

A gestão dos recursos hídricos e da estiagem no Oeste Catarinense: contribuição para uma análise sistêmica complexa

DOSSIER DAS ÁGUAS : GESTÃO DO PATRIMÔNIO HÍDRICO

**Mário Jorge Cardoso Coelho Freitas**

Biólogo, Doutor em Educação, Professor aposentado da Universidade do Minho [Portugal]. Pesquisador em Redução de Risco de Desastres, Gestão Ambiental e Educação Ambiental, Laboratório de Estudos de Riscos e Desastres. Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis [SC] Brasil. <pmariofreitas@gmail.com>.

**Patrícia Taeko Kaetsu**

Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. Florianópolis [SC] Brasil. <ptaeko@gmail.com>.

Resumo

A abordagem sistêmica surgiu, essencialmente, a partir da dificuldade em utilizar a abordagem analítica para explicar fenômenos complexos que eram influenciados pelo contexto e pelas inter-relações. Os sistemas complexos são caracterizados por situações dinâmicas nas quais os problemas mudam ao interagir com outros problemas. Representam uma situação problemática para a qual é difícil formular as causas e consequências, uma vez que apresentam características de interdependência e multi-causalidades contínuas, circulares. Certos aspectos, vistos como causas, viram efeitos e vice-versa. Os sintomas são confundidos com o problema e as soluções produzem consequências inesperadas. Essas características se aplicam à problemática da estiagem e da gestão de recursos hídricos. O artigo, assim, objetiva apresentar os primeiros esboços conceituais de uma análise sistêmica do problema da estiagem em Santa Catarina. Foram utilizados os dados coletados durante a pesquisa intitulada "Estiagem no Oeste Catarinense: Diagnóstico e Resiliência" como a base para este estudo sistêmico preliminar. Especificamente, são apresentados três exemplos de arquétipos, ou seja, "histórias clássicas dos sistemas" aplicados ao entendimento de uma situação e à identificação dos ciclos de reforço e equilíbrio no contexto de pesquisa; dois esboços de diagramas causais gerais e um diagrama de ciclo causal consolidado que representa o resultado inicial da análise. O estudo teve o desafio de atender aos limites inerentes às teorias sistêmicas, ao mesmo tempo em que foi limitado em seu acesso às informações. Como um sistema de aprendizado, cada análise traz novas informações e possibilita diferentes interpretações dos problemas e soluções da estiagem.

Palavras-chave

Abordagem sistêmica, diagramas de ciclos causais, gestão de recursos hídricos, estiagem.

The water resources management and the drought in Western Santa Catarina: Contribution for a systemic and complex analysis

Abstract

The systemic approach emerged from the difficulty in using the analytical approach to explain complex phenomena that were influenced by the context and the interrelationships. Complex systems are represented by dynamic situations in which problems change when interacting with other problems. They illustrate a problematic situation where it is difficult to express the causes and consequences, as it presents interdependent and continuous multi-causalities characteristics. Aspects initially noted as causes, turn into effects and vice versa. The symptoms and the problem are indissociable and the solutions produce unintended consequences. These aspects apply to the problem of drought and water resources management. Therefore, this article aims to present an initial conceptual sketch of a systemic analysis of the problem of drought. The data were collected during the survey entitled "Drought in Western Santa Catarina: Assessment and Resilience" and were the basis for this preliminary systemic investigation. Specifically, three systems archetypes presents the "history of classical systems" as they promote the understanding and identification of reinforcing and balancing loops; two sketches of general diagrams and a consolidated causal loop diagram representing the result of the initial analysis. The study's challenge was the limits definition that is a part of systems approach, while facing a limited access to information. As a learning system, each analysis brings new information and allows different interpretations of the problems and solutions of drought.

Keywords

Systemic approach, causal loops diagrams, water management, drought.

1. Introdução

O problema de como lidar com a estiagem é, sobretudo, um problema de gestão da água e de como proceder para um adequado planejamento de seu uso em contextos de maior e menor abundância. Os problemas de planejamento (público) são, por sua natureza, problemas sistêmicos (KAETSU, 2015). Apesar disso, a generalidade das abordagens relativas à gestão dos recursos hídricos e, particularmente, à gestão da estiagem continua ignorando o que acaba de ser dito pois se baseia em análises lineares e reducionistas que adota soluções fragmentadas, avulsas e não integradas num efetivo planejamento sistêmico. A abordagem analítica linear não é suficiente para explicar os fenômenos complexos influenciados pelo contexto e pelas inter-relações entre os fatores (BARCELLOS; ANDRADE; NÓBREGA FILHO, 2005).

As interações presentes na gestão dos recursos hídricos e nas ocorrências de estiagem, geram um cenário problemático com crescente complexidade. Assim, torna-se necessário romper com as abordagens baseadas apenas no paradigma linear vigente. O planejamento e a gestão dos recursos hídricos e dos riscos a eles associados (sua disponibilidade e seu uso), demandam um outro tipo de abordagem, construída a partir de novos paradigmas.

Este artigo aborda, inicialmente, os conceitos de abordagem sistêmica e de estiagem a fim de contextualizar o estudo realizado no Oeste Catarinense. Ao considerar a abordagem sistêmica como um olhar paradigmaticamente distinto do olhar atual, sobre o problema sistêmico e complexo de estiagem, resulta claro que a análise da estiagem exige uma interconexão de elementos e informações. A partir desse entendimento, explicita-se também que a abrangência do sistema da estiagem, além de passar pelas características físicas de um território, as políticas e instituições envolvidas, atinge a articulação entre esses elementos.

Os dados preliminares da pesquisa intitulada “Estiagem no Oeste Catarinense: Diagnostico e Resiliência” possibilitaram o desenvolvimento dos primeiros esboços conceituais de análise sistêmica do problema da estiagem. O trabalho, solicitado e financiado pela Secretaria de Estado de Defesa Civil de Santa Catarina, com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), além de aproximar as instituições, ofereceu uma diversidade de pontos de vista acerca de uma problemática extensa. Especificamente, aqui são apresentados alguns exemplos de arquétipos, ou seja, “histórias clássicas dos sistemas” aplicados ao entendimento de uma situação e à identificação dos ciclos de reforço e equilíbrio no contexto de pesquisa; dois esboços de diagramas causais gerais, um que representa uma primeira análise dos resultados de um estudo diagnóstico realizado numa primeira parte do projeto e o outro que representa uma primeira interpretação dos resultados do trabalho de campo (entrevistas, reuniões e oficinas participativas) e um diagrama causal que consolida o resultado da primeira análise.

2. Abordagem Sistêmica

A abordagem sistêmica surgiu, essencialmente, a partir da dificuldade em utilizar a abordagem analítica para explicar fenômenos complexos que eram influenciados pelo contexto e pelas inter-relações (BARCELLOS; ANDRADE; NÓBREGA FILHO, 2005). A fim de compreender a análise sistêmica aplicada ao estudo da estiagem, mesmo que brevemente, necessita-se clarificar alguns conceitos base e pressupostos acerca dos sistemas e seu funcionamento geral, além de apresentar as características peculiares à abordagem sistêmica, especialmente quando voltada para a análise e a representação de problemas sistêmicos.

Segundo alguns autores, a relação de pensamento linear é parte do próprio processo cognitivo humano o que torna uma tarefa mais fácil a utilização de ferramentas lineares de avaliação (HUMMELBRUNNER, 2011). Mas isto não quer, obviamente, dizer que se trata de algo inato. Em muitas épocas passadas e em várias regiões do mundo existiram e ainda existem, processos cognitivos humanos organizados noutra lógica. A linearidade do processo cognitivo foi uma herança da chamada *nova* ciência, a ciência galilaico-cartesiana que, triunfante nos séculos XVI/XVII, ainda hoje marca o nosso pensamento (FREITAS, 1999), mesmo que outras lógicas científicas de abordagem venham se impondo. O que se passa, contudo, é que

se cientificamente diversas abordagens científicas se orientam por pressupostos não lineares nem reducionistas, outras ainda os seguem e, mais importante do que isso, o moderno pensamento humano em geral, e o pensamento dos decisores políticos em particular, adoptam uma lógica linear por convicção ou por conveniência.

Tal lógica, quando aplicada à análise de ambientes dinâmicos e complexos, apresenta diversas limitações:

- a simplificação dos processos pode ignorar aspectos vitais da intervenção e/ou torná-los fixos, bloqueando aprendizados e adaptações (HUMMELBRUNNER; ROGERS; WILLIAMS, 2010);
- processos complexos e multi-fatores não são profundamente analisados, o que pode dificultar a tomada de decisão ou levar a decisões superficiais para atender demandas urgentes (BAKEWELL; GARBUTT, 2005);
- o vínculo da abordagem linear com as avaliações de resultados convergem a um único objetivo de apresentar resultados que são apenas vistos se atingem o objetivo esperado por caminhos esperados (GASPER, 1999);
- quando fixadas como instrumentos de trabalho, as ferramentas lineares impõem aos envolvidos na utilização uma adaptação à sua lógica de pensamento ao invés de lhes permitirem contribuir com novas formas de pensar (BAKEWELL; GARBUTT, 2005).

