Anais

17º Congresso Brasileiro de Sistemas

Cibernética da Sustentabilidade: design, transformação e aprendizagem

UNITINS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO TOCANTINS

A532 Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas: cibernética da sustentabilidade: desing, transformação e aprendizagem, 17. (livro eletrônico)/ Organizado por: Alves, Juliana Mariano. – Palmas TO: Unitins, 2023.

248p.; color.

2,2 Mb ; ePUB

Disponível em: https://revista.unitins.br/index.php/editoraunitins/issue/archive

ISSN: 2446-6700

1 Sistemas. 2 Cibernética da sustentabilidade. 3 Design. 4 Transformação e aprendizagem. I.

CDD 005.7

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ysabella Canindé Guerreiro Macêdo CRB-2/ 1191

ISSN: 2446-6700

O QUE É ENGENHARIA DE VARIEDADE E PORQUÊ PRECISAMOS DELA?

WHAT IS REQUISITE VARIETY AND WHY DO WE NEED IT?

Área temática: Inovação Sistêmica / Epistemologia e Pesquisa sistêmica.

Modalidade: Artigo Completo

Markus Schwaninger[1]

Stefan Ott[2]

Resumo: Gestão em termos sistêmicos significa lidar com complexidade. A Lei da Variedade Requerida de Ross Ashby mostra o caminho, - mantendo em equilíbrio as variedades dos sistemas em interação. Para designar esse processo usamos o conceito de "Engenharia de Variedade", que também formalizamos. Refere-se a um processo recíproco de amplificação e mitigação das complexidades de agentes interactivos. O objetivo desta contribuição é indagar formas de lidar com a complexidade por meio da Engenharia de Variedade. Os conceitos abstratos são ilustrados mediante exemplos de contextos ecológicos, sociais e econômicos. De acordo com o tema deste congresso, o foco substantivo é a sustentabilidade.

Palavras-chave: Engenharia de Variedade. Gestão. Sustentabilidade.

Abstract: Management in systemic terms means to cope with complexity. Ross Ashby's Law of Requisite Variety shows the way, - maintaining the varieties of interacting systems in balance. To denote that process, we use the cybernetic concept of « Variety Engineering », which we also formalize. It denotes the mutual complexity amplification and attenuation of interacting agents. The purpose of this contribution is to elicit ways of coping with complexity by means of variety engineering. The abstract concepts are illustrated by examples from ecological, social and economic contexts. In line with the theme of this conference, the substantive focus is on sustainability.

Keywords: Variety Engineering. Management. Sustainability.

1 University of St. Gallen, Suiça. Prof. Dr. E-mail: mailto:markus.schwaninger@unisg.ch

2 Eastern Switzerland University of Applied Sciences. St. Gallen, Suiça. Prof. Dr. E-mail: mailto: stefan.ott@ost.ch

ISSN: 2446-6700

Introdução

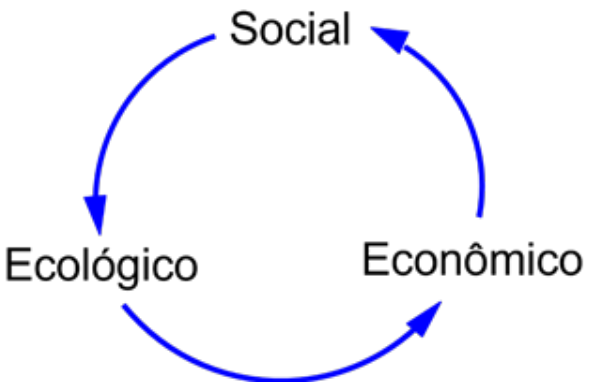
Este é um ensaio conceitual sobre um tema abstrato: a engenharia de variedade.[3] Vamos ilustrar esta metodologia com tópicos de sustentabilidade. Isto é para mostrar o caminho da teoria à aplicação prática.

Capacitar e promover formas sustentáveis de convivência com o meio ambiente é uma questão crucial de gestão da complexidade.

A sustentabilidade tem sido definida em termos ecológicos e sistêmicos por pelo menos dois autores: Primeiro, Gro Harlem Brundtland, primeira-ministra da Noruega e presidente da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (WCED) que publicou o relatório "Nosso Futuro Comum": "O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades." (1991\1987). Segundo, Michael Ben-Eli, o fundador do Laboratório de Sustentabilidade de Nova York define sustentabilidade como "um equilíbrio dinâmico nos processos de interação entre uma população e a capacidade de carga de seu ambiente, de tal forma que a população se desenvolve para expressar seu pleno potencial sem produzir efeitos adversos irreversíveis na capacidade de carga do ambiente do qual depende" (2012, tradução M.S.).

Enquanto isso, o foco ecológico foi complementado pelo objetivo de "crescimento econômico socialmente inclusivo e ambientalmente sustentável" (Sachs 2015:5). A Figura 1 mostra que estas três dimensões de sustentabilidade estão ligadas em princípio.

Figura 1. Três dimensões de sustentabilidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O objetivo desta contribuição é obter formas de lidar com complexidade por meio da Engenharia de Variedade. Nossas questões de pesquisa são:

1. O que é Engenharia de Variedade?

2. Por que precisamos dela?

3. Como ela funciona?

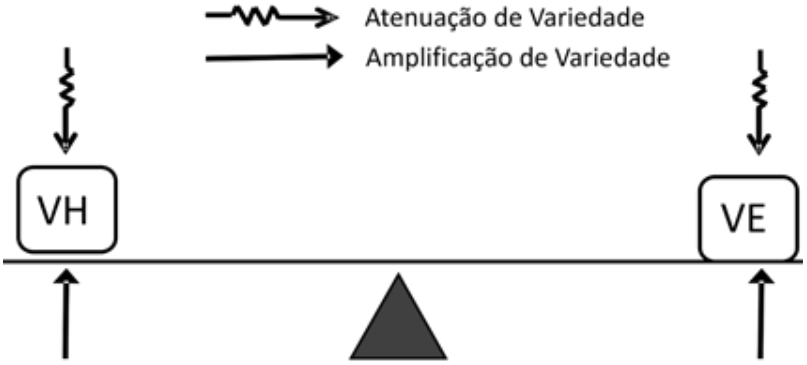
Casos serão utilizados para demonstrar como a complexidade pode ser gerenciada, a fim de promover a sustentabilidade nas três dimensões delineadas.

