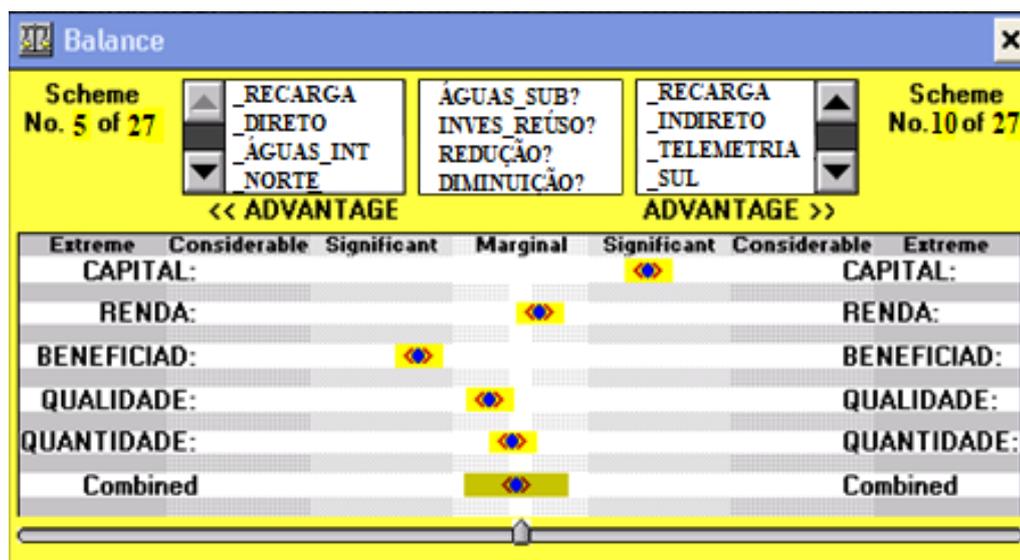
Figura 30 – Árvore de opções (Fase projetar)



Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Equilíbrio de esquemas de decisão**, com o intuito de promover o equilíbrio entre as situações de esquemas, uma comparação mais profunda de áreas confrontadas é realizada.

Figura 31– Comparação de esquemas no STRAD (Fase Comparar)



Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Pacote de progresso**, sugere considerar as decisões relacionadas ao investimento em águas subterrâneas, investimento no reuso da água e redução de perdas agora, e à diminuição das atividades agrícolas poluentes no futuro, ambas as recomendações devem levar em conta a gestão das situações de conflitos respectivamente.

Figura 32 – Pacote de Compromissos (Fase Escolher)

PACOTE DE COMPROMISSOS						
DECISÕES IMEDIATAS					DECISÕES FUTURAS	
SETOR	DECISÕES	AÇÕES	INCERTEZAS	EXPLORAÇÕES	DECISÕES	INCERTEZAS
EPSAS	ÁGUAS_SUB!	_SUL!	ICRESCIMENT	Técnicas!		
MMAyA	INVES_REUSO!	_SUBTERRÂN!	IPOLÍTICA	Inovação!		
GAMLP	REDUÇÃO!	_DOMÉSTICO!	ICOMPORTAME	Adaptação!	DIMINUIÇÃO	ICRESCIMENT