A abordagem clássica de gestão, também considerada positivista e mecanicista, adequa-se à resolução de problemas que possam ser isolados e calculados separadamente, porém, não serve para processos que incluem interações, exigindo um novo pensamento matemático (CHECKLAND, 1999). Em resposta aos problemas da abordagem clássica, a abordagem sistêmica oferece um melhor entendimento do todo e, assim, constitui um subsídio para uma avaliação mais ampla. Dessa forma, a abordagem sistêmica, que considera a complexidade existente, preenche algumas lacunas existentes no paradigma vigente.

2.1. Sistemas e Complexidade

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS), em meados do século XX, tornou-se um marco conceitual que reuniu modelos, leis e princípios de diversas áreas em torno de um mesmo tema. A teoria foi inovadora a partir do momento que ofereceu interpretações gerais e abrangeu disciplinas que, até então, não haviam formalizado o uso do conceito dos sistemas em suas teorias. No entanto, esse uso da TGS em várias disciplinas trouxe problemas de aceitação relacionados ao seu entendimento e aplicação. Analogias teóricas levaram a algumas conclusões equivocadas, como quando considerou-se que as pessoas seriam apenas elementos substituíveis dentro de um sistema industrial (BERTALANFFY, 1977). Em disciplinas demasiadamente complexas, a exemplo da genética e da economia, a TGS ofereceu somente um entendimento introdutório por não abarcar o tema completamente. Segundo Morin, faltou à teoria questionar-se sobre o seu fundamento que é a própria ideia de sistema (MORIN, 1997). Mas essas falhas da TGS isso não denotam que o próprio pensamento sistêmico tenha falhado (CHECKLAND, 2000).

A ampliação e o aprofundamento de uma hipótese sistêmica visam superar a crítica que certos autores já vinham fazendo aos entendimentos mais mecânicos sobre funcionamento dos sistemas, próprios das áreas tecnológicas especializadas e onde é possível considerar sistemas físicos com fronteiras muito bem definidas, elementos e conexões delimitados e propósitos muito específicos. Os sistemas passam, assim, a ser vistos como redes, ou seja, como complexos não lineares de organização que incluem, entre outros aspectos (FREITAS, 2009):

- constantes interações entre seus elementos que, por isso mesmo, nunca podem ser vistos como elementos isolados mas sim como elementos em relação;
- tais interações são desencadeadas por diferenças (já que só a diferença tem significado para a rede) e ocorrem segundo um ou vários padrões organizativos;
- certas relações reforçadas, acabam definindo nós ou seja, conjunto de elementos concatenados que, em geral, correspondem a subsistemas;

- as relações causais são, em geral, multicausais e potencialmente invertidas, ou seja, o efeito pode virar causa e a causa pode virar efeito;
- tais relações definem ciclos de realimentação em que a variação de um fator determina a variação de outro(s) que acaba(m) retroagindo no fator que inicialmente variou;
- sistematicamente ocorrem ou podem correr emergências ou surgimentos espontâneos, isto é, novas dinâmicas anteriormente não previsíveis;
- embora o todo resulte do funcionamento de cada parte e suas interações, cada parte também é influenciada pelo todo e é dele, de alguma forma, um reflexo (princípio holográfico).

Uma vez que os elementos de um sistema nunca são completamente *individualizados*, eles sempre são *elementos relacionados*. Como tal, trata-se não de *constituição* do sistema, mas sim de *relações de constituição* do sistema e, em decorrência disto, as relações ou interconexões são *relações de relações*. No que se refere aos sistemas sociais e, possivelmente, também aos sistemas físico-naturais, há relações de condicionamento superior, as *relações de ordem* (FREITAS et al., 2009). A informação é vista como uma perturbação que, interagindo com os elementos relacionais, acaba provocando no sistema uma seleção de uma resposta de entre várias possíveis, o que destaca uma dinâmica seletiva e não uma dinâmica informativa.

Trata-se daquilo que Capra (1982) designa por *ampliação da hipótese sistêmica*, que ocorre no âmbito das hipóteses e modelos formulados pela chamada Teoria de Complexidade ou Pensamento Complexo e se concretiza na compreensão das lógicas do padrão em rede e do funcionamento em rede. Existem muitas propostas e tentativas de definição do que é complexidade, mas não cabe aqui revê-las de forma detalhada. Assim, toma-se como base uma formulação geral, e, por isso mesmo, largamente consensual:

[...] a complexidade é, antes do mais, uma qualidade, um estado, um padrão de organização que está presente no universo como um todo e que, em alguns de seus componentes, [...] atinge níveis do que podemos considerar hipercomplexo (MORIN, 2005).

Mas a complexidade tem outra dimensão, mais epistemológica, sendo característico do processo de cognição (conhecer, saber) da vida, como um todo e seus diversos componentes (FREITAS, 1999).

Os sistemas complexos são caracterizados por situações dinâmicas nas quais os problemas mudam ao interagir com outros problemas. Por isso, é difícil formular os problemas sistêmicos, já que eles apresentam características de interdependência e multi-causalidades contínuas, circulares. Certos aspectos, vistos como causas, viram efeitos e vice-versa. Os sintomas são confundidos com o problema e as soluções produzem consequências que podem gerar outros problemas. Como não há definição do problema, as soluções também não são claras. O entendimento do problema evolui conforme as soluções acontecem ou não acontecem. Ao mesmo tempo, não há solução falsa ou verdadeira, mas soluções melhores ou piores que normalmente são limitadas por prazos, recursos e outras razões, mas não por uma resposta definitiva. As soluções normalmente demandam o envolvimento de diversas organizações públicas, privadas, não governamentais e indivíduos, e adicionalmente, uma mudança comportamental dos envolvidos e cidadãos em geral. Cada problema sistêmico é único por isso não é possível determinar classes de problemas e soluções.

Essas características podem ser encontradas em alguns exemplos contemporâneos de problemas sistêmicos como a pesca marítima (predatória), o uso de estradas, rodovias e locais de estacionamento (tráfego excessivo) e a própria utilização do ar e da água (poluição, estiagem). São temas que se assemelham por apresentar limites para o estoque e a taxa de renovação, fácil apropriação e uso corrente (o que um usa, o outro não pode usar) (JAY, 2013). Representam bens comuns e sua gestão têm as características dos problemas sistêmicos visto que, em algum ponto das causas ou consequências, tocam as políticas públicas e os desafios de planejamento territorial.

2.2. Análises sistêmicas

Há muitos tipos diferentes de sistemas. “Num extremo, são tão grandes como o próprio universo, enquanto no outro extremo são tão pequenos, como um átomo” (SIMONOVIC, 2009, p. 65). Como o autor destaca, os sistemas começaram pelos sistemas naturais, até ao aparecimento do Homem na

Terra e, conseqüentemente, dos sistemas artificiais construídos pelo Homem (SIMONOVIC, 2009). Considera-se a existência de alguns pares de tipos de sistemas, como os sistemas naturais *versus* feitos pelo homem, sistemas físicos *versus* conceituais, estáticos e dinâmicos, abertos e fechados, entre outros. A tais dicotomias dever-se-á juntar, no mínimo, a dicotomia vivo e não vivo (dentro dos sistemas naturais), mas é possível estabelecer outras.

Conforme Meadows (2008), um sistema “*não é somente uma velha coleção de coisas*” um sistema “*é um conjunto inter-relacionado de elementos, coerentemente organizados*” (op. cit., p.11) para alcançar uma função ou propósito. Simonovic (2009), em seu significado mais geral, define sistema como um conjugado de fatores estruturais e não estruturais, conectados e organizados para um desígnio específico. Este desígnio acontece com a distribuição e o controle de recursos materiais, energia e informação. Isto é, em um sistema há sempre que considerar os elementos, interconexões e uma função ou propósito (MEADOWS, 2008).

Ainda que, em geral, isso seja aplicável a todos os sistemas, existem várias diferenças entre, por exemplo, os sistemas físico-naturais, sistemas físico-tecnológicos, sistemas biológicos, sistemas humanos-sociais ou sistemas mistos. Assim, “a palavra função é geralmente usada para sistemas não-humanos, a palavra *propósito* para os humanos” (MEADOWS, 2008, p. 15), contudo, e até porque certos sistemas são mistos, tal diferenciação não é absoluta. Ainda, segundo a mesma autora, “*muitas interconexões no sistema operam por fluxo de informação. A informação mantém a coesão do sistema e joga um grande papel na determinação de como ele opera*”¹ (MEADOWS, 2008).

Assim, para compreender o funcionamento básico dos sistemas existem, ainda, duas noções que devem ser abordadas: *estoque* e *fluxo*. Os fluxos são todos os tipos de ações que influenciam e fazem alterar o *estoque*. Assim, pode afirmar-se que os estoques traduzem um conhecimento histórico sobre as alterações de fluxos dentro do sistema (MEADOWS, 2008). Representam a base de qualquer sistema uma vez que os “*estoques são os elementos do sistema que podemos ver, sentir, contar ou medir em qualquer momento*” (MEADOWS, 2008, p. 17). Assim, segundo a mesma autora, [...]