3 Se usa também variantes do termo tais como "Engenharia de Variedades" e "Enganharia da Variedade".

Em termos cibernéticos, vencer complexidade é uma função da Lei da Variedade Requerida de Ross Ashby: "Somente variedade pode absorver variedade".[4] Em outras palavras, para manter um sistema sob controle, o sistema de controle precisa de uma variedade que seja (pelo menos) equivalente à variedade do sistema controlado. *Variedade* é um termo técnico para *complexidade*, que significa a propriedade de um sistema de adotar muitos estados ou comportamentos. Variedade então denota a quantidade (potencial ou real) de estados ou modos de comportamento de um sistema. Um sinônimo é *repertório de comportamentos*.

Qualquer agente - individual ou coletivo - enfrenta complexidades que são superiores ao que ele ou ela pode atender por completo com sua variedade, isto é, sua capacidade de absorver complexidade. A engenharia de variedades é a estratégia geral para compensar este déficit.

Figura 2. Princípios da engenharia de variedades - amplificação e atenuação.



VH Hetero-variedade („Variedade Externa")
VE Auto-variedade („Variedade Interna")

Fonte: Elaborado pelo autor.

"Engenharia de Variedade" é um termo cunhado por Stafford Beer (1979:39). Ele representa as combinações de amplificação e atenuação usadas para equilibrar um sistema de interações. Os modos primários consistem em atenuar a hetero-variedade (também: variedade externa) e reforçar a auto-variedade (também: variedade interna); ver Figura 2. Tomemos, como dois agentes interativos, um mercado complexo e uma empresa. Neste exemplo, a empresa tem duas opções :

a) Atenuar a complexidade / variedade do mercado, por exemplo, modelando-o, estruturando-o ou segmentando-o, inventando novas formas de agrupar os objetos do mercado, direcionando sua própria atividade apenas para partes desse mercado (por exemplo, segmentos do mercado), ou re-enquadrando o sistema em foco.

b) Amplificar sua própria variedade / complexidade, por exemplo aprimorando sua inteligência de mercado, adotando melhores sistemas de informação, aumentando a força de vendas, fortalecendo suas capacidades, etc. Também aqui, o reenquadramento é o dispositivo mais potente da engenharia de variedades.

4 Originalmente o texto dessa lei era "Somente variedade pode destruir variedade" (Ashby 1956). Mais tarde, Stafford Beer (1985:26) introduziu "absorver" em vez de "destruir".

Portanto, a maneira definitiva de atenuar a hetero-variedade e amplificar auto-variedade é o reenquadramento, ou seja, redefinir o contexto ou o sistema[5]. Estas mudanças dependem da invenção de realidades alternativas e, portanto, da criação de novas possibilidades: desta forma, novas oportunidades são lancadas (amplificação) e a estratégia se torna mais focalizada, ou seja, o contexto se torna menos complicado (atenuação).

A atenuação e a amplificação andam de mãos dadas. Um caso em questão é a identidade da empresa. A empresa deve se perguntar se os mercados em que está inserida são compatíveis com sua identidade, ou se os mercados-alvo precisam ser redefinidos ou reorientados (atenuação da complexidade). Ao mesmo tempo, ela precisa se perguntar permanentemente, se é viável a longo prazo, respectivamente, se suas características, estruturas e capacidades, etc., precisam ser redesenhadas ou melhoradas (amplificação da variedade).

As duas alavancas menores da engenharia de variedades são menos desencadeantes de ação do que de percepção e compreensão:

a) Amplificação da hetero-variedade: Vamos supor, em nosso exemplo, que não é possível mudar o mercado (sabemos que em outros casos isto pode ser diferente). É importante entender quais são os fatores que geram a complexidade do mercado, por exemplo, individualização, fragmentação, especialização, etc.

b) Atenuação da auto-variedade: Igualmente significativo é o conhecimento dos fatores que reduzem a auto-variedade. Em nosso exemplo, isto poderiam ser cegueira operacional, obstáculos burocráticos, hábitos rígidos.

Tanto a respeito dos “mecanismos” da engenharia de variedades.

Nesta altura, é necessária uma nota metodológica: O conceito de complexidade é relativo. Se refere a algo subjectivo, que reside na mente (encarnada) [6] de um observador.

Tomemos o exemplo de uma lâmpada. Para alguém que está lendo um livro, é provável que ele tenha dois possíveis estados de interesse: 1. Ligada e 2. Desligada. Para um eletricista, seriam pelo menos três: 1. Ligada, 2. Desligada e intacta, 3. Desligada e quebrada.

Apresentaremos agora quatro casos de engenharia de variedades para ilustrar como ela funciona e como pode ser usada para promover a sustentabilidade da economia e da sociedade. O primeiro caso é sobre a sustentabilidade ecológica. Seguem casos sobre a sustentabilidade social, a sustentabilidade econômica, e sobre a integração de perspectivas parciais.