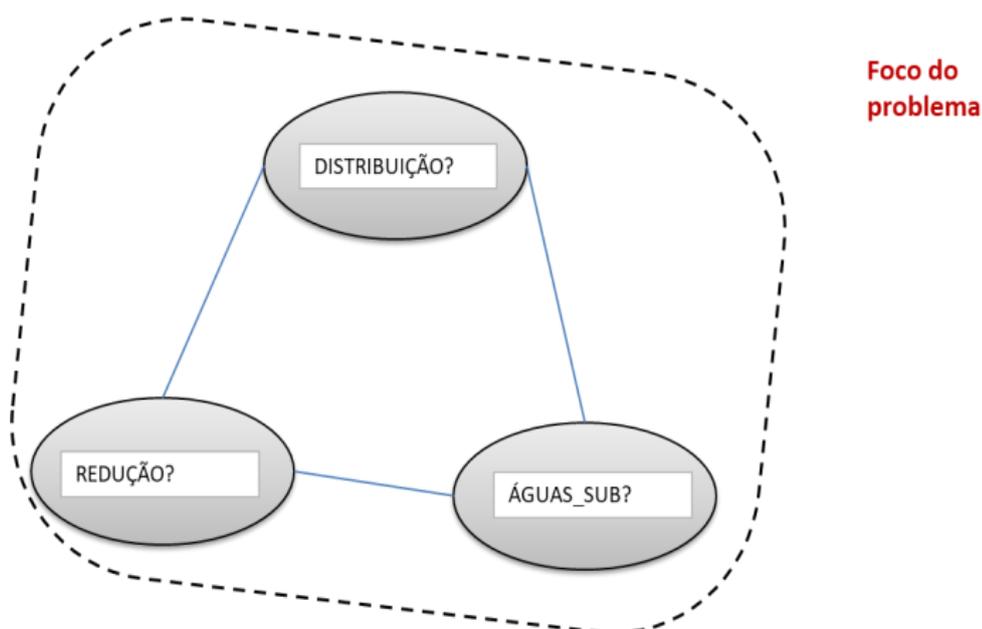
Fonte: A Autora (2018)

- **Cenário 3**

A continuação exemplifica-se a análise de um terceiro cenário, expõe-se a avaliação de um novo foco do problema contido de um subconjunto de três áreas de decisão conforme ilustrados nas Figuras 33 a 37 abaixo:

- ✓ **Foco do problema**, neste cenário composto de três elementos, avaliam-se as áreas de decisão relacionadas: ao investimento na exploração de águas subterrâneas **ÁGUAS_SUB?**, investimento na rede de distribuição **DISTRIBUIÇÃO?** e na redução de perdas **REDUÇÃO?**, as quais se encontram inter-relacionadas para realizar uma melhor avaliação conjunta.

Figura 33 – Foco do problema (Fase Modelar)



Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Matriz de compatibilidade**, expondo a compatibilidade de opções de decisão pertencentes a cada área de decisão, neste caso não foi objetado nenhum curso de ação:

Figura 34 – Matriz de Compatibilidade (Fase projetar)

MATRIZ DE COMPATIBILIDADE			
_RECARGA		ÁGUAS_SUB?	
_POÇOS			
* *	_TUBULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO?	
* *	_REDE_EST		
* *	_MONITOR		
* *	* * *	_TELEMETRIA	REDUÇÃO?
* *	* * *	_ÁGUAS_INT	
* *	* * *	_MEDIDORES	

Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Esquemas de decisão**, conforme a avaliação de compatibilidade que precede tal ilustração, o esquema de árvore de decisões foi fornecido composto de dezoito esquemas de decisão de possíveis alternativas de solução para a situação estudada.

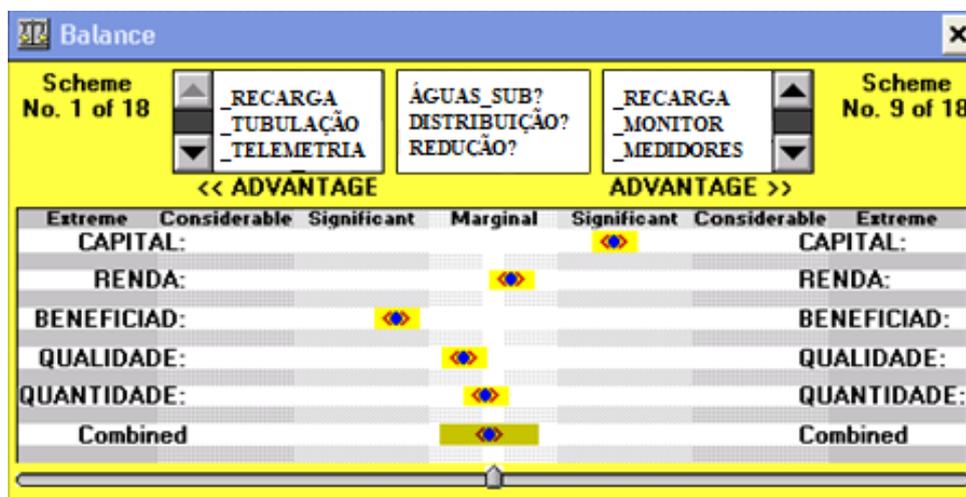
Figura 35 – Árvore de opções (Fase projetar)