[...] *um estoque de um sistema é exatamente aquilo que a designação sugere: um armazenamento, uma quantidade, uma acumulação de material ou informação que foi construída ao longo do tempo* (MEADOWS, 2008, p.17-18).

Num sistema aberto, há fluxos de entrada e fluxos de saída, com velocidades de variação rápidas se comparadas a demora de alteração dos estoques. “*Por isso, os estoques funcionam como tempos de espera, amortecedores ou absorvedores de choque*” (MEADOWS, 2008, p. 23). Em geral, a perturbação incluída num ciclo de realimentação (mesmo ciclos não físicos) só afeta o comportamento futuro do sistema, já que os sinais não são suficientemente rápidos para desencadear efeitos imediatos. Embora existam, por exemplo, realimentações biológicas de ação muito rápida, ainda assim existe um período curto entre a causa e o efeito. Esse *atraso* ou *tempo de espera*² representa um fenômeno frequente na dinâmica sistêmica.

Quando uma saída provoca um efeito de retorno em sua entrada, há um ciclo de realimentação³ (STERMAN, 2002). Estes representam cadeias fechadas de conexões causais desencadeadas pela variação (aumento ou diminuição) de uma certa variável que, por sua vez, influencia de forma causal outra(s) variável(eis), acabando por realimentar a variável que desencadeou o processo. Os ciclos alteram um estoque por meio de um conjunto de decisões, regras, leis ou ações. De acordo com Simonovic (2009) o [...]

¹ Os autores entendem que, nesse contexto, o conceito de informação deve ser assumido de forma muito ampla, incluindo os dados (internos e externos) de um sistema e não exclusivamente um certo conteúdo informativo, com uma fonte emissora e uma fonte receptora.

² Do inglês, *delay*. O termo é normalmente traduzido como “atraso”, mas em sistemas ele indica um tempo de espera existente entre a causa e a consequência.

³ Do inglês, *feedback loop*.

[...] *ciclo causal de realimentação é um percurso fechado que liga, em sequência, a decisão que controla a ação, o nível (estado ou condição) do sistema e informação sobre o nível do sistema* (SIMONOVIC, 2009, p. 95).

Os ciclos de realimentação podem ser negativos ou positivos (MEADOWS, 2008; SIMONOVIC, 2009). Os ciclos de realimentação negativos ou de equilíbrio⁴ (ciclos de estabilização⁵) ocorrem quando o retorno faz um fator variar no sentido oposto ao seu movimento inicial (+ e - ou - e +) e contribui para a manutenção do equilíbrio, mas também, resistência do sistema à mudança. Já os ciclos positivos ou de reforço⁶ (ciclos de fuga⁷) se dá quando o retorno faz um fator variar no mesmo sentido que o inicial (+ e + ou - e -), representam o crescimento ou a diminuição exponencial e, em última instância, pode levar à ruptura e/ou colapso dentro de um sistema, com a emergência de nova lógica. (MEADOWS, 2008; STERMAN, 2002). Os ciclos de reforço têm a mesma lógica dos círculos viciosos ou virtuosos.

3. Estiagem

3.1. Acerca do conceito de estiagem

Estiagem é um termo de significado não consensual uma vez o conceito não está consagrado de forma autônoma na terminologia do domínio científico onde se integra (a climatologia), nem na língua portuguesa, nem em outras línguas. Efetivamente, ao traduzir a palavra “estiagem”, o termo aproxima-se ao significado de seca, isto é, *drought*, em inglês; *sequia*, em espanhol; *sécheesse*, em francês; *siccità*, em italiano. E, mesmo no que se refere ao português, em seu uso em Portugal e países africanos de expressão portuguesa, a palavra estiagem, quando usada, é sinônimo de “seca”.

Por um lado, isto também acontece no Brasil, como fica claro numa certa adjacência de significado encontrada nos documentos do Ministério da Integração (CASTRO, 2003), na designação do “bolsa estiagem” aplicada às situações de seca nos estados do semiárido, e em muitos textos onde os dois termos são indistintamente usados. Por outro lado, o termo estiagem se diferencia ao designar um certo tipo de seca, menos intensa e de duração mais limitada, que ocorreria em certas regiões do país, nomeadamente a região Sul. Assim, há secas no semiárido, que integra os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e norte de Minas Gerais, com reduzida média anual de pluviosidade concentrada na estação úmida, rios intermitentes, elevadas temperaturas e solos rasos sem capacidade de retenção de água. No Sul ou, mesmo, no Sudeste, com climas subtropicais, boas médias anuais de pluviosidade, rios permanentes com boa vazão média, solos mais desenvolvidos e capazes de reter água, existem estiagens. Considera-se que há estiagem quando:

o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias; as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, da região considerada (CASTRO, 2003, p. 56).

O clássico Glossário da Defesa Civil, de autoria do general-médico do exército brasileiro Antônio Luiz de Castro, destacado membro da Defesa Civil brasileira⁸ já falecido, define estiagem como:

⁴ Do inglês, *balancing feedback loop*.

⁵ Do inglês, *stabilizing loops*.

⁶ Do inglês, *reinforcing feedback loop*.

⁷ Do inglês, *runway loops*.

⁸ Membro da Defesa Civil do Brasil idealizador da Política Nacional de Defesa Civil no Brasil, anterior à Lei 12.608. Conferencista, instrutor, organizador e professor na Secretaria Nacional de Defesa Civil. É o idealizador de cursos de formação e capacitação que a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) colocou em prática para difundir sua doutrina e técnicas.

“período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição” (CASTRO, 1998). Esta definição, com parâmetros de menor precisão que a anteriormente citada, está muito próxima da que o mesmo autor dá para seca: *“ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação”*. O mesmo glossário e o Manual de Desastres defendem que, do ponto de vista meteorológico, a seca é *“uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes”* (CASTRO, 2003).

A Secretaria de Estado de Defesa Civil de Santa Catarina, em seu glossário, não inclui o termo estiagem. Mas, por exemplo, a Prefeitura de Guarujá, em um alerta divulgado em julho deste ano de 2015 definiu a estiagem como *“o resultado da redução, atraso ou ausência de chuvas em períodos chuvosos previstos para uma determinada temporada”*; acrescenta, ainda que, durante a estiagem:

*pode ocorrer racionamento de água em virtude da diminuição nos reservatórios e rios. Também há falta de energia elétrica, pois grande parte da eletricidade no País é produzida por usinas hidrelétricas. Além disso, há aumento do perigo de incêndios em matas e florestas. Tomando alguns cuidados, será possível evitar as queimadas.*⁹

Vários autores como Valiente (2001) distinguem entre “seca meteorológica”, “seca agrícola”, “seca hidrológica” e “seca socioeconômica”. No que se refere à seca meteorológica, o mesmo autor, citando Palmer (1965), define-a como intervalo de tempo, geralmente de meses ou anos, durante o qual, o aporte de umidade em um determinado local é menor que o aporte de umidade previsível (VALIENTE, 2001). As definições mais específicas de seca meteorológica variam de país para país ou região para região, em função das características do clima regional.

Já a seca agrícola está relacionada com a quantidade de umidade no solo que pode afetar a atividade agrícola e, por isso, aproxima-se da seca socioeconômica. Dependendo das características do solo e dos cultivos pode acontecer que uma seca meteorológica vire ou não seca agrícola. A seca hidrológica tem a ver com a redução dos caudais dos rios. Linsley (1975) citado por Valiente (2001) define seca hidrológica como *“período durante o qual os caudais são inadequados para satisfazer os usos estabelecidos por um determinado sistema de gestão das águas”* (VALIENTE, 2001, p. 62). Finalmente, a seca socioeconômica sucede à seca agrícola e se constitui como um período de seca meteorológica, agrícola e hidrológica com impactos sérios nas dinâmicas sociais e/ou econômicas da região.

As referências aplicadas à seca também relacionam-se à estiagem. De forma fundamental, uma vez que a estiagem é um tipo de seca e, adicionalmente, porque a estiagem tem um componente meteorológico, um componente hidrológico, um componente agrícola e socioeconômico. Ou, se for o caso, considera-se que o termo estiagem inclui diferentes tipos de estiagem. Por isso, suplantando a polêmica sobre a diferenciação do termo “estiagem” em relação ao termo seca, a designação de estiagem é também utilizada para designar os nefastos efeitos socioeconômicos desencadeados por esse evento, isto é, um certo tipo de desastres.

Assim, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) define estiagem como um *“período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição”* e define o tipo de desastre “seca” como *“estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico”*.