A DIMENSÃO ECOLÓGICA DA SUSTENTABILIDADE

CASO A: Projeto para Auto-Controle

Este caso é sobre engenharia de variedade mediante um design organizacional. Ele começa com um enorme problema ambiental, - a poluição dos rios e outros corpos de água. Este é um caso idealizado que poderia ser localizado em qualquer um dos continentes do mundo. Temos a situação típica de uma fábrica na margem de um

5 (Re-) enquadrar (ou “(re)framing”), em uma definição resumida, é fazer um modelo mental que nos permita dar sentido a novas situações (Cukier et al 2022). Mais amplamente definido, enquadrar é a observação ou atividade pela qual uma nova perspectiva é vertida em alguma parte da realidade, dando assim origem a um novo significado. A nova perspectiva pode vir de uma mudança na apreensão do sistema em foco ou de seu entorno.

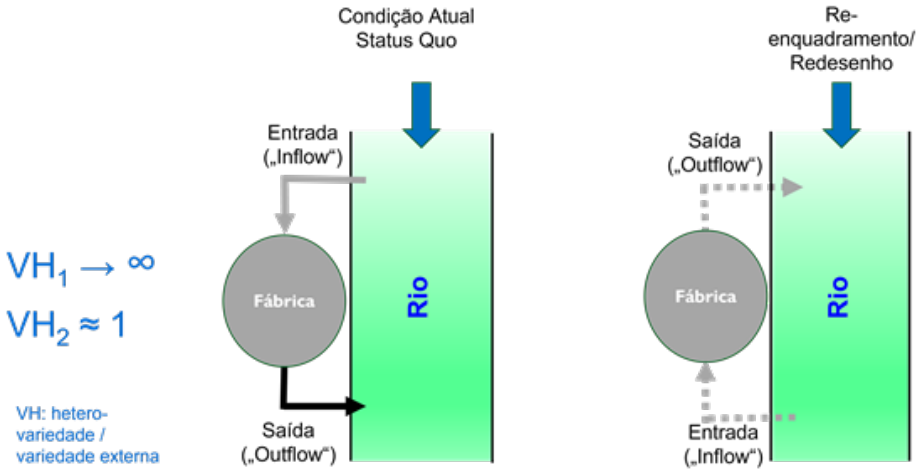
6 O atributo “encarnado” enfatiza a ligação indissolúvel de corpo e mente, razão e emoção (Varela et al 1991, Damasio 1994).

rio. Aqui, as variedades da autoridade reguladora (VE) e da fábrica (VH) se enfrentam.[7] Estas variedades são, para cada uma das duas partes, o respectivo número de opções de ação disponíveis.

A figura 3, à esquerda, mostra que a fábrica extrai água pura do rio na parte superior (seta cinza) e descarrega água poluída no rio abaixo (seta preta): um processo de poluição que ocorre todos os dias em muitos lugares do mundo. O que pode ser feito a respeito disso?

Existem diferentes soluções, - proibições, restrições, exigências e prescrições, etc. O que estamos sugerindo é um reframing, ou seja, uma reformulação do problema em um contexto diferente do atual. O status quo enquadra o problema como uma questão de violação, sanção e controle posterior: em suma, uma questão de policiamento.

Figure 3. Reframing cibernético[8]



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Cibernética tem uma solução mais geral a oferecer: À direita na Figura 3 está uma versão baseada em enquadramento que se concentra em uma questão de design. Ao inverter o ponto de extração e fluxo da água (setas pontuadas), a fábrica estabelece seus processos para que nenhuma água residual tóxica seja produzida, pois, caso contrário, ela própria se torna vítima da poluição da água. Elegante, não é? Um reenquadramento / redesenho criou novas possibilidades.

A beleza da solução é realçada pela equação da variedade:

$VH_1 \rightarrow \infty$ (1)

$VH_2 \approx 1$, (2)

onde VH é a variedade externa, ou seja, a variedade da fábrica. Na versão status quo, VH1 é praticamente ilimitada. Na versão de reframing / redesign, a variedade VH2 é aproximadamente igual a 1, ou seja, a fábrica é forçada a descarregar água limpa no rio puramente por interesse próprio. Em outras palavras, a mudança vale a pena.

Esta é uma solução geral. Ela representa um tipo ideal e, portanto, não é implementável necessariamente, em um caso concreto, exatamente como apresentado aqui. Entretanto, sua lógica pode influenciar a maneira de pensar sobre este problema e possivelmente estimular novas abordagens.

7 A distinção entre VH vs. VE é definida em cada caso pelo ponto de vantagem. Se falamos de VE no caso A, este é o ponto de vista do Estado, da autoridade reguladora ou similar, em qualquer caso não o da empresa como o temos no caso B.

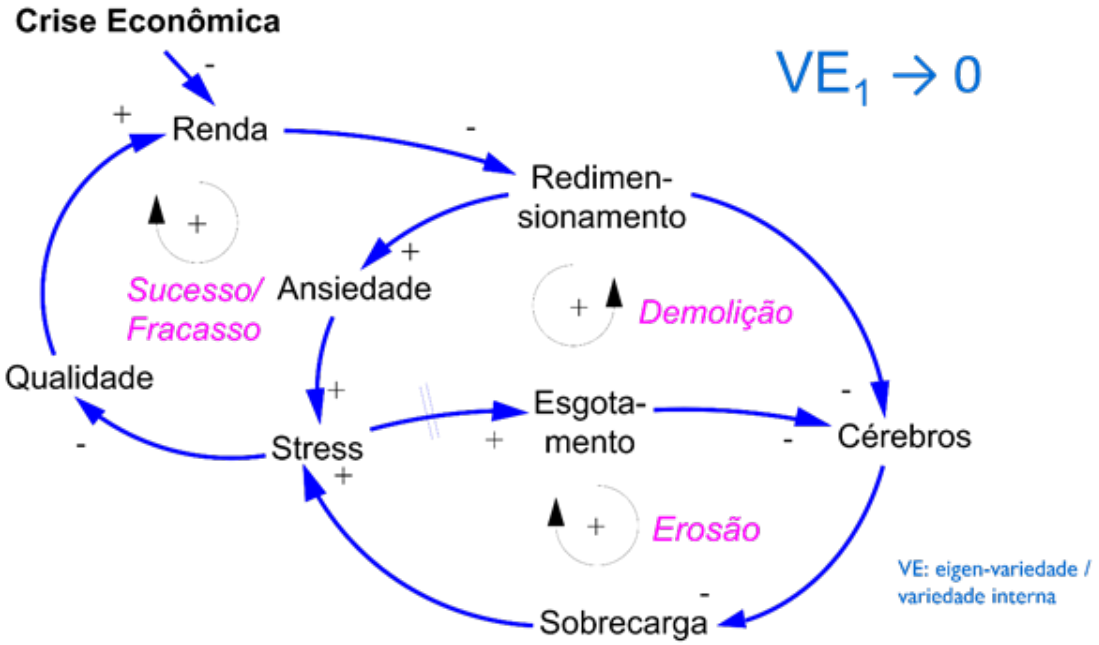
8 O primeiro autor deve este exemplo a seu amigo e mentor Stafford Beer.