ÁRVORE DE OPÇÕES			
ÁGUAS_SUB?	DISTRIBUIÇÃO?	REDUÇÃO?	ESQUEMA
_RECARGA	_TUBULAÇÃO	_TELEMETRIA	1
		_ÁGUAS_INT	2
		_MEDIDORES	3
	_REDE_EST	_TELEMETRIA	4
		_ÁGUAS_INT	5
		_MEDIDORES	6
	_MONITOR	_TELEMETRIA	7
		_ÁGUAS_INT	8
		_MEDIDORES	9
_POÇOS	_TUBULAÇÃO	_TELEMETRIA	10
		_ÁGUAS_INT	11
		_MEDIDORES	12
	_REDE_EST	_TELEMETRIA	13
		_ÁGUAS_INT	14
		_MEDIDORES	15
	_MONITOR	_TELEMETRIA	16
		_ÁGUAS_INT	17
		_MEDIDORES	18

Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Equilíbrio de esquemas de decisão**, com o intuito de promover o equilíbrio entre as situações de esquemas, uma comparação mais profunda de áreas confrontadas é realizada.

Figura 36 – Comparação de esquemas no STRAD (Fase Comparar)



Fonte: A Autora (2018)

- ✓ **Pacote de progresso**, sugere considerar as decisões relacionadas ao investimento em águas subterrâneas e redução de perdas de forma imediata, e o investimento na rede de distribuição no futuro, ambas as recomendações devem levar em conta a gestão das situações de conflitos respectivamente.

Figura 37 – Pacote de Compromissos (Fase Escolher)

PACOTE DE COMPROMISSOS						
DECISÕES IMEDIATAS					DECISÕES FUTURAS	
SETOR	DECISÕES	AÇÕES	INCERTEZAS	EXPLORAÇÕES	DECISÕES	INCERTEZAS
EPSAS					DISTRIBUIÇÃO	!CRESCIMENT
MMAyA	ÁGUAS_SUB!	_SUL!	!POLÍTICA	Técnicas!		
GAMLP	REDUÇÃO!	_DOMÉSTICO!	!COMPORTAME	Adaptação!		

Fonte: A Autora (2018)

4.1.3.2.1 *Considerações do modelo*

Neste contexto, a análise de cenários é utilizada como uma ferramenta de gestão, dado que permite estabelecer estratégias considerando panoramas futuros. Para este propósito são identificados fatores impulsionadores que podem fornecer diferenças significativas diante de diferentes tipos de cenários no planejamento estratégico.

Tal análise fundamentará as escolhas estratégicas como consequência de uma avaliação do contexto, tanto interno como externo, no qual encontra-se a problemática almejada. Da mesma maneira são identificados fatores futuros que são passíveis de ocorrer o que possibilita ter uma visão maior e mais clara do cenário atual e permite a tomada de decisão mais fundamentada e precisa.

A principal função da construção e avaliação de diferentes focos do problema não resultam na previsão do futuro, mas na identificação de fatores que podem se tornar reais com o percorrer do tempo e as mudanças do entorno de curto e longo prazo.

Neste sentido, os resultados evidenciados dentro dos pacotes de progresso obtidos na avaliação dos diversos focos do problema permitem uma leve percepção das diferenças nos conjuntos de ações propostas em termos de impacto e tempo de implementação. Estes detalhes visam melhorar a planificação de estratégias com o intuito de obter maior abrangência na procura de acrescentar e melhorar a qualidade de vida da população da região.

4.2 **Vantagens**

Algumas das vantagens do modelo proposto são destacadas:

- A flexibilidade de adaptação na problemática tratada permite contribuir com a mitigação e resolução de conflitos através da inclusão de novas visões;
- O tratamento das incertezas relacionadas à prominência e tratabilidade delas, com a comparação de esquemas de solução, permite concretizar a revisão dos pontos de conflitos e possibilita a redução do impacto deles adotando uma opção exploratória;
- A consideração de perguntas do tipo: como seria? Caso uma opção X for considerada o que aconteceria? Possibilita a elaboração de hipóteses e permite

trazer à tona visões mais próximas da realidade, desta maneira são detectadas situações que podem impedir ou dificultar o desenvolvimento de um esquema de solução;

- A praticidade que apresenta a abordagem de escolha estratégica e a facilidade de uso, que admitem a participação de atores dentro do processo decisório sem requerer que eles tenham especialização nem conhecimento prévio sobre a abordagem proposta.

