



Parte V

Evolução do Processo Administrativo

Após a leitura deste capítulo, você deverá estar preparado para trabalhar com as seguintes ideias:

- Sistema e enfoque sistêmico (ou pensamento sistêmico)
- Complexidade
- Aplicações do pensamento sistêmico na administração
- Organizações como sistemas em interação com o ambiente

Complexidade: de que se trata?

Entender e lidar com a complexidade são as bases do pensamento sistêmico, importante instrumento intelectual de administração. Complexidade é uma ideia com muitas definições. Complexidade é aquilo de difícil compreensão, complexo é aquilo que é difícil de entender. Uma situação é complexa quando é formada por grande número de problemas e variáveis. Por exemplo, uma grande empresa exportadora é uma situação complexa. Um negócio complexo em geral é aquele que evolui de modo superior por longo tempo, fazendo com que o negócio seja verdadeiramente (o tratamento dos grandes negócios é verdadeiramente complexo). Complexidade é a realidade percebida que resulta de um sistema de interações. A complexidade de uma situação pode ser definida em termos de:

Pensamento sistêmico

Objetivos

Ao completar o estudo deste capítulo, você deverá estar preparado para explicar e exercitar as seguintes ideias:

- Sistema e enfoque sistêmico (ou pensamento sistêmico).
 - Complexidade.
 - Aplicações do pensamento sistêmico na administração.
 - Organizações como sistemas em interação com ambientes.
-

1 Complexidade: de que se trata?

Entender e lidar com a complexidade são as bases do pensamento sistêmico, importante ferramenta intelectual do administrador. *Complexidade* é uma ideia com muitas definições. Complexidade é atributo de situações, objetos, conceitos, pessoas e formas de raciocinar. Uma situação é complexa quando é formada por grande número de problemas e variáveis. Por exemplo, uma grande competição esportiva (como os Jogos Olímpicos). Um raciocínio complexo, em geral, é abstrato e faz evoluções de ordem superior. Por exemplo, jogar xadrez com os olhos vendados (o treinamento dos grandes mestres) é atividade que envolve pensamento complexo. Complexidade é a condição normal que as organizações e os administradores devem enfrentar. A complexidade de uma situação pode ser definida em termos de:

- Incerteza – é “a diferença entre a quantidade de informação necessária para realizar uma tarefa e a quantidade de informação da qual não se dispõe” (GALBRAITH, 1977, p. 36). A incerteza pode alcançar os objetivos da tarefa, os métodos para realizar a tarefa e todas as variáveis que a tarefa ou situação comporta.
- Quantidade e hostilidade de partes interessadas na tarefa, situação ou problema. É o que ocorre numa negociação entre partes em conflito.
- Porte – duração, volume de recursos, tamanho de um produto, por exemplo, são critérios que também afetam a complexidade.
- Abrangência – conforme os problemas progridem do individual para o social, a complexidade aumenta. Uma crise econômica que afeta vários países, por exemplo, é problema inerentemente complexo.
- Dificuldade técnica – profundidade e extensão dos conhecimentos necessários para resolver um problema ou enfrentar uma situação.
- Dinamismo e dificuldades impostas pelo ambiente – concorrência, oferta/demanda de matérias-primas, evolução da tecnologia, comportamento da sociedade, demografia etc.

Consideremos agora como a complexidade afeta as organizações e a administração.

1.1 Situações complexas

A maioria dos problemas e situações, seja qual for sua extensão e complexidade, é produto de múltiplas causas e fonte de inúmeras consequências. Os acidentes de trânsito exemplificam esse ponto. Excesso de velocidade, alcoolismo, má conservação dos veículos, falta de habilitação estão entre as causas. Danos pessoais e materiais, sofrimento para as famílias envolvidas e necessidade de cuidados e terapias são algumas consequências. Há problemas com menor grau de complexidade, mas não há problemas que sejam totalmente simples (Figura 14.1).

1.2 Problemas complexos da sociedade moderna

A sociedade moderna oferece problemas de natureza intrinsecamente complexa, causados pela interação de diferentes fatores antes inexistentes. Grandes concentrações urbanas, crise econômica afetando todo o mundo, esgotamento de recursos naturais, transportes, educação, ecologia, evolução tecnológica acelerada, integração na sociedade global, desemprego, inflação, criminalidade

desastroses naturais ou causadas pelo homem, epidemias e migração, volatilidade dos mercados financeiros, entre inúmeros outros problemas, caracterizam a complexidade da situação contemporânea para os administradores das organizações públicas e privadas. Muitas organizações não estão diretamente empenhadas em enfrentá-los, mas esses problemas, em maior ou menor grau, afetam todas e aumentam o número de variáveis que os administradores devem considerar em suas decisões.