ISSN: 2446-6700

CASO B: Efeitos colaterais inesperados e como lidar com eles

Este caso visualiza uma perda de variedade de uma organização dependente do trajeto ("path dependence"), incorrida pela dinâmica social. Partimos de uma crise econômica do tipo da que ocorreu em 2008/9, em muitos países. Um súbito colapso seguido de uma profunda recessão atingiu a economia mundial. As conseqüências ao nível de uma empresa concreta são retratadas no diagrama de laços causais (Causal Loop Diagram - CLD) na Figura 4.

Figura 4. Crise econômica e cultura do medo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a empresa em foco, a crise econômica implica uma queda na receita e no lucro. A resposta imediata da gerência é a demissão de funcionários ("downsizing", "redimensionamento"), que pretende reduzir os custos e trazer a empresa de volta ao lucro. Essa expectativa não é cumprida. Surge uma cadeia de efeitos colaterais não intencionais: Primeiro, a redução da força de trabalho significa que "os cérebros estão saindo pela porta", - e então a empresa perde conhecimento e capacidades. Em segundo lugar, o clima de redução da força de trabalho fomenta o medo com o pessoal: emerge uma cultura de ansiedades, que induz estresse.

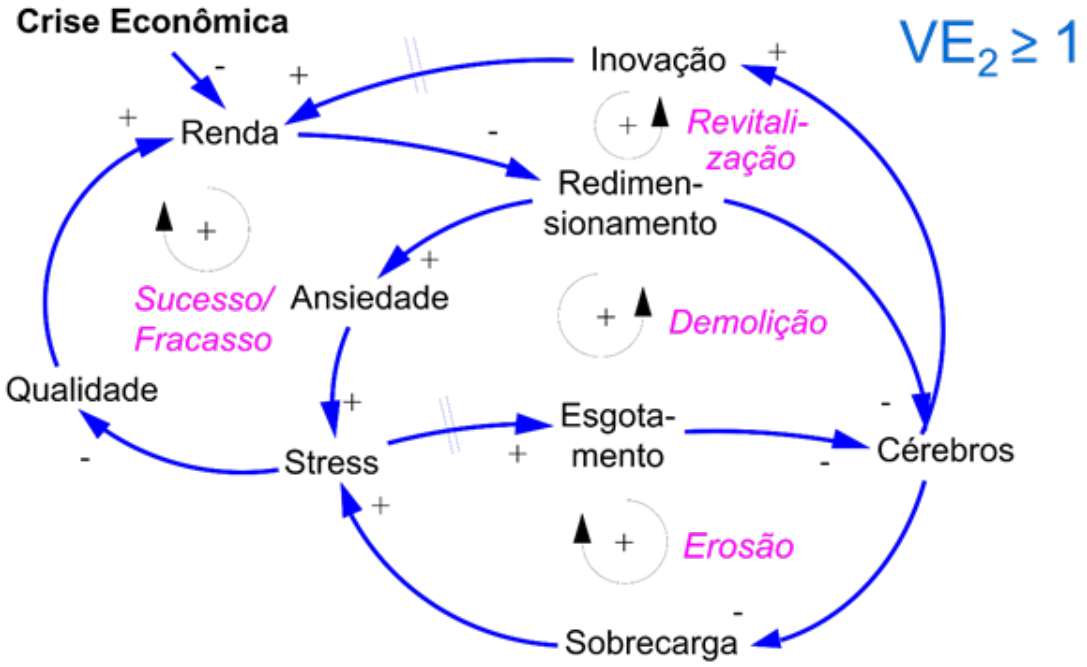
Aqui, inicia-se um ciclo de auto-reforço e, com ele, de desestabilização: o estresse, com um atraso (simbolizado por duas travessas), leva a esgotamentos, que tendem a acarretar perdas de pessoas. Ter menos pessoal disponível tende a causar sobrecarga, o que novamente resulta em estresse.

A partir daqui, iniciamos o próximo laço auto-reforçador: O estresse prejudica a qualidade, particularmente a qualidade do produto e do serviço. A qualidade é uma variável que, se crescer, resulta em maiores receitas; se diminuir, será prejudicada a receita. Foi aí que começamos e onde continuamos. O quadro geral agora mostra um padrão de declive. Uma decisão econômica (downsizing) acarreta conseqüências terríveis a nível social. Isto piora e a existência da empresa é cada vez mais ameaçada.