4.3 Limitações

Algumas limitações relacionadas ao modelo proposto podem ser consideradas:

- Por se tratar de uma abordagem caracterizada pela interação dinâmica e a verificação de consenso entre os participantes, só será possível a geração de estratégias de solução viáveis desde que exista predisposição e atitude de colaboração e integração entre os atores do processo decisório;
- A abordagem proposta depende fortemente da contribuição dos atores. Dessa forma, ao incorporar diferentes atores, no mesmo problema, podem ser obtidos resultados diferentes.
- A visão estática de um conjunto de ações que a mente costuma trabalhar procurando soluções ótimas a problemas estruturados (pesquisa operacional hard), limita a utilização e a preferência da aplicação dos métodos de estruturação de problemas (pesquisa operacional soft) para a tomada de decisão;
- As ações realizadas conhecidas como opções exploratórias, que tem o propósito de reduzir o nível de incerteza, podem demorar dias, semanas, meses inclusive anos, esta situação poderia atrasar os acordos de compromisso em relação às decisões.

4.4 Considerações finais do capítulo

A aplicação do modelo teve como propósito a avaliação de cenários para a geração de alternativas estratégicas de combate à escassez de água no município de La Paz, na Bolívia.

O emprego da abordagem de escolha estratégica – SCA foi adequado por se tratar de uma metodologia de estruturação de problemas que permite o tratamento de informação subjetiva, facilita o processo decisório em situações complexas, incentiva o trabalho em grupo com elementos relacionados, admite o conhecimento progressivo e a realização de ajustes e administra incertezas que permitem realizar escolhas estratégicas.

Um atributo a ser ressaltado é a capacidade de integração dos indivíduos que compõe o grupo de participantes do processo decisório, ao realizar uma dinâmica interativa e colaborativa, influencia diretamente na obtenção de resultados.

É importante ressaltar que a proposta do modelo abrange só uma região delimitada conhecida como município, entretanto sua aplicação pode alcançar áreas maiores desde que sejam levadas em conta as diferentes limitações e considerações que este modelo exige.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente capítulo apresenta as principais conclusões do desenvolvimento do estudo, apresenta as sugestões para trabalhos futuros e recomendações pertinentes de aplicações posteriores.

5.1 CONCLUSÕES

Na Bolívia, a gestão de recursos hídricos apresenta diversos problemas de ineficiência devido à inexistência de procedimentos decisórios suportados por metodologias elaboradas, especialmente para o tratamento de situações complexas. Acrescenta-se a esse cenário, a falta de consideração de setores diretamente relacionados e afetados por tais decisões, levando a deliberações tomadas de maneira improvisada, provisória e até certo ponto, pessoal.

A distinção dos problemas que enfrenta o desenvolvimento regional permitiu identificar as maiores dificuldades do município de La Paz, as quais obedecem à clara ausência de implantação de políticas públicas preventivas, alto índice de perdas de água tanto no sistema de captação quanto no de distribuição, à descontrolada atividade agrícola poluente, à falta de planejamento no crescimento populacional e urbanização, à inexistência de cultura de uso eficiente do recurso e finalmente as características topográficas inerentes à região estudada.

A identificação destes fatos que geram prejuízos consideráveis em termos ambientais, econômicos e sociais, e impossibilitam o desenvolvimento, principalmente pela presença de desigualdade no acesso ao recurso, permite realizar um planejamento apropriado, o qual poderia, se não resolver, pelo menos melhorar as diversas problemáticas identificadas de maneira estratégica. Para este propósito é sugerida a aplicação de um método de estruturação de problemas que proporcione o tratamento de situações complexas, permitindo a avaliação de informação subjetiva e qualitativa, e a análise de incertezas.

A utilização do software STRAD 2.3 como uma ferramenta de visualização, permitiu a elaboração de gráficos de áreas de decisão, melhorando a interpretação das informações expressadas em uma árvore de esquemas.