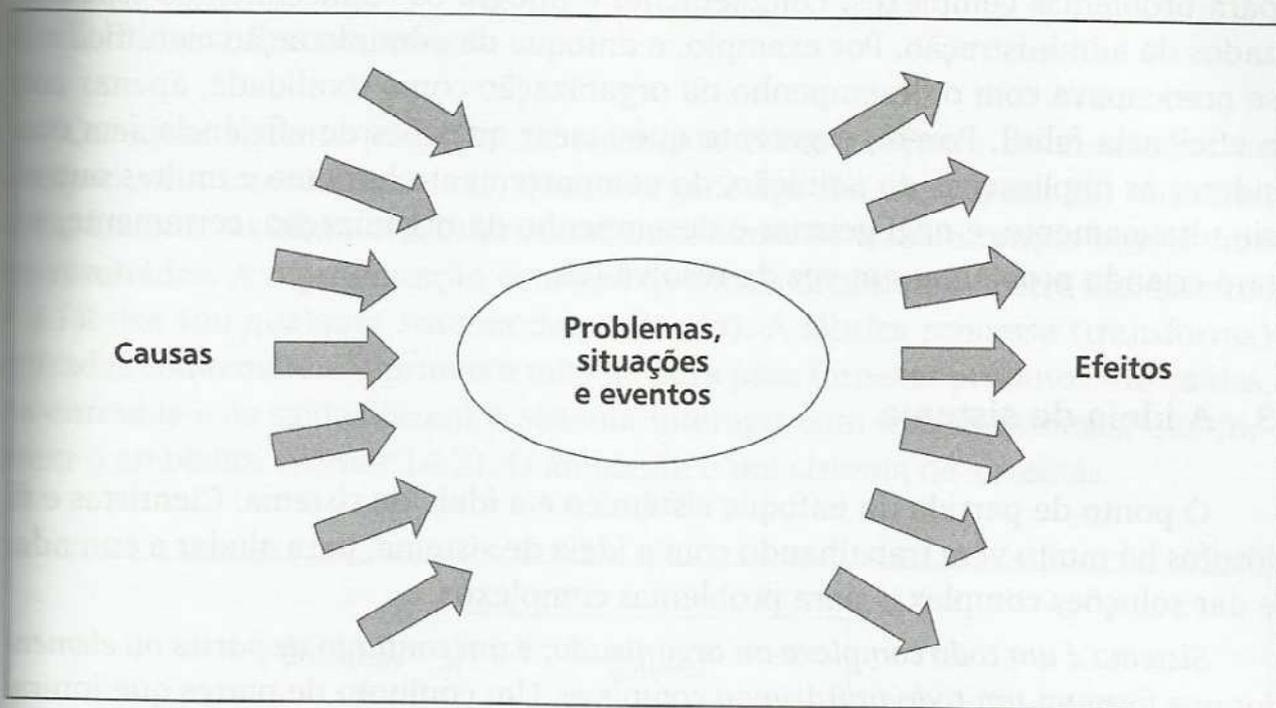


Figura 14.1 De acordo com o pensamento sistêmico, tudo é complexo. Qualquer situação tem inúmeras causas e produz inúmeros efeitos.

1.3 Organizações envolvidas em problemas complexos

Há na sociedade moderna organizações que estão incumbidas especificamente de enfrentar problemas muito complexos. Muitas dessas organizações não são singulares, mas resultam da interação e colaboração de diferentes organizações. Portos e aeroportos, organizações multilaterais, como consórcios de empresas, prefeituras de grandes cidades, entrepostos de abastecimento, cooperativas, montadoras de veículos de todos os tipos, organizações responsáveis por eventos como as Olimpíadas ou corridas de Fórmula 1 e outros empreendimentos similares são colmeias ou condomínios de organizações. Esses condomínios são complexos e seus problemas de administração são muito mais difíceis que aqueles de organizações singulares, por maiores que sejam.