3.2. Estiagem e desenvolvimento

Nas sociedades modernas os riscos adquiriram uma tal amplitude e diversidade que autores como Ulrich Beck falam de uma sociedade de risco na qual a produção social de riqueza é acompanhada sistematicamente da produção social de riscos (BECK, 1997). Há paralelos conceituais entre a globalização e a sociedade de risco pois ambas exibem a democracia ao atingir nações e

⁹ Sítio WEB da Prefeitura de Guarujá, <http://portal.guaruja.sp.gov.br/2015/07/defesa-civil-orienta-populacao-como-se-prevenir-no-periodo-de-estiagem/>. Acesso em 15/12/2015.

classes sociais (GUIVANT; MACNAGHTEN, 2001). Contudo, o eventual caráter “democrático” da distribuição do risco deve ser lido de forma muito cuidadosa; como o próprio Beck reconhece, embora as pessoas estejam globalmente sujeitas a várias grandes ameaças comuns, os graus de vulnerabilidade e as condições para lidar com os riscos são variadas. Assim, os mais desfavorecidos acabam sendo, sempre, mais atingidos. Inversamente ao histórico de distribuição da riqueza, a acumulação dos riscos em áreas menos abastadas reforça o esquema de classes sociais. Esta ideia da construção social do risco é partilhada por muitos autores. Sendo socialmente construídos, em sua maioria, os riscos, estão associados aos processos de desenvolvimento das sociedades modernas e pós-modernas.

A declaração final *O futuro que queremos* da Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, realizada em 2012 no Rio de Janeiro, assume um sentido similar e apela para a Redução de Risco de Desastres (RRD) e a construção da resiliência, salientando a sua relevância na erradicação da pobreza e na construção do desenvolvimento sustentável. O *Global Assessment Report of Disaster Risk Reduction* de 2015 é claro ao acentuar que [...]

[...] os desastres têm sido interpretados como ameaçando o desenvolvimento pelo lado de fora. Como resultado disso, a geração de riscos de desastres no interior do processo de desenvolvimento não tem sido devidamente considerada (UNISDR, 2015, p. 23).

Em seu relatório de 2015, a UNISDR cita como exemplos, entre outros, o caso do tsunami no Sudoeste Asiático, ocorrido no final de 2004, e o evento extremo em Nova Orleans com furacão Katrina. Conclui que:

em muitos contextos, a redução do risco de desastres tem sido abordada com base na interpretação do desastre como dis-astrum, mais como uma série de práticas contra ameaças exógenas do que práticas para prevenir e evitar a geração e acumulação de riscos dentro do processo de desenvolvimento. Esta interpretação permeou e influenciou a prática de gestão de risco de desastres e sua eficácia no atingimento dos objetivos da política de redução de risco de desastres (UNISDR, 2015, p. 26).

Assim, hoje é generalizadamente reconhecido o fato de existir uma relação intrínseca entre desastres e certo(s) modelo(s) ou opções de desenvolvimento, por vários níveis de representatividade nacional e internacional. Infelizmente, isso não significa que esse reconhecimento se traduza em uma mudança efetiva do modelo ou das opções de desenvolvimento. Apesar do discurso, muitas vezes somente retórico, do desenvolvimento sustentável, as opções e práticas de desenvolvimento continuam sendo, muitas vezes, insustentáveis. Existe uma real dificuldade de manter práticas consistentes e continuadas que se distanciem do modelo de desenvolvimento dominante e da imposição dos interesses econômicos. O paradigma central do desenvolvimento continua centrado na ideia de que é necessário e possível promover um contínuo crescimento econômico, ou seja, produzir sempre mais e mais riqueza, mesmo se já vem sendo inequivocamente demonstrado que, na maioria dos casos, a criação de mais riqueza não correspondeu a uma melhor distribuição, mas antes ao reforço do patrimônio dos ricos. Associada aos desastres, existe uma indústria que tenta sobreviver seguindo a lógica do paradigma dominante, e que está mais focada em responder aos desastres do que em evitar que aconteçam.

4. Análise Sistêmica da Estiagem

O pensamento sobre a gestão de riscos e desastres tinha (e até certo ponto ainda tem) a base nessa lógica linear e reducionista. Tal lógica pode representar-se em sua versão mais simplificada e naturalizante (ou seja, com tendência a responsabilizar a natureza), como a Figura 1 ilustra ou incluir uma parte da responsabilidade humana, conforme a Figura 2.

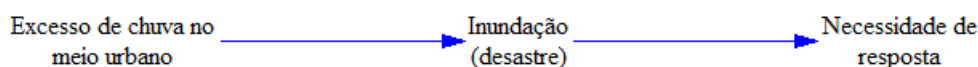


Figura 1. Sequência linear causal naturalizante aplicada aos desastres (inundação). Fonte: própria pesquisa.

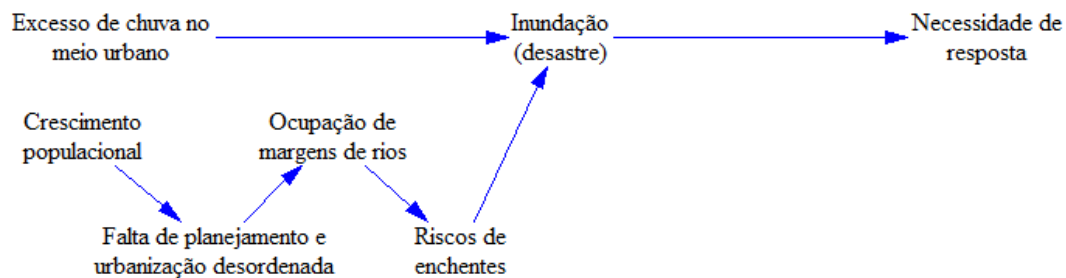


Figura 2. Sequência linear causal aplicada aos desastres (inundação) com uma parte da responsabilidade humana.
Fonte: própria pesquisa.

Em qualquer um dos casos, trata-se de racionalidades lineares. Tais racionalidades que, por vezes, admitem várias cadeias lineares causais ou mesmo multicausais, encontram dificuldades para atingir uma visão sistêmica tanto no que se refere ao entendimento do problema e, muito menos, no que diz respeito à solução. Esta é subdividida em partes de responsabilidades de diversos agentes que, normalmente, pouco ou nada dialogam entre si.

Uma vez que a análise sistêmica da estiagem se apoiou nos dados preliminares da pesquisa realizada no Oeste Catarinense, uma breve descrição dos métodos de investigação possibilita compreender a forma que como o escopo sistêmico foi visado. A investigação assumiu um caráter de métodos mistos que mescla abordagens quantitativas e qualitativas uma vez que, da mesma forma que a metodologia de pesquisa se transforma continuamente, a união dos métodos ressalta as vantagens existentes em cada um (CRESWELL, 2010, p. 238). Assim, o processo de coleta e análise de dados incluiu um diagnóstico documental, um trabalho de campo com entrevistas e reuniões, e oficinas em grupos.

O diagnóstico documental visou a caracterização da realidade físico-natural e econômico-social atual e, sempre que possível e pertinente, da sua evolução durante os últimos trinta anos. Em alguns casos, a exemplo das informações socioeconômicas, tratou-se de identificar, confrontar e analisar os dados das estatísticas oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); em outros, como nos dados climáticos, houve a produção indireta de dados por meio da técnica de reanálise, a partir de fotografias aéreas, para obtenção de informações sobre a temperatura e a pluviosidade.

O trabalho de campo incluiu duas etapas. A primeira consistiu na realização de visitas às cinco microrregiões do Oeste Catarinense para reuniões com pessoas e entidades previamente selecionadas. A organização das visitas e reuniões contou com a intermediação dos Coordenadores Regionais de Proteção e Defesa Civil. Os objetivos foram identificar as boas práticas e problemas críticos e recolher dados e opiniões de instituições, grupos e responsáveis sobre o impacto da estiagem na economia local. Os entrevistados e/ou atores convidados para reuniões incluíam os produtores locais e instituições de representação de produtores e trabalhadores rurais; agentes públicos, agências de regulação e prestadoras de serviços públicos; Comitês de Bacia, Associações de Municípios e órgãos colegiados de Defesa Civil; iniciativa privada e, em especial, empresas agropecuárias que processam a produção local; cooperativas e outras organizações associativas de produção e comercialização.

As visitas e reuniões foram agendadas nos municípios sede das cinco microrregiões (Joaçaba, Concórdia, São Miguel do Oeste, Chapecó e Xanxerê) ou em municípios vizinhos, e a troca de informações foi gravada em áudio sempre quando houve a permissão dos participantes. O roteiro das entrevistas, individuais e em grupo, e de reuniões de debate seguiu um padrão semiestruturado que incluiu a intenção de identificar as opiniões dos participantes sobre as causas da ocorrência de estiagem e causas da amplitude de seus impactos na rotina local, as políticas públicas existentes e ações realizadas e/ou em curso, as medidas de prevenção e de resiliência comunitária, incluindo as ações de resposta e de adaptação existentes e a percepção dos participantes em relação às causas da estiagem e formas de diminuir seus impactos.