A concordância dos múltiplos atores, verificada constantemente durante o desenvolvimento de cada passo do modelo, proporcionou maior segurança aos participantes envolvidos e fez com que eles sentissem atenção e respeito de suas opiniões e visões, o que permitiu a elaboração de soluções viáveis, equitativas e justas dentro do processo de tomada de decisão.

A geração de conhecimento e aprendizado progressivo, inerentes à metodologia aplicada, permitiu obter uma visão maior e uma interpretação melhorada do panorama atual que apresentava a problemática tratada, desta maneira foi impulsionada a geração de ideias aceitáveis, criativas, inovadoras e impensáveis inicialmente, as quais deram origem à elaboração de estratégias de solução viáveis.

A viabilidade da aplicação do modelo em situações reais torna-se possível desde que sejam considerados dados fidedignos e investigações atuais relacionadas ao contexto que será avaliado, desta maneira constata-se a factibilidade da proposta realizada, dado que se encontra baseada integralmente na literatura e na revisão bibliográfica precedente ao desenvolvimento.

5.2 SUGESTÕES

A elaboração do trabalho proposto traz à tona algumas sugestões para serem consideradas em trabalhos futuros:

- Incorporar a renovação de práticas ancestrais que possam ser adaptadas e consideradas para a geração de alternativas criativas e inovadoras para o tratamento dos recursos hídricos;
- Permitir a realização de ajustes pertinentes no modelo proposto de maneira a considerar a inclusão de outros métodos e ferramentas de suporte à decisão tomada em grupo;
- Aplicar o modelo proposto às diferentes regiões que compõem o território boliviano de maneira a obter soluções melhores para o combate à escassez de água.

REFERÊNCIAS

- ABRAMS, L. *Estratégia nacional de assistência para recursos hídricos em Moçambique: fazer a Água Actuar para o Crescimento Sustentável e a Redução de Pobreza*. Portugal, agosto, 2007
- ANDRADE, Aurélio L., et al. *Pensamento Sistêmico: Caderno de Campo – O desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade*. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- ALMEIDA, T. A., et al. *Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e aplicações*. São Paulo: Atlas. 2013.
- ALEXANDERSSON, O., *Living Water – Viktor Schauberger and the Secrets of Natural Energy*. Gill & MacMillan. 2002.
- ATLAS GEOGRÁFICO UNIVERSAL Y DE BOLIVIA. *Geografía y Cartografía de Bolivia*, La Paz – Bolivia: Oceano. 1999.
- ARROYO, J., et al.; NUÑEZ, J., et al. *Atlas de la Región Metropolitana del Departamento de La Paz*. Gobierno Autónomo Municipal de La Paz – Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia: SPC Impresores S.A., 2017.
- BACCARINI, G.M. *Metodologia e Aplicação da SSM. (APLICAÇÃO DA SOFT SYSTEMS METHODOLOGY (SSM) PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS PERIGOSOS DE LABORATÓRIO)*. In: Congresso Brasileiro de Sistemas, 11º, Franca/São Paulo 2015. *Aplicação da Soft Systems Methodology (SSM) para Gestão dos Resíduos perigosos de Laboratório*. p. 5-13.
- BRAGA, A. R. et al. *Educação ambiental para gestão de recursos hídricos*. Livro de Orientação ao Educador. Americana: Consórcio PCJ, 2003.
- BELLINI, C. G. P.; RECH, I. & BORENSTEIN, D. Soft Systems Methodology: uma aplicação no "Pão dos Pobres" de Porto Alegre. *RAE - eletrônica*, v.3, n.1, Art. 3, jan./jun. 2004.

BUNCH, Martin J. *Soft Systems Methodology and the Ecosystem Approach: A system study of the Cooum River and Environs in Chennai, Índia*. In: *Environmental Management*. Vol. 31, Nº 2, p. 182-197. 2003.

CHECKLAND, Peter. *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: John Wiley. 1981a.

_____, Peter. *Rethinking a Systems Approach*. *Journal os Applied Systems Analysis*.

Vol. 8. p. 3-14. 1981b.

CHECKLAND , Peter & SCHOLLES, Jim. *Soft Systems Methodology in Action*. Chichester: Wiley. 1990.