A propósito, a pandemia de Covid levou a desenvolvimentos que são idênticos à situação aqui descrita. A pandemia levou a recessões econômicas que foram incisivas para a indústria da hospitalidade, por exemplo nos EUA, em particular em Washington D.C., e em companhias aéreas européias, por exemplo, a Swiss International Airlines AG (SWISS). No início da crise, ocorreram demissões abruptas. Um ano depois, quando as medidas da Covid foram relaxadas e a demanda turística decolou, essas empresas enfrentaram uma grave escassez de pessoal. Isto resultou em sobrecarga, e o que tem sido chamado de "grande resignação", e "grande demissão": muitos funcionários deixaram suas empresas e se juntaram a outros setores. A escassez de trabalhadores qualificados e os custos mais altos obrigaram as empresas a economizar na qualidade (Kaufmann 2022, Gössling et al 2020, Dube et al, 2021).

O desenvolvimento fatal pode ser superado? Não, ou apenas gradualmente, dentro da estrutura descrita. A melhor solução seria a introdução de um novo ciclo. Estamos apenas esboçando isto. Como mostrado na Figura 5, esforços concentrados podem ser feitos em pesquisa e desenvolvimento que produzam inovações. Isto poderia estabelecer um novo ciclo dominante, mudar a dinâmica e aumentar a receita e renda. Entretanto, há duas dificuldades associadas a esta estratégia: Em primeiro lugar, recursos suficientes devem estar disponíveis ou ser levantados. Em segundo lugar, são previsíveis atrasos entre a inovação e o rendimento.

Figura 5. Revitalização do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A auto-variedade (variedade interna) VE da empresa, na primeira fase se dirige a Zero: Devido aos ciclos negativos auto-reforçadores, as receitas diminuem cada vez mais e assim o espaço de possibilidades desaparece progressivamente. Em contraste, a inovação na segunda fase coloca em movimento um desenvolvimento positivo, que expande o espectro de oportunidades para um ou mais:

$$VE_1 \rightarrow 0 \quad (3)$$

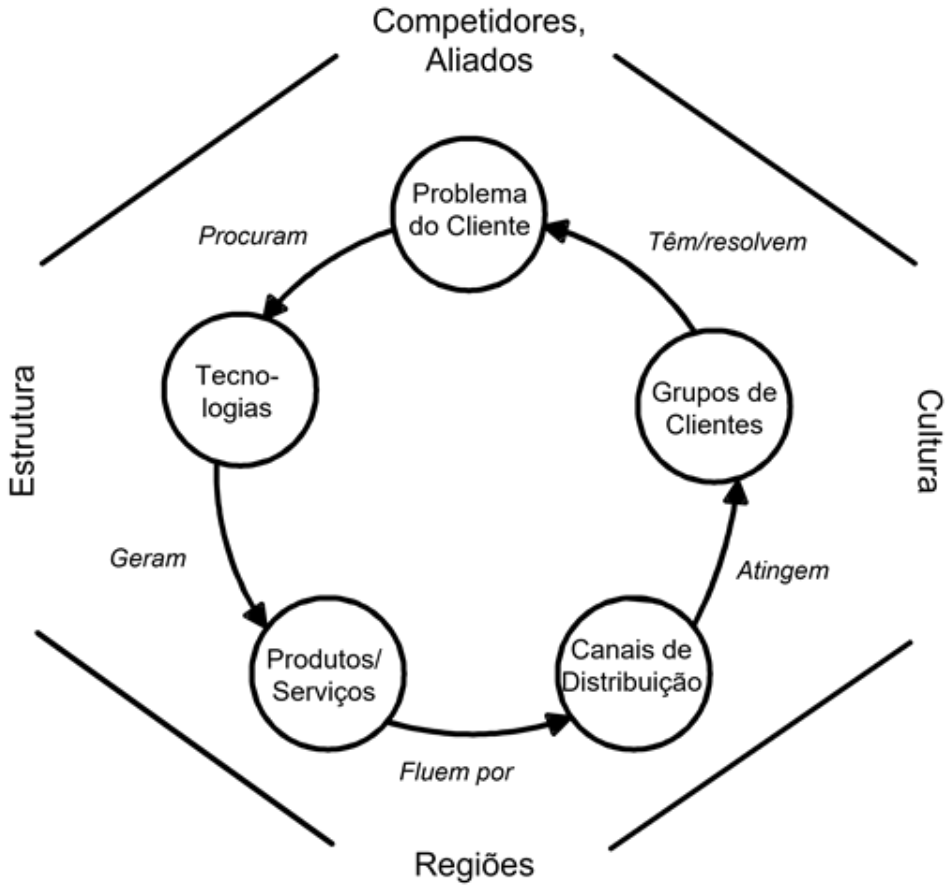
$$VE_2 \geq 1 \quad (4)$$

A DIMENSÃO ECONÔMICA DA SUSTENTABILIDADE

CASO C: Projetando Sistemas de Negócios

O projeto de um sistema de negócios envolve múltiplas decisões; a complexidade é muitas vezes esmagadora. Como um tomador de decisão pode vencer essa complexidade? Um dispositivo heurístico para esse fim é A Estrutura Genérica dos Sistemas Empresariais, conforme mostrado na Figura 6. As variáveis estão logicamente conectadas para formar um círculo lógico.

Figura 6. Estrutura invariante de sistemas de negócios (Schwaninger 2009).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O diagrama apresenta uma estrutura genérica ou invariante no sentido de que as dimensões e variáveis que constituem o laço podem ser identificadas em qualquer sistema empresarial. O que varia para cada dimensão são suas características concretas, que têm que ser definidas especificamente. Por exemplo, em um negócio de catering, as opções de design poderiam incluir características como essas:

- Para a dimensão *produtos/serviços*: menus completos, pratos simples, pratos sem guarnição, guarnições

- Para a dimensão *canais de distribuição*: distribuição direta, franquia, cadeias de varejo especializadas, atacadistas

- Etc.