As cinco oficinas também aconteceram nas sedes das cinco microrregiões do Oeste Catarinense. O objetivo geral das oficinas foi aprofundar o diagnóstico documental, considerando o conhecimento comunitário e dos principais grupos afetados, e compreender a promoção da resiliência a partir do entendimento das comunidades e dos principais atores. Os objetivos específicos foram identificar e caracterizar as principais causas dos impactos da estiagem; identificar e caracterizar políticas e ações em curso; e recolher opiniões acerca das melhores formas de promover a resiliência comunitária. Do ponto de vista metodológico, adotou-se uma estratégia de resolução de problemas. O desenho geral das oficinas foi inspirado na publicação *Como identificar un problema y elaborar una propuesta. Guía 1/Unidade de Ação Política, publicada em La Paz pelo Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA)*, em 2009. A partir dessa base conceitual, criou-se uma dinâmica que metodologicamente foi dividida em quatro grandes etapas: a) abertura e pronunciamento; b) orientações gerais; c) trabalho de grupos; d) plenária final. O trabalho de grupos incidiu sobre: a) importância do problema (estiagem) para a região e seus habitantes; b) antecedentes e causas; c) o que dizem as autoridades e a comunidade científica sobre o problema; d) existência de políticas públicas e ações em curso; e) soluções e sua relevância e exequibilidade relativas.

4.1. O sistema “Prevenção e promoção da resiliência face à estiagem”

A consideração de um sistema de *Prevenção e promoção da resiliência face à estiagem* é, inevitavelmente, um sistema que tem como objetivo a promoção do equilíbrio dinâmico do estoque de água de qualidade disponível para a comunidade e suas atividades, ao longo de todo o ano, no Oeste Catarinense. Torna-se necessário o estabelecimento de relações mais claras entre a estiagem como fenômeno climático (ameaça) e a estiagem como desastre, mediada pela existência de vulnerabilidades associadas ao *modus vivendi* no Oeste Catarinense e pela existência ou ausência e eficácia ou ineficácia de medidas preventivas e de resiliência. A complexidade instala-se ao considerar que, embora muitas vezes coincidam, há duas dimensões distintas do fenômeno estiagem: uma é a estiagem como fenômeno climático, outra é a estiagem como desastre. Até que ponto a estiagem como fenômeno climático sempre condiciona ou não a estiagem como desastre e, mais importante que isso, o contrário, ou seja, até que ponto ocorrem desastres de estiagem sem ocorrência de estiagem climática?

Para que a “estiagem como fenômeno climático” se transforme em “estiagem como desastre” é necessário que certa quantidade de prejuízos aconteça. Assim, pode haver “estiagem climática” (definida nos termos formais legalmente previstos) na mesorregião ou em uma ou duas microrregiões e só haver desastre de estiagem em alguns municípios. Pode, ainda, acontecer que alguns municípios enfrentem a “estiagem como desastre” sem que se tenha atingido o nível de baixa de pluviosidade em época de chuva, conforme o conceito de estiagem estabelecido pela Defesa Civil.

O que determina, realmente, se acontece ou não um desastre de estiagem é o impacto nos valores sociais e econômicos expostos, aos quais estão associados um conjunto de vulnerabilidades. Entre elas situam-se, por exemplo: a elevada e constante dependência de água durante todo o ano para a criação de aves, suínos e gado bovino; a elevada densidade de animais por microrregião e por propriedade rural; a falta de infraestruturas de armazenamento de água; a elevada dependência de pluviosidade, particularmente, em certas épocas do ano, para a cultura de grãos; a utilização de espécies agrícolas geneticamente modificadas que necessitam de mais água que as nativas; a existência de água superficial poluída; a exaustão do solo por más práticas agrícolas, etc.

O sistema considerado para a análise é um sistema misto, altamente complexo, que integra subsistemas de diferentes tipos (sistemas físico-naturais, sistemas físico-tecnológicos, sistemas biológicos e sistemas sociais). Entre tais subsistemas incluem-se os que estão relacionados com as condicionantes físico-naturais geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climáticas, hídricas que regulam a disponibilidade hídrica; os que estão relacionados com as atividades humanas, as opções de desenvolvimento e dinâmicas socioeconômicas que geram demanda de água e as concepções que as suportam; os que integram políticas, programas e ações que de alguma forma se relacionam com o problema. É, também, um sistema intencional, ou seja, é um sistema com objetivo de gestão/redução de risco.

Dentro do entendimento da estiagem como um subproblema da gestão da água e esta como um desafio sistêmico, não poderá esquecer-se que os sistemas de recursos hídricos apresentam características específicas relacionadas ao tempo e às interações existentes (FORRESTER, 1990 *apud* SIMONOVIĆ, 2009):

Causas e efeitos estão frequentemente separados em tempo e espaço. Um exemplo seria o caso de um agente poluidor despejado em uma área próxima a nascente de um rio que traz consequências em direção a jusante e ao longo da bacia, no curto, médio e longo prazo.

Soluções que melhoram a situação em um curto prazo, muitas vezes, criam problemas maiores a longo prazo. Como no incentivo dado pelo governo para a perfuração de poços que, atualmente, produz consequências relacionadas ao controle do número de poços perfurados, exposição dos aquíferos à contaminação nos pontos de perfuração, esgotamento de alguns lençóis freáticos, entre outros.

Os subsistemas e partes do sistema interagem segundo ciclos causais múltiplos e não lineares o que, por vezes, resulta em comportamentos contra-intuitivos. A louvável proteção das nascentes associada a formas de armazenagem intensa, embora cumprindo papel positivo, por um lado, para alguns proprietários, podem causar drástica diminuição da vazão das linhas de água junto à nascente e afetar outros produtores. Outro exemplo, é o de que onde a produção pecuária impulsiona o crescimento populacional, a redução dessa atratividade pela falta d'água ou pela poluição dos mananciais, entre outros efeitos aparentemente negativos, causa a redução das taxas de aumento da população e move o sistema ao equilíbrio.

O tempo de atraso ou espera entre a causa e a consequência faz com que os gestores tendam a reduzir seus objetivos para acomodar-se a uma situação, que algumas vezes, era inicialmente inaceitável. Um exemplo é a escolha das classes de qualidade de água que, de acordo com o uso e o estado de degradação do manancial, os gestores adaptam seus objetivos e optam por alternativas de qualidade relativas ao uso. Assim, metas de níveis de qualidade da água menos exigentes são adotadas visto que o esforço, custo e tempo exigidos para atingir os níveis ideais inviabilizam, muitas vezes, as soluções.

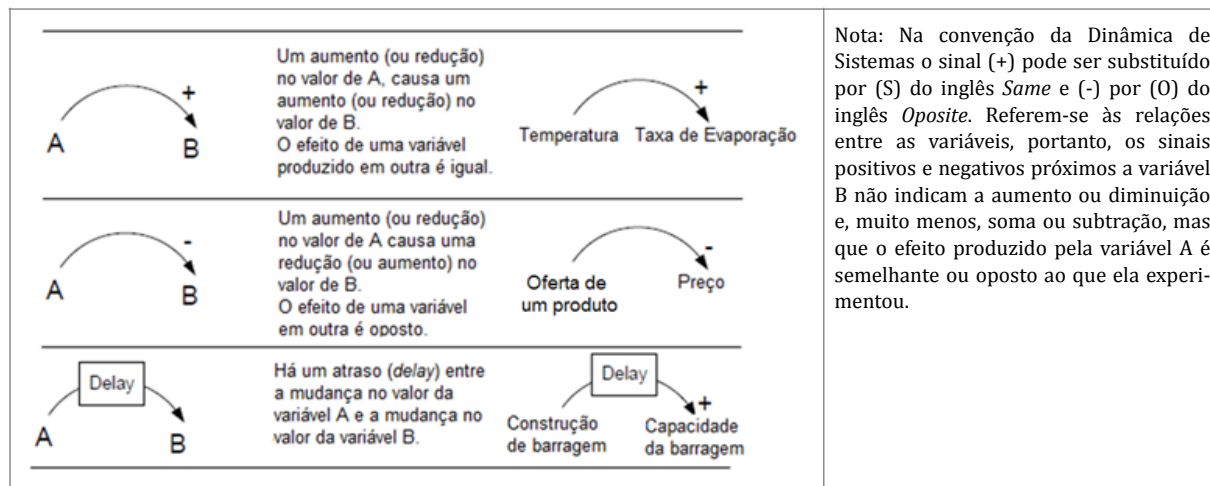
Os princípios que norteiam o processo de gestão sistêmica de recursos hídricos e a tomada de decisões incluem a visão sistêmica, as parcerias, a ciência e dados, a incerteza, o espaço, e a eficiência econômica (SIMONOVIĆ, 2009). A análise da gestão de recursos hídricos, segundo uma visão sistêmica, considera os sistemas físicos e sistemas humanos, ao passo que as parcerias representam a utilização conjunta de várias disciplinas do conhecimento que provêm dados científicos confiáveis.