COMANDO GENERAL DEL EJÉRCITO.; INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. *Atlas de Bolivia: 2. ed*. La Paz: 1997.

COSTA, R.H.P.G. *Água: um bem público de valor econômico*. In: TELLES, D.A.; COSTA, R.H.P.G. *Reúso da água: conceitos, teorias e práticas*. São Paulo: Edgar Blucher, 2007a. cap. 8, p.141-178.

CUNHA, A. P. *Aprendizagem Sistêmica e Cobrança no Uso da Água*. 2007. 98 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias/CCA - UFSC, Florianópolis, 2007.

DETONI, T.; DONDONI, P.; PADILHA, E. A escassez da água: Um olhar global sobre a sustentabilidade. In ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII, Foz do Iguaçu, 2007. *A energia que move a produção: Um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade*. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, ENEGEP 2007.

DE ALMEIDA, T. A.; MORAIS, D. C.; COSTA, A.P.C.S.; ALENCAR, L.H., *Decisão em Grupo e Negociação*. Métodos e aplicações. São Paulo: Atlas. 2011.

DE OLIVEIRA, A. L.; MORAIS, D. C. *O uso do método de estruturação de problema Strategic Choice Approach no Desenvolvimento de Novos Produtos*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVIII, João Pessoa, PB, Brasil, 2007.

DE SENA, J. P. Jr. *Recursos Hídricos. Conceituação, Disponibilidade e Usos*. Brasília: Estudo. 2004.

DGOTDU, (1999). *Plano de Acção Nacional de Combate à Desertificação: Resolução do Conselho de Ministros nº 69/99*, Diário da República – I Série-B, nº 158.

DREGGER, L. (2010). *Tamera – Um Modelo para o Futuro*. Meiga Gbr, Belzig.

DUHM, D. (2004). *The Sacred Matrix*. Meiga Gbr, Belzig.

EDEN, C. Cognitive mapping: a review. *European Journal of Operational Research*, v. 36, p. 1-13, 1988.

EDEN, C. ACKERMANN, F. *SODA – The Principles*. In: Rosenhead, J., Mingers, J. (Ed.). *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*, 2. ed. Chichester: John Wiley, 2004.

EMOTO, M. (2004): *The Hidden Messages in Water*, Beyond Words Publishing.

ESTEVES DE VASCONCELLOS, Maria José. *Pensamento Sistêmico: O novo paradigma da ciência*. 5. ed. Campinas: Papirus, 2002.

FALKENMARK, M. *Marco-scale water supply demand comparison on the global scene*. Stockholm: International Water Institute, 1986. p.15-40.

FALKENMARK, M. & WIDSTRAND, C. 1992. *Population and Water Resources: A delicate balance*. Population Bulletin. Population Reference Bureau, Washington, USA.

FRIEND, J. K. *New Directions in software for strategic choice*. *European Journal of Operational Research*. v61, p154 – 164. North Holland, 1991.

FRIEND, J.K. *The Strategic Choice Approach*. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS, J. (eds.). *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*. 2a.ed. chapter 6, Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2001.

FRIEND, J.K. *Community Planning for Rural Education in South Africa*. *European Journal of Operational Research*. V152, p684 – 695. 2004.

FRIEND, J.K.; HICKLING, A. *Planning under pressure: The Strategic Choice Approach*, 3.ed. Oxford, Butterworth-Heinemann, 2005.

GIANE KARLA BERTICELLI NUNES. *Aprendizagem sistêmica para o desenvolvimento turístico em Praia Grande (SC): Uma reflexão a partir da SSM – Soft Systems Methodology*. Santa Catarina, 2008. 137p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Santa Catarina, 2008.

GLACIARES BOLIVIA. *12 Testigos del cambio Climático*. Instituto Boliviano de la Montaña, 2014.

GAMLP. Disponível em <https://www.lapaz.bo/lapazmaravillosa>. Último acesso em 30/11/17.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2015.

GOMES, S. F.; OLIVEIRA, A. L.; MORAIS, D. C. *Using Soft Systems Methodology on the Problem of Water Scarcity*. Ieee International Conference on Systems, Man and Cybernetics. 273-278, 2015.

GTZ, *Cooperación Alemana*. Una apuesta por el desarrollo de Bolivia, La Paz, Bolivia, 1988.