Qual é a variedade neste espectro de design? Se usarmos uma abordagem aproximada, definindo *m* como a quantidade de dimensões do design (por exemplo, m=5 como em nosso exemplo da estrutura genérica do sistema de negócios), e *n* como o número médio de variantes por dimensão do design[9], então:

$VH=n^m$ (5)

$VH=4^5=1'024$ (6)

No caso das dimensões mostrarem números diferentes de variantes $(n_1, n_2, \dots, n_m)$ a auto-variedade poderia ser calculada de forma semelhante:

$$VH = n_1 \cdot n_2 \cdot \dots \cdot n_m \quad (5')$$

Para n=4 (em média) e m=5, hetero-variedade então equivale a 1024 estados diferentes do sistema em foco, i.e., das ofertas potenciais. Este número ilustra que o negócio em estudo é complexo. Além disso, o tamanho das variáveis não pode ser reduzido com facilidade. Nesta situação, a abordagem analítica adotada com o cálculo precisa de um complemento: um método mais intuitivo de atenuação da variedade.

Um desses métodos é conhecido como Morfologia. A Figura 7 mostra um modo de mapear o sistema de negócios. Tomamos Catering como exemplo e ampliamos o número de dimensões, diferenciando algumas daquelas mostradas na Figura 6. Por exemplo, a dimensão Produto, na Figura 7, é subdividida em três categorias (PP, PS, PL). As tecnologias também estão subdivididas em três categorias (TS, TT, TP), etc. Além disso, são adicionadas as dimensões dos concorrentes/aliados e regiões. Em suma, *n* permanece 4 (em média) e *m* é 11. A aplicação da fórmula (5) acima à versão ampliada de dimensões leva a uma enorme variedade de estados potenciais:

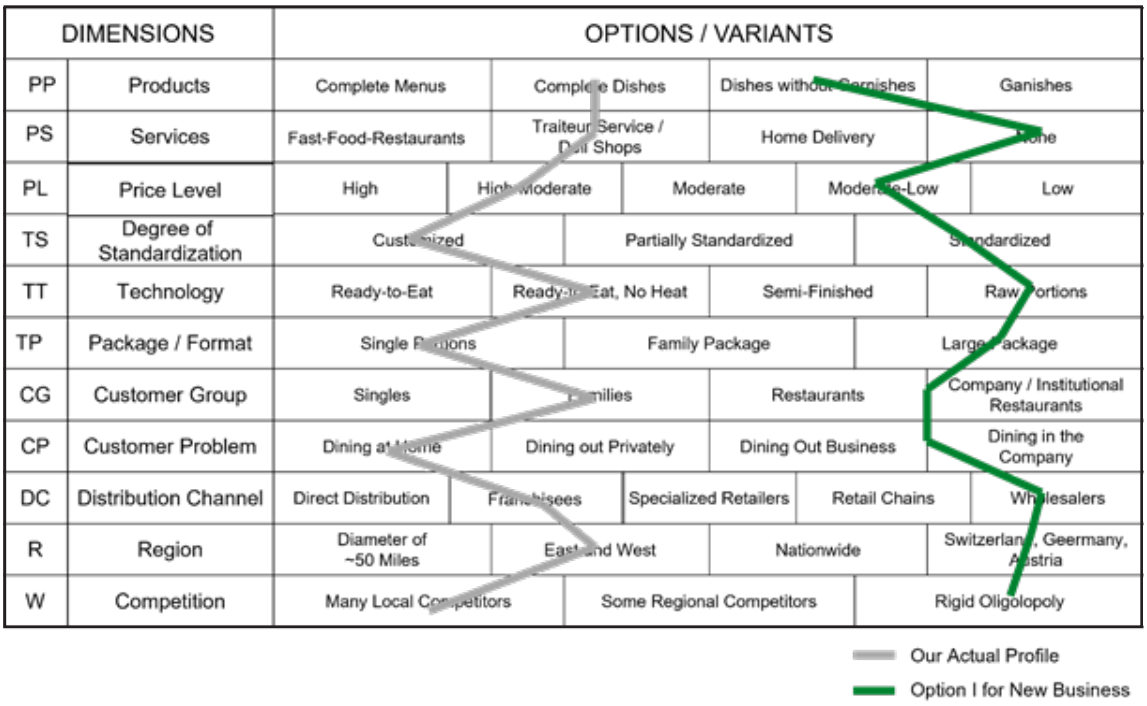
$VH=4^{11}=4'194'304$ (VH, porque essas são as variantes confrontadas pelo gerente) (7)

Depois de um crescimento vertiginoso e exponencial, a variedade do sistema de negócios neste caso é de mais de quatro milhões de estados diferentes. Esta é uma variedade potencial que poderia lidar com grandes complexidades no mercado. Entretanto, ela só seria eficaz se a empresa pudesse manejá-la. Isto é duvidoso: uma empresa que quer oferecer qualquer coisa a qualquer pessoa está condenada. É então necessário encontrar um nível de auto-complexidade que possa ser tratado de forma eficaz. O que acontece, se reduzirmos algumas dimensões do sistema comercial a uma única variante? Isto seria equivalente a uma poderosa redução da auto-variedade. Por exemplo, quatro dimensões - nível de preços, canais de venda, região e concorrência - poderiam ser reduzidas a uma variante cada uma. Isto reduziria a variedade inerente do sistema por um fator de 256 a 16.384 estados potenciais (aproximadamente 4^7 em vez de 4^{11}, já que quatro das dimensões são reduzidas a apenas um estado). Isto melhoraria a capacidade da empresa de lidar com o negócio. Entretanto, por um lado, esta redução ainda não seria suficiente; por outro lado, tais restrições poderiam ser posteriormente consideradas inviáveis. Aqui, a morfologia é útil.

Não há como fazer sentido aqui de uma forma analítica. Uma abordagem intuitiva consiste em definir perfis de combinações entre as dimensões.