A incerteza deriva das alterações causadas pelos diferentes objetivos e valores vinculados ao uso da água e da terra relacionada. Esses valores incluem tanto os aspectos produtivos da água, quando o seu valor para o lazer e turismo. O espaço ou território envolve o sistema da bacia hidrográfica na íntegra e é onde ocorre o processamento da energia e dos materiais no ecossistema. Por fim, a eficiência econômica busca o maior valor para o uso da água via medidas físicas, socioeconômicas e de gestão. São os diversos aspectos estudados nessa pesquisa e que oferecem uma visão da problemática sistêmica e esclarecem que as resoluções são contínuas, conforme as interações ocorrem, uma vez que não há solução definitiva para a questão da estiagem.

4.2. Diagramas causais relativos à estiagem

Uma das formas usadas para compreender as inter-relações entre as causalidades sistêmicas e, neste caso, entre os fatores da estiagem consiste na representação das estruturas causais por meio de diagramas. Os diagramas apresentam flechas que, quando em ciclos, representam as relações causais circulares e a realimentação. Os diagramas de ciclos causais¹⁰ são técnicas qualitativas da dinâmica de sistemas de representação as estruturas causais dos sistemas. A Figura 3 exemplifica essas convenções.

¹⁰ CDL, do inglês *Causal Loops Diagrams*.



Nota: Na convenção da Dinâmica de Sistemas o sinal (+) pode ser substituído por (S) do inglês *Same* e (-) por (O) do inglês *Opposite*. Referem-se às relações entre as variáveis, portanto, os sinais positivos e negativos próximos a variável B não indicam a aumento ou diminuição e, muito menos, soma ou subtração, mas que o efeito produzido pela variável A é semelhante ou oposto ao que ela experimentou.

Figura 3. Convenções dos Diagramas de Ciclos Causais. Fonte: Adaptado de ElSawah (2014).

A representação da estrutura do sistema em diagramas permite conhecer os seus padrões típicos de comportamento ao longo do tempo e reconhecê-los em situações do mundo real. Há uma estrutura visual que facilita a comunicação e a interação sobre as diferentes formas de ver uma situação, ao mesmo tempo em que possibilita o aprofundamento de sua compreensão. Finalmente, a representação em diagramas também permite ilustrar as implicações das intervenções.

Começaremos por apresentar algumas estruturas que se repetem em vários sistemas, aqui pautadas nos padrões de comportamento da estiagem no Oeste Catarinense. Essas estruturas comuns, também chamadas de arquétipos, visam facilitar o entendimento de uma situação e identificar os ciclos de reforço e equilíbrio em outras circunstâncias distintas. Os arquétipos de sistema podem ser considerados “estruturas genéricas” ou “histórias clássicas dos sistemas” e, a partir do momento em que há a compreensão de sua lógica, torna-se possível reconhecê-los no dia-a-dia. No que se refere à pesquisa citada foram identificados e caracterizados seis arquétipos dos quais três são apresentados neste artigo.

O primeiro arquétipo chama-se “Limites do Crescimento” e mostra um esforço que, inicialmente, produz um desempenho positivo. No entanto, ao longo do tempo tal esforço encontra restrições que reduzem o desempenho, independentemente da força que é aplicada. No caso da estiagem em Santa Catarina (Figura 4), a produção de aves, suínos e gado inicialmente geram um *loop* de reforço por aumentarem a renda e o crescimento econômico de determinada região.

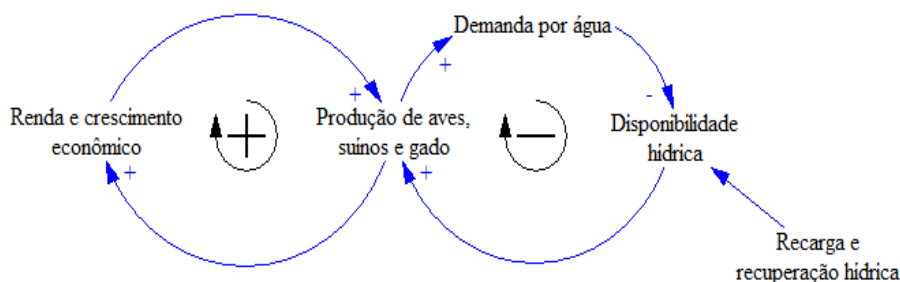


Figura 4. A produção e o uso da água no Oeste Catarinense. Fonte: própria pesquisa.

Ao longo do tempo, a produção pecuária também aumenta a demanda por água e reduz a água disponível que diminui a produção, constituindo um *loop* de equilíbrio.

A condição limitadora é, neste exemplo, representada pela recarga e recuperação hídrica. Esse arquétipo demonstra como o reforço positivo que leva ao crescimento da produção também dispara a limitação dos recursos naturais – quanto maior um, mais rápida será a restrição. Possíveis intervenções nesse arquétipo estão na antecipação aos limites, no controle do crescimento, na redução do processo limitado, entre outros.

Um segundo arquétipo encontrado no Oeste Catarinense chama-se “*Tragédia dos Comuns*” e representam as diversas partes que utilizam um bem comum, mas que não observam os efeitos negativos que o uso produz nesse bem, ocasionando a sua exaustão e a consequente quebra das atividades. O conceito da Tragédia dos Comuns existe desde a antiga Grécia e indicam situações de exploração excessiva de um bem comum. No Oeste Catarinense, a ocorrência de sobre-exploração da água acontece na pecuária. A representação em diagrama causal da Figura 5 demonstra o arquétipo no tipo de produção pecuária, no caso, utilizou-se um exemplo relacionado à suinocultura e bovinocultura, mas que também se aplicaria à produção de aves e quaisquer outras formas produtivas que disputassem o uso da água.

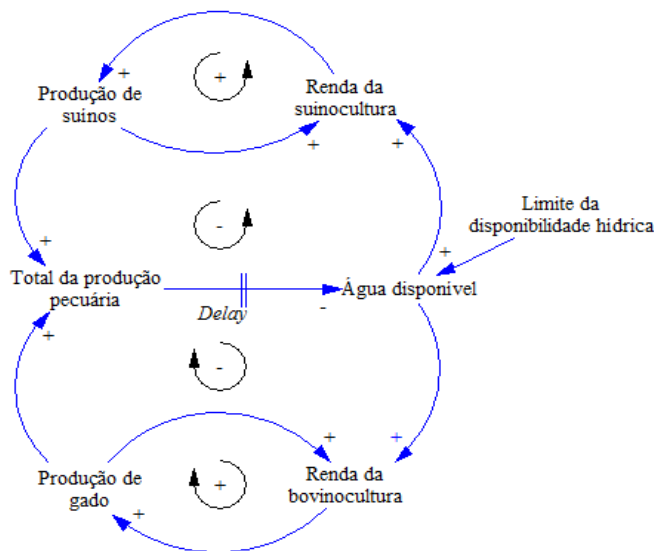


Figura 5. Utilização de água pelas diferentes atividades.
Fonte: própria pesquisa.

A produção e a renda de cada tipo de produção constituem ciclos de reforço, uma vez que, quando um aumenta o outro também aumenta. No entanto, conforme o exemplo, com o passar do tempo e com o aumento da produção de porcos e gado incentivados pela renda, a produção total pecuária esgota a quantidade de água disponível para produção, ocasionando uma redução da renda e, consequentemente da produção pecuária. Várias pessoas desfrutam das vantagens individuais sobre um bem comum, que leva ao seu declínio e consequentemente a todos os indivíduos que dele usufruíam. As intervenções neste arquétipo tratam sobre a gestão clara do recurso (incluindo regulação) e a conscientização sobre o significado maior do bem comum.

resolver algum sintoma de um problema urgente. No entanto, a resposta rápida gera consequências inesperadas que agravam o sintoma já existente. Aparentemente, constituem ciclos de equilíbrio, uma vez que a solução rápida efetivamente reduz os sintomas. Contudo, com o passar do tempo podem transformar-se exatamente no contrário. Efetivamente, como já aconteceu em Concórdia pode ocorrer a contaminação da água subterrânea. Esta contaminação impossibilita a utilização da água subterrânea para resolver a carência por água. A solução rápida para melhorar um sintoma trouxe consequências que criaram ciclos de reforço e agravaram a questão de gestão da água, nomeadamente, em momentos de estiagem (Figura 6). Intervenções que aumentem a consciência sobre as consequências inesperadas, que tenham o foco no problema (e não no sintoma) e que administrem ou minimizem as consequências de longo prazo são possibilidades de abordagem para esse arquétipo.

Outro arquétipo relacionado à estiagem no Oeste Catarinense é conhecido como “*Soluções que Falham*”. O arquétipo é representado por soluções que são rapidamente implementadas para

Em um sistema, sua função/objetivo dita o padrão das interações e é determinante para o seu comportamento. Ele aponta para o comportamento problemático e facilita a identificação dos pontos de alavancagem nos quais o menor esforço traz os maiores benefícios. Primeiramente, assim, analisou-se o padrão das interações que representa a estrutura do sistema e a série de mudanças que constituem o seu comportamento. Em seguida, a identificação da função ou do objetivo do sistema relacionado à estiagem facilitou a compreensão dos pontos de alavancagem. Finalmente, uma avaliação dos fatores em cada uma das microrregiões apoiou a reflexão sobre as possibilidades de intervenção focadas em cada área geográfica.