2 Soluções complexas para problemas complexos

A ferramenta que lida com a complexidade é o enfoque sistêmico (ou pensamento sistêmico). O enfoque sistêmico possibilita (1) visualizar a interação de componentes que se agregam em totalidades ou conjuntos complexos, (2) entender a multiplicidade e interdependência das causas e variáveis dos problemas complexos e (3) criar soluções para problemas complexos.

O pensamento sistêmico, com sua perspectiva das interpretações e soluções para problemas complexos, complementa e integra os conhecimentos especializados da administração. Por exemplo, o enfoque da administração científica não se preocupava com o desempenho da organização como totalidade, apenas com a eficiência fabril. Porém, o gerente que atacar questões de eficiência sem considerar as implicações da poluição, do comportamento humano e muitas outras simultaneamente, e negligenciar o desempenho da organização, certamente, estará criando problemas em vez de resolvê-los.

3 A ideia de sistema

O ponto de partida do enfoque sistêmico é a ideia de sistema. Cientistas e filósofos há muito vêm trabalhando com a ideia de sistema, para ajudar a entender e dar soluções complexas para problemas complexos.

Sistema é um todo complexo ou organizado; é um conjunto de partes ou elementos que formam um todo unitário ou complexo. Um conjunto de partes que integram e funcionam como todo é um sistema. Qualquer entendimento da ideia de sistema compreende:

- Um conjunto de entidades chamadas **partes**, **elementos** ou **componentes**.
- Alguma espécie de **relação** ou **interação** das partes.
- A visão de uma **entidade** nova e distinta, criada por essa relação em um nível sistêmico de análise.

Os sistemas são feitos de dois tipos de componentes ou partes:

1. Físicos ou concretos, ou itens materiais, como equipamentos, máquinas, peças, instalações e até mesmo pessoas. Esse é o *hardware* dos sistemas.
2. Conceituais ou abstratos, como conceitos, ideias, símbolos, procedimentos, regras, hipóteses e manifestações do comportamento intelectual ou emocional. Esse é o *software* dos sistemas.

Muitos sistemas são formados por uma combinação de elementos físicos e abstratos. Em alguns sistemas, predomina um tipo de componente.

O próprio enfoque sistêmico é um sistema de ideias. Trata-se de uma proposição consolidada em inúmeras disciplinas, que pode ser caracterizada como filosofia ou forma de produzir, interpretar e utilizar conhecimentos. Essa filosofia tem aplicações em todas as áreas da atividade e do raciocínio humanos, e também como método de resolver problemas e organizar conjuntos complexos de componentes.

4 Estrutura dos sistemas

Qualquer sistema pode ser representado como conjunto de elementos ou componentes interdependentes, que se organizam em três partes: (a) entradas, componentes ou insumos, (b) processo ou sistema de transformação e (c) saídas ou resultados. A representação concreta que mais facilmente ilustra um sistema é a fábrica (ou qualquer sistema de produção). A fábrica processa (transforma) entradas como matérias-primas e mão de obra para fornecer produtos – as saídas. As entradas e as saídas fazem o sistema interagir com outros sistemas, que formam o ambiente (Figura 14.2). O ambiente é um sistema de sistemas.