GWP – Asociación Mundial para el agua, TAC – Comité de Consejo Técnico, Suecia, 2000. *Manejo Integrado de Recursos Hídricos*. Global Water Partnership, 1. ed. Estocolmo – Suecia, 2000.

HARDY, S. *Atlas de la vulnerabilidad de la aglomeración de La Paz*. 1. ed. La Paz – Bolivia: Plural Editores, 2009 – 2013.

HENKES, S.L. *As decisões político-jurídicas frente à crise hídrica e aos riscos: lições e contradições da transposição do rio São Francisco*, 2008. 451p. Tese (Doutorado em direito) – Curso de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Santa Catarina, 2008.

HOFFMANN, D. *Cambio Climático en Bolivia*. Instituto Boliviano de la Montaña, 2011 – 2013.

HOLZER, S. (2007): *The Rebel Farmer*, Leopold Stocker, Wo ein Wille da ein Weg, Kneipp, Leoben.

INE. Dados Históricos. Aspectos Políticos e Administrativos. Disponível em <https://www.ine.gob.bo/index.php/bolivia/aspectos-politicos-y-administrativos>. Acesso em 01/12/2017.

INE. Censo Demográfico 2001. Disponível em https://www.ine.gob.bo/index.php/prensa/publicaciones?option=com_content&view=category&id=328&Itemid=356&selectedItem=124&selectedItem124=328. Acesso em 12/12/2017.

INE. Censo Demográfico 2012. Disponível em <http://censosbolivia.ine.gob.bo/webine/content/la-paz-por-municipios-cnpv-2012>. Acesso em 15/12/2017.

KAYAGA, S. *Soft Systems Methodology for performance measurement in the Uganda water sector*. 10(3): 273-284, 2008.

KEENEY, R. *Value-focused thinking: A path to creative decision making*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

KEENEY, R.; RAIFFA, H. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*. Cambridge: Harvard University Press, 1993.

KELLEY, T.; LITTMAN, J. *The Art of Innovation: Lessons in Creativity from IDEO, America's Leading Design Firm*. Chapter 4, *The Perfect Brainstorm: The best way to get a good idea is to get a lot of ideas*. p53-66, 2001.

KIRKWOOD, C. W. *Strategic decision making: Multi objective decision analysis with spreadsheets*. Belmont CA: Wadsworth, 1997.

LEGAN, L. *Soluções Sustentáveis – Uso da Água na Permacultura, Mais Calango*, Pirenópolis, 2007.

LEVINO, N.A.; MORAIS, D.C. *Applying Strategic Choice Approach for decision making of watersheds committees*. In: IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 38-43, 2013.

LUNA, Marlucio. *Água: fonte de vida (e de lucro)*. 17 jan 2007. Disponível em: http://www.multirio.rj.gov.br/sec21/chave_artigo.asp?cod_artigo=969. Acesso em: 11/03/18.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2007. PDA – Projetos Demonstrativos: Comunidades Construindo sua Sustentabilidade. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 05/10/2017.

MARTINS, Alex. O planeta está sedento. Folha Universal, São Paulo, p. 2A, 16 nov. 2003.

MARTINS, J.A. *Redes de distribuição de água*. Técnica de abastecimento e tratamento de água. Vol. 1, CETESB, São Paulo, 1987.

MATURANA, H. & VARELA, F. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas para a compreensão humana*. Tradução: Humberto Mariotti e Lia Diskin. São Paulo: Palas Athenas, 2001.

MIRANDA, E.C. *Gerenciamento de perdas de água*. In: Abastecimento de água para consumo humano. HELLER, L; PÁDUA, V.L. (Org). Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

MINGERS, J.; ROSENHEAD, J. *Problem structuring methods in action*. European Journal of Operational Research, v.152, p. 530-554, 2004.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. *Água na indústria: uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MONTES DE OCA, I. *Geografía y Recursos Naturales de Bolivia*. 3. ed. 1997. La Paz – Bolivia: Edobol, 1997.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A.T.; FIGUEIRA JOSÉ RUI. *A Sorting Model for Group Decision Making: A Case Study of Water Losses in Brazil*. Group Decision and Negotiation, 23 : 937–960, 2014.