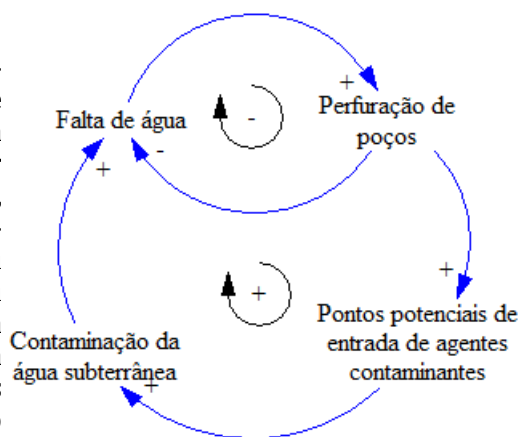


Figura 6. Contaminação de água em Concórdia.
Fonte: própria pesquisa.

A representação do sistema *Promoção e prevenção da resiliência face à estiagem* em diagramas requer a definição de limites do sistema. Assim, dois diagramas piloto foram construídos para representar e interpretar dois entendimentos distintos sobre o fenômeno da estiagem. O primeiro diagrama, “Diagrama da análise documental” (Figura 7), representa os principais fatores resultantes da coleta de dados secundários efetivada pelo grupo de pesquisa da UDESC.

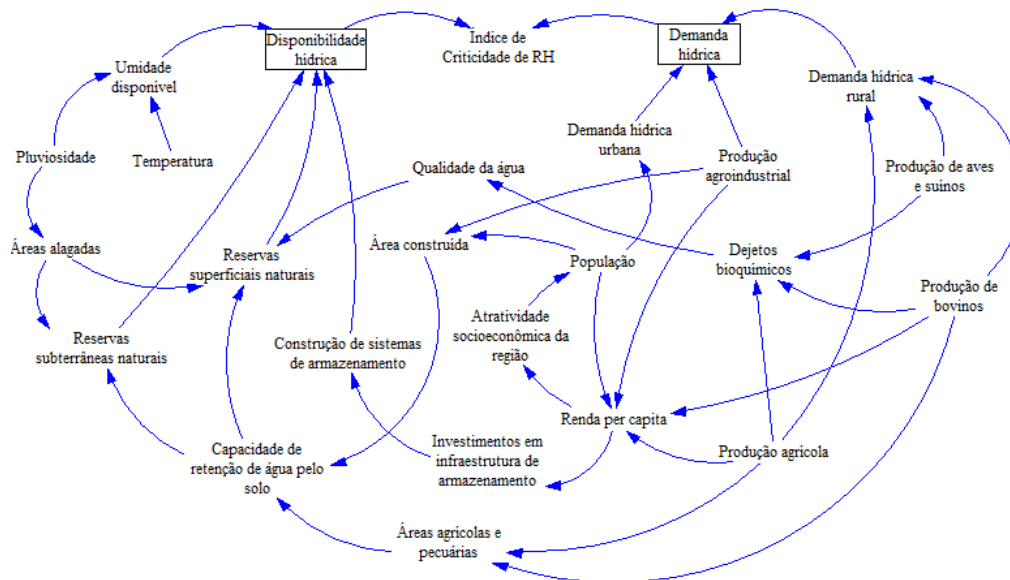


Figura 7. Diagrama emergente da análise documental. Fonte: própria pesquisa.

O conceito de estoque, importante para o entendimento de um sistema, apresenta inúmeras possibilidades de operacionalização em um sistema de estiagem. No entanto, o mais relevante e central estoque do sistema é a quantidade de água de qualidade, acessível a todo o momento para as demandas dos municípios. Tal propósito pode, em termos gerais e em parte, ser medido pelo Índice de Criticidade Hídrica, associado à disponibilidade específica de recursos hídricos ($m^3/\text{habitante/ano}$). Os Índices de Criticidade de Recursos Hídricos (ICRH), associados à disponibilidade específica de recursos hídricos, refletem os problemas de gestão de recursos hídricos que podem ocorrer onde a demanda começa a ser maior do que a oferta. Sendo um indicador compacto muito importante, ele não é, contudo, suficiente. Uma vez que o indicador é anual, ele não assegura a disponibilidade continuada ao longo do ano e em certas épocas específicas. Notadamente, uma vez que há a necessidade de intervir na gestão do equilíbrio entre a disponibilidade e a demanda hídrica ao longo de todo o ano e, conseqüentemente, em todos os fatores e ciclos causais que afetam uma e outra, em suas respectivas variações espaciotemporais, o ICRH falha como subsídio à resolução do problema.

O segundo diagrama, chamado “Diagrama do trabalho de campo participativo” (Figura 8), demonstra as principais variáveis de problema e solução, mencionadas durante as reuniões e oficinas realizadas entre maio e junho de 2015 nas cinco microrregiões.

De maneira geral, ambos os diagramas explicitam que o objetivo/propósito/função do sistema “*Prevenção e resiliência face à estiagem*” que é a promoção do equilíbrio dinâmico do estoque de água de qualidade disponível para a comunidade e suas atividades, ao longo de todo o ano. A gestão dos fluxos hídricos que incluem as saídas e entradas, com suas respectivas qualificações. Os pontos de alavancagem, portanto, localizam-se nos fatores diretamente ligados ao fluxo hídrico e, idealmente, devem concentrar as ações/intervenções para a mudança do comportamento de um sistema.

A Figura 9 representa a consolidação dos dados coletados no diagnóstico documental e nos trabalhos de campo (visitas, entrevistas e oficinas). O fluxo e o estoque de água aparecem em destaque com os respectivos fatores que os aumentam e/ou diminuem. O estoque se vincula às estruturas de armazenamento de água superficial e subterrânea. As entradas que aumentam o estoque ligam-se às variáveis de recarga e conservação de água, e as saídas aos fatores climáticos e de consumo.

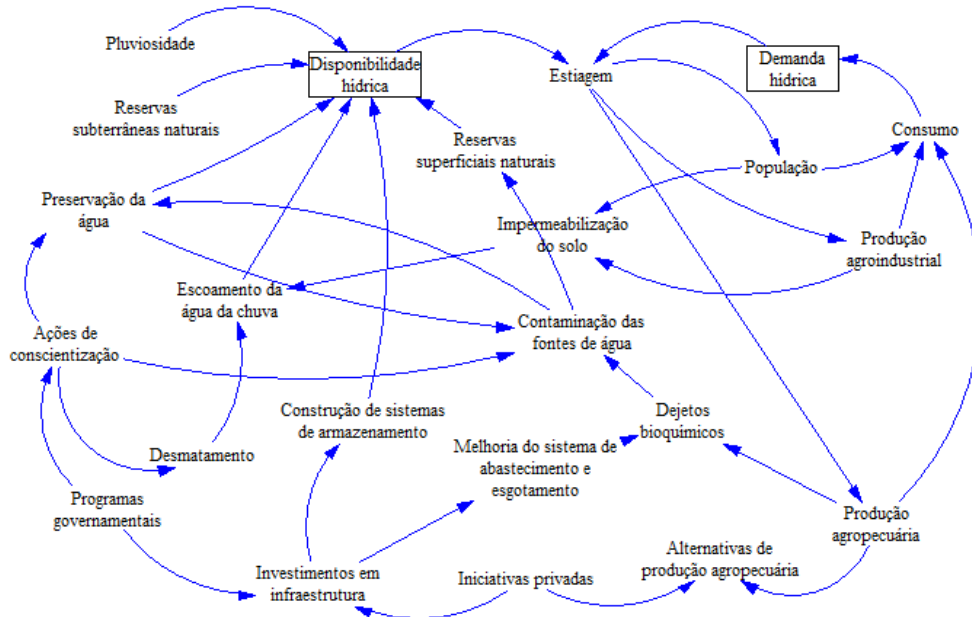


Figura 8. Diagrama emergente do trabalho de campo participativo. Fonte: própria pesquisa.