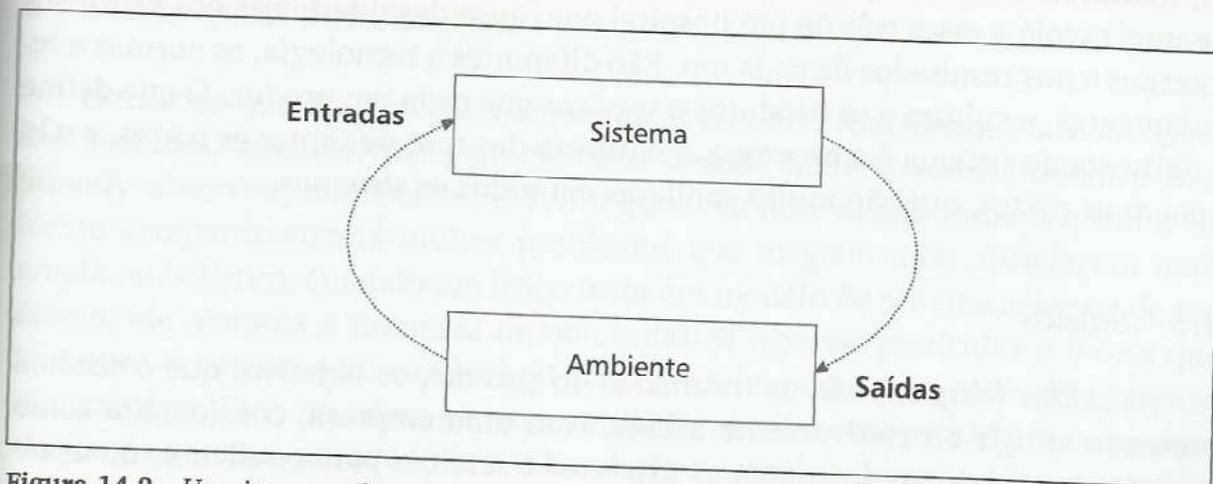


Figura 14.2 Um sistema utiliza recursos do ambiente e devolve-os na forma de entradas para outros sistemas.

4.1 Entradas

As entradas (*inputs*) compreendem os componentes do sistema: são os elementos ou recursos físicos e abstratos de que o sistema é feito, incluindo todas as influências e recursos recebidos do meio ambiente. Por exemplo, um sistema de produção de veículos compreende os seguintes componentes, entre outros:

- Sistema de projeto do produto.
- Fornecimento de peças intercambiáveis.
- Máquinas e equipamentos.
- Trabalhadores especializados.
- Procedimentos padronizados de montagem.
- Instalações de montagem.

Um sistema de transporte compreende os seguintes elementos: veículos, rodovias, sinalização, postos de gasolina, fiscalização e licenciamento de veículos etc., cada um dos quais, por sua vez, formado por outros sistemas ou partes. Você pode tentar descrever um sistema qualquer, identificando seus elementos. Tente fazer isso, por exemplo, com sua classe.

4.2 Processo

Todo sistema é dinâmico e tem processos que interligam os componentes e transformam os elementos de entrada em resultados. Cada tipo de sistema tem um processo ou dinâmica própria. Todas as organizações usam pessoas, dinheiro, materiais e informação, mas um banco é diferente de um exército e os dois de uma escola e esses três de um hospital por causa das diferenças nos processos internos e nos resultados de cada um. São diferentes a tecnologia, as normas e regulamentos, a cultura e os produtos e serviços que cada um produz. O que define a natureza do sistema é o processo, a natureza das relações entre as partes, e não apenas as partes, que são muito similares em todos os sistemas.

4.3 Saídas

As saídas (*outputs*) são os resultados do sistema, os objetivos que o sistema pretende atingir ou efetivamente atinge. Para uma empresa, considerada como sistema, as saídas compreendem os produtos e serviços para os clientes ou usuários, os salários e impostos que paga, o lucro de seus acionistas, o aumento das qualificações de sua mão de obra e outros efeitos de sua ação, como a poluição que provoca ou o nível de renda na cidade em que se localiza. O sistema-empresa é formado de inúmeros sistemas menores, como o sistema de produção e o sistema administrativo, cada um dos quais com suas saídas específicas.

Sinergia é a palavra que indica a noção de que o todo é maior que a simples soma de suas partes. Um sistema ou conjunto de recursos tem sinergia quando o resultado da interação das partes é maior que a simples soma das partes. Por exemplo, um grupo de pessoas que interagem pode formar uma família, empresa

ou cidade. Sem interação, é apenas um aglomerado de pessoas, como os passageiros de um ônibus. Sem interação, o grupo não é mais do que a simples agregação de seus componentes. É a interação que produz o efeito que faz surgir o sistema.

4.4 Feedback

Feedback (palavra que significa retorno da informação, efeito retroativo ou realimentação) é o que ocorre quando a energia, informação ou saída de um sistema a ele retorna. O *feedback* reforça ou modifica o comportamento do sistema. O *feedback* pode ser intencional, projetado dentro da própria estrutura do sistema, para cumprir uma finalidade de controle ou reforço. Um mecanismo de *feedback* que provavelmente a maioria das pessoas conhece e que tem uma finalidade de controle é o velocímetro. Com o velocímetro, o motorista compara o comportamento do veículo com a velocidade permitida e faz os ajustes necessários (especialmente se houver um aviso de controle por radar). Outro mecanismo de *feedback* planejado são as provas escolares, que permitem ao estudante e à direção da escola avaliar e reforçar seu desempenho.