9 VH neste caso é a complexidade das possíveis variantes de desenho do sistema de negócios (ou ofertas potenciais) enfrentadas pelo gerente, cujo VE é seu repertório comportamental para lidar com essa complexidade. A lacuna entre os dois é enorme.

Figura 7. Um exemplo do método morfológico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A cognição humana é poderosa no discernimento ou no estabelecimento de padrões. Na Figura 7, à esquerda, é mostrado um perfil da configuração real de um sistema comercial da empresa em foco.[10] Agora é tarefa da imaginação humana inventar e considerar outros perfis. O perfil atual da empresa é mais do tipo alta qualidade/baixa padronização. Alternativas como um perfil mais padronizado/industrializado são diferentes opções, que podem ser examinadas.

Na Figura 7 à direita, uma opção estratégica se distingue . A complexidade do sistema comercial nestes casos foi reduzida ao extremo. Cada dimensão do sistema de negócios se compromete a uma única manifestação. Por exemplo, o perfil à esquerda define os pratos completos como "o" produto. A variedade desta dimensão é portanto 1, não mais 4. Se continuarmos com esta lógica, VH será equivalente à equação (8):

$$VH=1^7= 1 \quad (8)$$

A variedade VHpot potencial foi reduzida de aproximadamente quatro milhões (ver Equação 6, acima) para uma variedade atua VHact de 1, ou seja, em 99,99999 por cento. Este valor é meramente teórico. Na realidade, dificilmente se poderia manter um sistema comercial com um perfil tão estreito com sucesso, porém a lógica do caso mostra a impressionante diferença entre a variedade potencial e a variedade real (Equação 9).

Na prática, a redução da variedade será iterativa, começando com os números de opções para cada dimensão . Passo a passo, estas poderiam ser reduzidas significativamente, resultando em novos números de opções (para todas as dimensões), com , e

$$VH_{pot} >> VH_{act} \quad (9)$$

10 Poder-se-ia igualmente comparar os perfis de competidores.

Como mostrado, a intuição humana é capaz de reduzir radicalmente a complexidade do número de estados, a um nível que pode então ser tratado de forma analítica. Outra forma de buscar uma redução drástica da variedade seria o Aprendizado de Máquinas.[11]

Temos que chamar a atenção para o lado negativo potencial da atenuação da variedade. Se isto for muito longe, as possíveis conseqüências podem ser fatais, por exemplo, quando uma gama de produtos fica estreita demais. O último caso de atenuação de variedade é "pura ignorância" (Beer 1979: 40).

Também o outro lado da engenharia de variedades precisa ser enfatizado, quando VH é a variedade do mercado e VE a variedade da empresa ou do negócio. A amplificação da VE pode ser uma estratégia poderosa para conquistar clientes ou mercados. Em princípio, não seria difícil aumentar a variedade de um sistema comercial, por exemplo, adicionando produtos suplementares à oferta.

Tal expansão da auto-variedade muito em breve se torna um repto logístico. Muitas empresas ainda não venceram esse desafio. Elas sufocaram na complexidade de seus sistemas de negócios.[12] Por outro lado, existem enormes sucessos, de empresas que encontraram maneiras de lidar com as complexidades da logística de marketing e distribuição. Os exemplos vão de Amazon até Ebay, Zalando e multiplos especialistas menores (Jeong et al 2022).

GOVERNANÇA E CONTROLE INTEGRAL DAS ORGANIZAÇÕES

Para manejar complexidade, os peritos preconizam conceitos holísticos e integrativos de governança e management (por exemplo Beer 1988, Espinosa et al 2008, Bleicher & Abegglen 2017). Todas as três dimensões de sustentabilidade abordadas até agora - ecológica, social, económica - estão cobertas no CASO D sob o atributo "integral".

CASO D : Governança Corporativa e Gestão

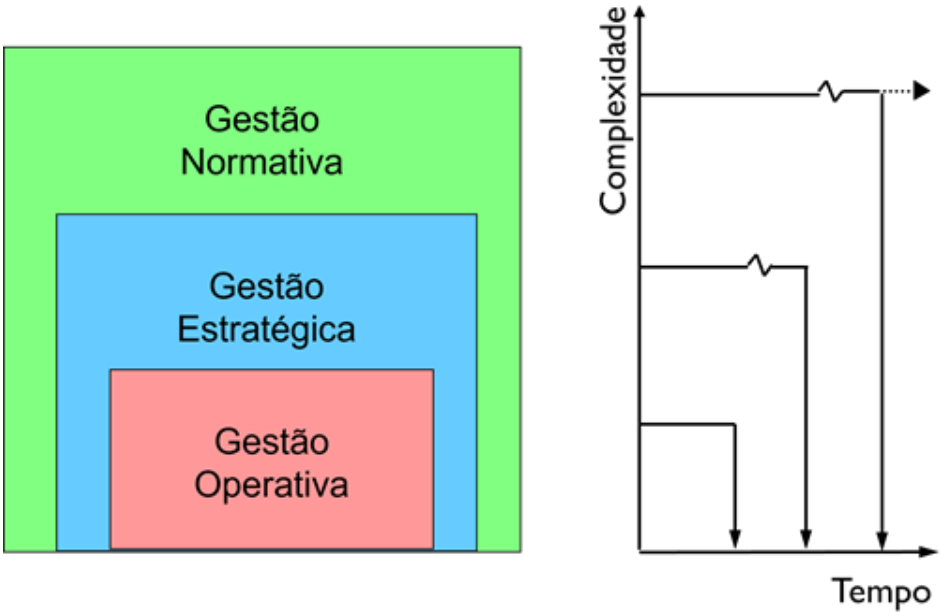
A governança de organizações de qualquer tipo, empresas em particular, visa a sua viabilidade, sustentabilidade e evolução. Dois modelos cibernéticos foram desenvolvidos para apoiar a governança organizacional. O Modelo de Sistema Viavel (Beer 1981, 1984, 1985) foi concebido para diagnóstico e desenho estrutural. O Modelo de Controle Sistêmico (Schwaninger 2000, 2001, 2009) foi desenvolvido para orientar o controle no contexto da governança e da gestão em geral. A seguir, vamos nos basear no segundo modelo.