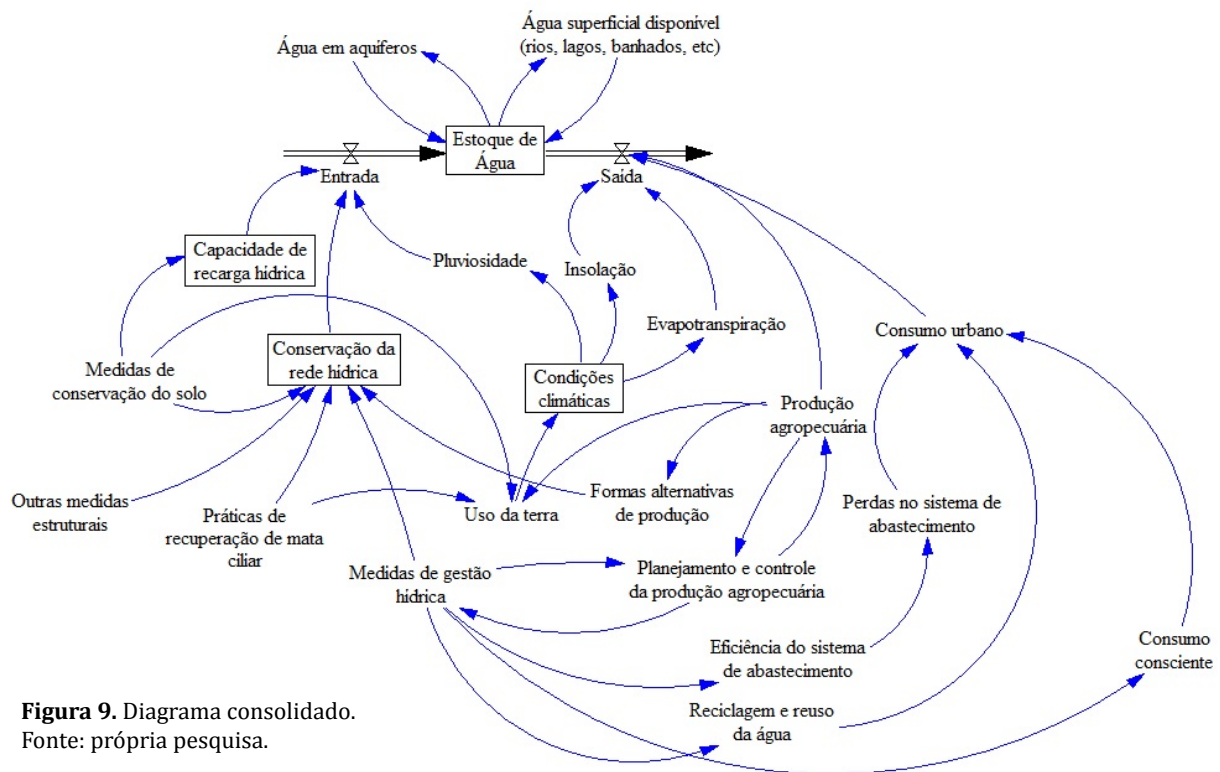


Figura 9. Diagrama consolidado. Fonte: própria pesquisa.

Este artigo apresentou e caracterizou uma arquitetura básica qualitativa de análise sistêmica que se aplica à gestão do risco de estiagem e à gestão dos recursos hídricos. A análise sistêmica oferece a possibilidade tanto de uma ampliação do olhar para utilização da lógica sistêmica em outros casos de gestão de bens comuns e problemáticas complexas, quanto de especificação do problema sistêmico, uma vez que cada um é único e evolutivo, por isso as soluções sugeridas são um quadro de referência para um nível mesorregional, microrregional e, até, municipal.

Os diagramas, ainda que contenham uma gama de variáveis, precisam de uma definição de limites para que uma análise seja possível. Ao mesmo tempo, houve a própria limitação de acesso às informações necessárias para o desenvolvimento do diagrama sistêmico. Entende-se, assim, que as fontes de imprevisos no sistema surgem de sua representação visto que, em um mundo contínuo, não há sistemas separados. Seus limites dependem do propósito da discussão. A entrada mais limitadora é a mais importante para o sistema e qualquer entidade com múltiplas entradas e saídas está cercada de camadas de limites. Os limites da racionalidade de cada ator envolvido podem não levar a decisões que beneficiem o sistema como um todo. Portanto, os sistemas representam também sistemas de aprendizado uma vez que cada análise traz novas informações e possibilidades de interpretação.

5. Referências

- BAKEWELL, Oliver; GARBUTT, Anne. **The use and abuse of the logical framework approach**. Estocolmo: Swedish International Development Cooperation Agency, 2005. Disponível em: <<http://www.intrac.org/data/files/resources/518/The-Use-and-Abuse-of-the-Logical-Framework-Approach.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2012.
- BARCELLOS, Paulo Fernando Pinto; ANDRADE, Aurélio de Leão; NÓBREGA FILHO, Antonio. Construção do futuro com grupos sociais complexos: utilizando o pensamento sistêmico no planejamento de longo prazo com a participação de comunidades de aprendizagem. **Revista de Administração da USP**, São Paulo, v. 40, n.4, p. 321-329, out./nov./dez. 2005.
- BECK, Ulrich. A Reinvenção da Política. Em: Giddens, A., Beck, U. & Lash, S. **Modernização Reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna**. pp.45-69. São Paulo: UNESP, 1997.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria geral dos sistemas**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p.
- CAPRA, Fritjof. **O Ponto de Mutação: A Ciência, a Sociedade e a Cultura emergente**. 23ª ed. Trad. Álvaro Cabral. São Paulo, SP: Editora Pensamento-Cultrix Ltda, 2002.
- CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. 25. ed. São Paulo: Cultrix, 1982. 447 p.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de Defesa Civil estudos de risco e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais. 2 ed. Brasília: MPO, 1998.
- CASTRO, Antônio Luiz de. **Manual de Desastres**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. 2003. 174 p.
- CHECKLAND, Peter. Soft systems methodology: a thirty year retrospective. **Systems Research and Behavioral Science**, Chichester, v. 17, p. S11-S58, 2000. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.395.556&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2013.
- CHECKLAND, Peter. **Systems thinking, systems practice**. West Sussex: John Wiley & Sons, 1999. 330 p.
- CRESWELL, John W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e misto**. Poto Alegre: Artmed, 2010. 296 p.
- ELSAWAH, Sondoss. **The use of integrated modelling for learning and communicating about water Issues in the Australian Capital Territory**. 2010. Tese (Doutorado) — University of New South Wales, Austrália, 2010. Disponível em: <http://oatd.org/oatd/record?record=unsw%5C:unsworks_8981>. Acesso em: 10 dez. 2014.
- FORRESTER, Jay W. Policies, decisions and information sources for modeling. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, v. 59, p. 42-63, 1992.
- FORRESTER, Jay W. Urban dynamics. **Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control** 93, n.2, p. 128, 1971.
- FREITAS, Mário. **Formação inicial e contínua de professores de Biologia e Geologia. O caso particular da Licenciatura em Ensino da Biologia e Geologia da Universidade do Minho**. Tese de Doutorado em Educação — Universidade do Minho, Braga, Portugal. 1999.

FREITAS, Mário. Complejidad, cultura y sostenibilidad. Implicaciones educativas. In: MIRA, Ricardo; MARCOTE, Pedro. **Sostenibilidad, valores y cultura ambiental**, Madrid: Ediciones Pirámide, 2009, p. 105-146.

FREITAS, Mário; ANNUNCIATO, Drauzio; NARDI, Ivanete; SILVA, Bruno. A Mediação como Prática Discursiva Transformadora. Um estudo de caso com comunidades piscatórias ribeirinhas de Botucatu (SP, Brasil). In: BRITO, Brígida (coord.); ALARCÃO, Nuno e MARQUES, Joana (Org.). **Desenvolvimento Comunitário: das teorias às práticas Turismo, Ambiente e Práticas Educativas em São Tomé e Príncipe**. Lisboa: CEA-ISCTE & GERPRESS, 2009, p.191-203.

GASPER, Des. Evaluating the 'logical framework approach' towards learning-oriented development evaluation. **Public Administration and Development**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 17-28, fev. 2000.

GUIVANT, Julia S. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. **Revista Estudos, Sociedade e Agricultura**. n.16, pp. 95-112. abr. 2001.

HUMMELBRUNNER, Richard, ROGERS, Patricia; WILLIAMS, Bob. **Beyond logframe; using systems concepts in evaluation**. Tóquio, Kanto-Ken: Foundation for Advanced Studies on International Development — FASID, 2010.

HUMMELBRUNNER, Richard. Systems thinking and evaluation. **Sage Journals: Evaluation**, [S.l.], v.17, n.4, out. 2011.

JAY, Jason. **Creating a sustainable society: dynamics of renewable resources**. [S.l.]: [S.n.], [2013]. Disponível em: <http://mitsept2013.weebly.com/uploads/9/8/2/1/9821966/2013_fishbanks_debrief_slides.pptx>. Acesso em: 10 jan. 2015.

KAETSU, Patricia Taeko. **A abordagem sistêmica na gestão integrada de recursos hídricos: limites e possibilidades de atuação do Comitê Cubatão**. 2015. Dissertação (mestrado) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, Florianópolis, 2015.

MEADOWS, Donella H. **Thinking in systems: a primer**. [S.l.]: Chelsea Green Publishing, 2008.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MORIN, Edgar. **O método: a natureza da natureza**. Tradução de Maria Gabriela de Bragança. Portugal: Europa-América Ltda, 1997.

SIMONOVÍĆ, Slobodan. **Managing water resources: methods and tools for a systems approach**. London: Earthscan, 2009.

STERMAN, John. **System dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. Cambridge: Working Paper Series, 2002.

UNISDR — United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR)**. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/42809>. 2015. 316 p.

VALIENTE, Marcos O. Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. **Investigaciones Geográficas**. Alicante, n. 26, pp. 59-80. 2001.