5 Teoria geral dos sistemas

O método que procura entender como os sistemas funcionam é a teoria geral dos sistemas, desenvolvida pelo cientista alemão Ludwig von Bertalanffy. Bertalanffy observou, na década de 1930, que a ciência se acostumara a tratar de forma compartimentada muitos problemas que exigiam uma abordagem mais ampla ou holística. Quando um físico fazia um modelo do sistema solar ou de um átomo, ele assumia a premissa de que todas as massas, partículas e forças que afetavam o sistema estavam incluídas no modelo, como se o resto do Universo não existisse. Essa premissa permite calcular e prever com precisão o comportamento do sistema, porque toda a informação necessária é conhecida.

Como biólogo, Bertalanffy sabia que essa premissa não é válida para o que ele chamava de *sistemas abertos*, que não sobrevivem sem fazer trocas de energia com seu ambiente. Ele formulou, então, as duas ideias básicas de sua teoria geral dos sistemas: interdependência das partes e tratamento complexo da realidade complexa.

- **Interdependência das partes.** “Para compreender, é preciso analisar não apenas os elementos, mas também suas inter-relações: a inter-relação das enzimas na célula, de muitos processos mentais conscientes

e inconscientes, a estrutura e a dinâmica dos sistemas sociais. Isso exige a exploração dos muitos sistemas no universo à nossa volta, com todas suas particularidades. Além disso, é evidente que há aspectos gerais, correspondências e isomorfismos comuns aos sistemas [...] A teoria geral dos sistemas, portanto, é a exploração científica de 'todos' e 'totalidades' que, há pouco tempo, eram considerados noções metafísicas, que transcendiam as fronteiras da ciência." Essa é a primeira ideia importante da teoria geral dos sistemas, da qual todas as demais decorrem: a ideia de que os todos são formados de partes interdependentes.

- **Tratamento complexo da realidade complexa.** A segunda ideia importante da teoria geral dos sistemas é variante da primeira. De acordo com Bertalanffy, essa ideia é a necessidade de aplicar vários enfoques para entender uma realidade que se torna cada vez mais complexa e lidar com ela: "A tecnologia e a sociedade hoje em dia tornaram-se tão complexas que as soluções tradicionais não são mais suficientes. É necessário utilizar abordagens de natureza holística ou sistêmica, generalistas ou interdisciplinares." A essa parte da teoria Bertalanffy deu o nome de tecnologia de sistemas, designando assim as técnicas desenvolvidas para lidar com a complexidade. Segundo a teoria geral dos sistemas, os limites de um sistema dependem não do próprio sistema, mas do observador. As fronteiras entre os sistemas, ou entre o sistema e seu ambiente, são arbitrárias. Enxergar sistemas é a habilidade que corresponde a essa ideia. Mais tarde, outros autores reforçariam essa ideia, recusando as definições de sistemas como entidades com atributos objetivos. Sistemas devem ser definidos em termos da percepção e das distinções traçadas pelos observadores. São *construtos*, entidades construídas cognitivamente pelas pessoas. No extremo, um sistema é o que se percebe como tal.

6 Organizações como sistemas

Uma ideia importante resultante do enfoque sistêmico é a definição da organização como sistema: *uma organização é um sistema composto de elementos ou componentes interdependentes*. A compreensão dos elementos que interagem nas organizações é uma habilidade básica para os administradores. Sob a perspectiva do enfoque sistêmico, a organização revela-se como conjunto de pelo menos dois sistemas (ou subsistemas) que se influenciam mutuamente: o sistema técnico e o social.

- Sistema técnico. O sistema técnico é formado por recursos e componentes físicos e abstratos, e que, até certo ponto, independem das pessoas: objetivos, divisão do trabalho, tecnologia, instalações, duração das tarefas, procedimentos.
- Sistema social. O sistema social é formado por todas as manifestações do comportamento dos indivíduos e dos grupos: relações sociais, grupos informais, cultura, clima, atitudes e motivação.

Como os limites dos sistemas são arbitrários e dependem do observador, podem-se imaginar outros sistemas, além do social e do técnico. Por exemplo, é possível distinguir três sistemas, e não apenas dois, nas organizações: o social, o estrutural e o tecnológico. Como os sistemas são construídos cognitivamente, você próprio pode enxergar outros sistemas dentro da organização. Experimente.