MORIN, E. *Ciência com consciência*. Tradução: Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

MUELLER, B.W. *El nuevo Paradigma del Agua: Restauración Global de Clima y ecosistemas*. Global Ecology Institute, 2013.

..... *O segredo da água: A base para um novo mundo- Restabelecer o Ciclo Hidrológico através da criação de Paisagens de Retenção*. 2. Ed. Global Ecology Institute, 2013. 9p.

OSVALDO DE MOURA REZENDE. *Manejo de água pluviais: Uso de Paisagens Multifuncionais em Drenagem Urbana para controle das Inundações*. Rio de Janeiro, 2010. 104p. (Curso de Especialização em Engenharia Urbana Universidade Federal do Rio de Janeiro/ UFRJ)

O'CONNOR, Joseph & McDERMOTT, Ian. *The art of systems thinking: essential skills for creativity and problem solving*. London: Thorsons, 1997. 264 p.

PÁGINASIETE. Diari Nacional Independent. *Crisis del agua: La Paz sufre la peor sequía en cuarto siglo*. La Paz – Bolivia, anuario 2016 de página siete/Especial 01, 2016.PASCARELLI, N. F. (2011). *Educando para Preservação da Vida*. Rio de Janeiro.

PEREIRA, L., MORAIS, D. C. *A abordagem de escolha estratégica aplicada ao contexto da manutenção corretiva em sistemas de distribuição de água*. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, II, Curitiba, PA, Brasil, 2017.

RAMÍREZ, E., MENDOZA, J., SALAS, E. & RIBSTEIN, P., 1995: *Régimen espacial y temporal de las precipitaciones en la cuenca de La Paz*. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 24 (3): 391-401.

RATTNER, H. *Liderança para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Nobel, 1999.

ROY, B. *Multicriteria Methodology for decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, 1996.

ROSENHEAD, J. *What is the problem?: An introduction to problem structuring methods*. Interfaces, 26(6): 117-131, 1996.

ROSEGRANT, M.W. *Water Resources in the Twenty-First Century: Challenges and implications for action*. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C. March 1996. (Paper 20)

RICHTER, B.D.; Postel, S.; Revenga, C.; Scudder, T.; Lehner, B.; Churchill, A. and Chow, M. (2010): *Lost in development's shadow: The downstream human consequences of dams*. Water Alternatives, 3(2), 14-42p.

SECKLER, D. 1996. *The new era of water resources management: from “dry” to “wet” savings*. Research Report No. 1. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

SENGE, Peter M. *A quinta disciplina. Arte e Prática da organização que aprende*. São Paulo: Best Seller. 1994.

_____, Peter. et. al. *A Quinta Disciplina – Caderno de Campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende*. Tradução: Antônio Roberto Maia da Silva. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2000. 560 p.

TROJAN, F; MORAIS, D.C. *Maintenance Management Decision Model for Reduction of Losses in Water Distribution Networks: Water Resources Management*, 29(10): 3459-3479, 2015.

TUANE BATISTA DO EGITO. *Análise multicritério sobre estratégias de uso e conservação da água no meio urbano*. Pernambuco, 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção Universidade Federal de Pernambuco/UFPE), Pernambuco, 2008.

UN WATER – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura. *Relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos – Água para um mundo sustentável*. Colombella – Itália, 2015.

UN WATER – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura. *Relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos – Água e emprego: fatos e números*, Paris – França, 2016.

PNUD – United Nations Development Programme. *Integração das Mudanças Climáticas nos Processos de Desenvolvimento Nacional e na Programação Nacional das Nações Unidas – Guia para Apoiar as Equipas da ONU nos Países na Integração dos Riscos e Oportunidades Climáticas*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento: Nova Iorque, NY, EUA, 2011.

WILKES, J. (2003): *Flowforms – The Rhythmic Power of Water*, Floris Books.

WINPENNY, J.T. 1997. *Managing Water Scarcity for Water Security*. A discussion paper prepared for the First FAO E-mail Conference on Managing Water Scarcity, 4 March to 9 April 1997.

WINPENNY, J.T. 1994. *Managing water as an economic resource*. Routledge, London, UK

WWF/CEABN (2008): *Sobreiro, uma barreira contra a desertificação*, Relatório, Lisboa.