7 Análise e planejamento de sistemas

A sociedade humana é organizacional, burocratizada e, ao mesmo tempo, sistêmica. As organizações são sistemas formados por sistemas, que se juntam em sistemas cada vez maiores. Certos sistemas formam-se livre e lentamente, como os de transportes, que compreendem as fábricas de veículos, as rodovias, os postos de combustíveis e os órgãos de fiscalização e licenciamento. Esses sistemas não têm uma coordenação que englobe todos seus componentes. Outros sistemas foram criados deliberadamente, como os grandes aeroportos, os sistemas intermodais de transportes e os sistemas de produção e distribuição de produtos e serviços das grandes organizações.

Sistemas que foram criados deliberadamente são obra de “arquitetos” de sistemas, pessoas capazes de pensar em termos de totalidades autocontroladas e orientadas para objetivos muito precisos. Um exemplo é Henry Ford, que criou a linha de montagem móvel como um sistema integrado com outros sistemas de suprimentos, distribuição e administração de mão de obra.

Os sistemas, tanto os naturais quanto os construídos deliberadamente, frequentemente apresentam falhas, porque são mal planejados em alguns casos ou porque entram em processo de degeneração. Há sistemas que concorrem entre si. Outros tornam-se obsoletos. Muitas vezes, os sistemas sofrem as pressões exercidas por problemas que não existiam quando foram concebidos ou implantados, ou que seus planejadores não anteciparam.

A capacidade de planejar e construir sistemas que funcionem bem é necessária para a eficácia das organizações e para a qualidade de vida dos usuários e da sociedade de forma geral. Essa necessidade conduz a moderna teoria dos

sistemas para sua aplicação prática: a análise e o planejamento. Para analisar ou planejar sistemas, os elementos são: ambiente, objetivos, componentes, processo e administração e controle.

7.1 Ambiente

Todo sistema está integrado dentro de um ambiente, formado por outros sistemas que se organizam em sistemas cada vez maiores. Os sistemas importam energia do ambiente e a processam, para transformá-la e devolvê-la aos outros sistemas.

Na análise de qualquer sistema, é necessário entender qual seu ambiente e seu papel dentro dele: as relações de interdependência, as fontes de recursos, os destinatários dos produtos e serviços, as regras que devem ser obedecidas. Principalmente, a análise deve focalizar a missão do sistema dentro do ambiente: sua utilidade para outros sistemas.

7.2 Objetivos

Em qualquer processo de análise ou planejamento de sistemas, é fundamental o entendimento dos objetivos. Um sistema deve sempre ser descrito ou projetado em termos de seus objetivos reais ou pretendidos, e depois em termos de seus componentes ou elementos. É a clareza dos objetivos que permite o correto dimensionamento dos componentes e do processo do sistema. Por exemplo: o objetivo do sistema Toyota de produção é a fabricação com qualidade e sem desperdícios. Nesse caso, objetivos são sinônimos de princípios que orientam a montagem e a operação do sistema. As principais perguntas que permitem entender e planejar os objetivos do sistema são as seguintes:

- Qual é a finalidade do sistema?
- Que critérios ou indicadores se utilizam ou se podem utilizar para avaliar a eficácia do sistema?
- Quem são os clientes ou usuários do sistema?

Na análise de qualquer sistema já existente, é importante verificar se os objetivos previstos correspondem aos resultados que de fato estão sendo alcançados.

7.3 Componentes

Os componentes de um sistema dependem dos objetivos. Os componentes podem ser concretos ou abstratos. Um sistema de produção é feito de máquinas,

peças, instruções para operação, fornecedores, instalações e muitos outros elementos. Um sistema de informações é feito de pessoas, pontos de monitoramento, equipamentos de processamento, documentos, resumos e relatórios, entre outros elementos. Um sistema de fornecer refeições rápidas, como uma loja do McDonald's, é feito de pessoas, cozinha, instalações para os clientes, estacionamento, instruções para os operadores – e muito mais. Algumas das perguntas que se devem fazer na análise de um sistema são as seguintes:

- Quais são as partes, elementos ou componentes do sistema?
- Qual a natureza de cada componente?
- Onde esses componentes podem ser encontrados ou adquiridos?
- O que se deve fazer para obter a participação desses componentes?

Um aspecto importante a analisar em qualquer sistema é a possível ausência de componentes, ou a degeneração de algum componente.

7.4 Processo

O processo de um sistema é a maneira como os componentes se relacionam, para criar uma sequência de operações ou procedimentos que produzem os resultados esperados. O processo cria um ritmo, a velocidade segundo a qual o sistema funciona. “Tempo de ciclo” é a expressão usada para indicar o tempo que transcorre entre o início e o fim de determinados processos. Por exemplo: o tempo que vai desde que um cliente faz um pedido até o momento em que a encomenda é entregue, ou o tempo que dura a parada de um carro de Fórmula 1 no *pit stop*, ou o tempo que transcorre entre a chegada do avião e a entrega das malas aos passageiros. O tempo de ciclo deve ser controlado, como especificação dos serviços prestados pelo sistema ou da velocidade de produção de bens. Por exemplo: nas lojas de *fast-food*, o atendimento em geral dura um minuto.

Os processos criam operações que transformam certos componentes do sistema ou prestam serviços. Nos sistemas de produção, máquinas e equipamentos transformam a matéria-prima em peças e componentes que se agregam em partes cada vez maiores, até chegar ao produto final. Nos sistemas de prestação de serviços, objetos e pessoas são “processados”. Por exemplo, malas e pessoas são transportadas pelas esteiras nos aeroportos, dos aviões para o estacionamento e vice-versa. As principais perguntas relacionadas ao processo que se deve fazer na análise e planejamento de um sistema são as seguintes:

- Que operações devem ser realizadas para que os objetivos sejam atingidos?

- De que forma os componentes do sistema devem ser organizados para que as operações sejam realizadas?
- Qual o tempo de ciclo do processo?

7.5 Administração e controle

O ingrediente final de qualquer sistema é outro sistema, de administração e controle. O objetivo deste sistema é garantir a realização dos objetivos. O controle inspira-se no princípio do *feedback*, que produz a informação necessária para que o sistema seja capaz de regular seu próprio funcionamento. A informação pode ser automatizada ou processada por pessoas. Pode ser a velocidade das máquinas, que as pessoas devem acompanhar, ou um código de barras, numa etiqueta. Pode ser a inspeção visual de um supervisor. A informação produzida por esses meios permite ao próprio sistema ajustar seu funcionamento aos objetivos ou permite que um operador humano intervenha. As principais perguntas relacionadas com o controle do sistema são as seguintes:

- Como garantir a realização dos objetivos do sistema?
- Que informações indicam se o sistema está atingindo seus objetivos?
- Como podem essas informações ser obtidas?
- Que decisões devem ser tomadas?

Nos próximos capítulos, este livro apresentará outros conceitos que recebem forte influência do pensamento sistêmico. Nos capítulos anteriores, a presença do enfoque sistêmico deverá ter sido observada.

Estudo de caso

Rodovia Elétrica¹

Os irmãos Pierre e Jacques Curie, físicos franceses, descobriram em 1880 a propriedade que alguns materiais minerais têm de gerar corrente elétrica quando deformados por uma pressão mecânica. Esse fenômeno ganhou o nome de piezoelectricidade. Essa descoberta originou várias aplicações comerciais, desde o luminoso da sola de tênis infantil até aplicações em equipamentos de ultrassonografia e de litotripsia, procedimento médico para quebrar pedras de rins ou vesícula. Mas, em tempos de preocupações ambientais e energéticas, um uso baseado na piezoelectricidade ganha corpo entre pesquisadores: o

¹ Fonte: *Pesquisa FAPESP*, nº 171, maio 2010. Matéria de Evanildo da Silveira. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=4129&bd=1&pg=2&lg=>>>.

de produzir energia elétrica por meio de uma fonte inesgotável que não polui. É o que vêm fazendo, por exemplo, dois professores da Universidade Estadual Paulista (UNESP). O físico Walter Katsumi Sakamoto, do Departamento de Física e Química da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), e a química Maria Aparecida Zaghete Bertochi, do Departamento de Bioquímica e Tecnologia Química, do Instituto de Química (IQ) do *campus* de Araraquara, com apoio financeiro da FAPESP, estão trabalhando na criação de um material capaz de aproveitar a força mecânica gerada pelo tráfego de veículos em uma rua, por exemplo, para obter eletricidade. Trata-se de um filme, chamado tecnicamente de compósito, feito da mistura de um polímero com partículas nanométricas – medidas um milhão de vezes menores que um milímetro – de cerâmica, que pode ser colocado sob o asfalto e, ao sofrer uma pressão, se deforma gerando corrente elétrica.

Em alguns países o emprego dessa tecnologia já está mais avançado. Em 2008, duas casas noturnas, uma em Londres, o Club Surya, e outra, o Club Watt, em Roterdã, na Holanda, instalaram em suas pistas de dança pisos piezoelétricos. Os clientes dançando pressionam os pisos, que geram energia para iluminar as pistas. No Japão, a empresa Soundpower instalou sistemas piezoelétricos no piso de duas estações de trem de Tóquio, por onde passam cerca de 2,4 milhões de pessoas por semana.

Em Israel, foi desenvolvido entre 2008 e 2009 um projeto piloto, feito em rodovias e aeroportos. No Brasil, Maria Aparecida e Sakamoto imaginam várias aplicações para o filme piezoelétrico que estão desenvolvendo. “Essa tecnologia poderá gerar energia em áreas movimentadas, e não somente a partir da passagem de carros, mas também de pessoas a pé”, diz Sakamoto. “*Shopping centers*, por exemplo, poderiam utilizar pisos especiais que transformam os passos dos frequentadores em energia para iluminar os corredores. Ou então os filmes poderiam ser aplicados em solas de sapato, o que os tornaria capazes de gerar energia, enquanto seus usuários caminham, para alimentar pequenos aparelhos eletrônicos, como celulares e tocadores de música.” O compósito serviria também para gerar energia dentro de um automóvel. “Poderíamos instalar materiais piezoelétricos em peças móveis, como amortecedores e pneus”, diz Sakamoto. “Essa fonte alternativa substituiria o motor do carro na alimentação de seu sistema elétrico.”

Questões

Suponha que as tecnologias da “rodovia elétrica” já estejam desenvolvidas e que o governo decidiu construir uma rodovia para testar o funcionamento dessa ideia na prática. Use o pensamento sistêmico para responder às seguintes questões:

1. Que recursos seriam necessários para projetar, construir e operar a rodovia? Faça uma lista de recursos humanos, materiais etc. Em outras palavras, quais são os componentes do “sistema rodovia elétrica”? Não é necessário pensar em orçamento.
2. Quais objetivos seria possível atingir com a rodovia elétrica? Que problemas ela resolveria? Quais seriam seus impactos?
3. Supondo que a rodovia viabilizasse o uso de carros elétricos em larga escala, quais seriam os problemas para os veículos tradicionais?

4. Imagine que o petróleo se tornou escasso e caro demais. A geração de eletricidade por meios alternativos (rodovia elétrica, rodovia com placas solares etc.) tornou-se necessidade. Suponha que você fosse integrante de um grupo de estudos, no qual estivessem pessoas do governo (federal, estadual e municipal), das empresas automobilísticas, de organizações de defesa do ambiente e outras instituições à sua escolha. Quais seriam seus planos para viabilizar a era dessas formas alternativas de gerar energia?
5. Supondo que rodovias elétricas permitissem substituir as usinas de todos os tipos, quais seriam seus planos se você fosse executivo de uma empresa de energia elétrica? E se você fosse executivo da indústria petrolífera? Como viabilizaria seus planos?
6. À sua escolha, analise outro aspecto da transição da era do petróleo para a era da eletricidade, que envolva conceitos e técnicas do pensamento sistêmico.

Referências e leituras complementares

- BERTALANFFY, Ludwig von. *General system theory*. New York: George Braille, 1968.
- EMERY, F. E.; TRIST, E. L. Socio-technical systems. In: CHURCHMAN, C. West. VERHULST, M. *Management science, models, and techniques*. Pergamon, 1946. v. 2.
- GALBRAITH, J. *Organization design*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1977.
- LAWRENCE, Paul; LORSCH, Jay. *Organization and environment*. Cambridge: Harvard Business School Press, 1967.
- MORIN, Edgar. *Introduction à la pensée complexe*. Paris: Editions du Seuil, 2005.
- JOHNSON, Richard A.; KAST, Fremont E.; ROSENZWEIG, James A. *The theory and management of systems*. Tóquio: McGraw-Hill, 1973.