O Modelo de Controle Sistêmico discerne uma hierarquia lógica de níveis de controle, - os níveis de gerenciamento operacional, estratégico e normativo (Figura 8).

11 Como aprendemos com os especialistas em Machine Learning, existem métodos que permitem reduzir tal complexidade. A força dos algoritmos está em encontrar patterns de correlação que são úteis para navegar no espaço complexo. Na solução do problema em foco aqui, as técnicas de redução de dimensões, aprendizagem por reforço e processamento natural de linguagem teriam um papel importante. Veja também: James et al. 2021.

12 Uma estratégia para limitar a complexificação logística consistiria em procurar um equilibrio por outros meios, por exemplo através de uma segmentação, restrição ou redefinição do mercado visado.

Figura 8. Níveis lógicos de gestão no Modelo de Controle Sistêmico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Gestão Operativa tem um horizonte de curto prazo. Em resumo, está a cargo do negócio atual que tem como objetivo agregar valor, em termos de qualidade e sucesso econômico. A Gestão Estratégica atua em um horizonte de longo prazo. Sua tarefa é construir e cultivar o potencial de valor, ou seja, os pré-requisitos para o sucesso futuro. Finalmente, a Gestão Normativa é o locus da identidade e o ethos da organização. Isto inclui os valores e as normas supremas que a regem. O horizonte é muito longo, quase atemporal. No diagrama (Figura 8), de baixo para cima, a complexidade aumenta. Cada um dos níveis lógicos tem variáveis de controle específicas (para detalhes, ver Schwaninger 2009:48ff.). Uma governança ou gestão integral implica que as variáveis dos três níveis estejam sob controle simultaneamente, mesmo que surjam contradições.

A auto-variedade do sistema de gerenciamento é definida como:

$$VE_t=VE_o*VE_s*VE_{n,} \quad (10)$$

onde as auto-variedades parciais para os níveis operacional, estratégico e normativo se multiplicam até uma auto-variedade total VE_t. Se assumirmos que cada um dos níveis tem cinco opções de estado ou comportamento, a variedade potencial é:

$$VE_t=5*5*5=125 \quad (11)$$

Seria relativamente fácil expandir a variedade da empresa, aumentando qualquer uma dessas variedades parciais. Ampliar a variedade parcial em apenas um nível resultaria em um crescimento linear do VE_t. No caso de um aumento da variedade parcial em mais de um nível lógico, o crescimento do VE_t seria polinomial. No caso de perdas de variedades parciais, o VE_t diminuiria de maneira semelhante. A Figura 9 mostra estas mudanças nas trajetórias de aumento e diminuição, entre as operações O_3 e O_4 .

De modo geral, a variação das auto-variedades com fatores k_o, k_s and k_n para os níveis operacional, estratégico e normativo leva a uma modificação da auto-variedade total:

$$\mathrm{VE_t} = \mathrm{VE}_o \cdot k_o \cdot \mathrm{VE}_s \cdot k_s \cdot \mathrm{VE}_n \cdot k_n, \quad (12)$$

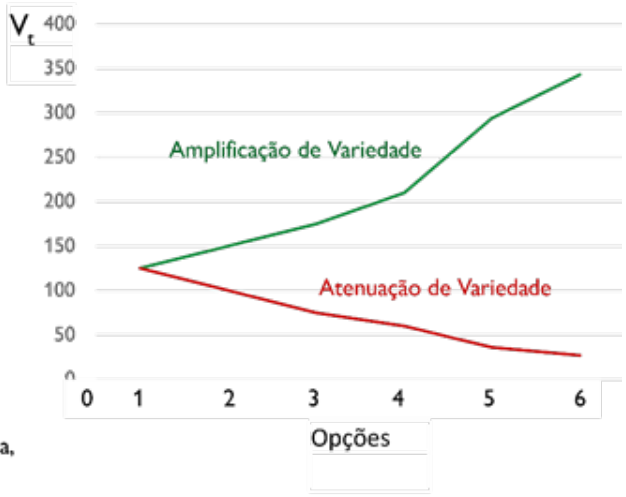
Na Figura 9, por exemplo, temos k_o=1.2 (para VE_o entre O_1 e O_2 para o cenário crescente) e k_o=0.8 (para VE_o entre O_1 e O_2 para o cenário decrescente). A equação (12) mostra que a modificação da variedade em apenas um nível leva a uma mudança linear, a modificação em dois níveis a uma mudança quadrática. Em termos práticos: aumentos simultâneos concertados de variedade, ou seja, do respectivo número de escolhas, em mais de um nível, permitem um raio de ação desproporcionadamente mais forte. É preciso ter em mente que as mudanças de números em diferentes níveis também podem se compensar em relação ao VE_t, caso haja um aumento em um nível e uma redução em outro nível.

Figura 9. Mudanças da variedade total em função de mudanças em variedades parciais

(Parte superior: variedades parciais crescentes; parte inferior: variedades parciais decrescentes)

	Oo	O1	O2	O3	O4	O5
Vo	5	6	7	7	7	7
Vs	5	5	5	6	7	7
Vn	5	5	5	5	6	7
V_t	125	150	175	210	294	343
Vo	5	4	3	3	3	3
Vs	5	5	5	4	3	3
Vn	5	5	5	5	4	3
V_t	125	100	75	60	36	27

V: Variedade | o operativa, s estratégica, n normativa, t total; O: Opções | 0 … 5



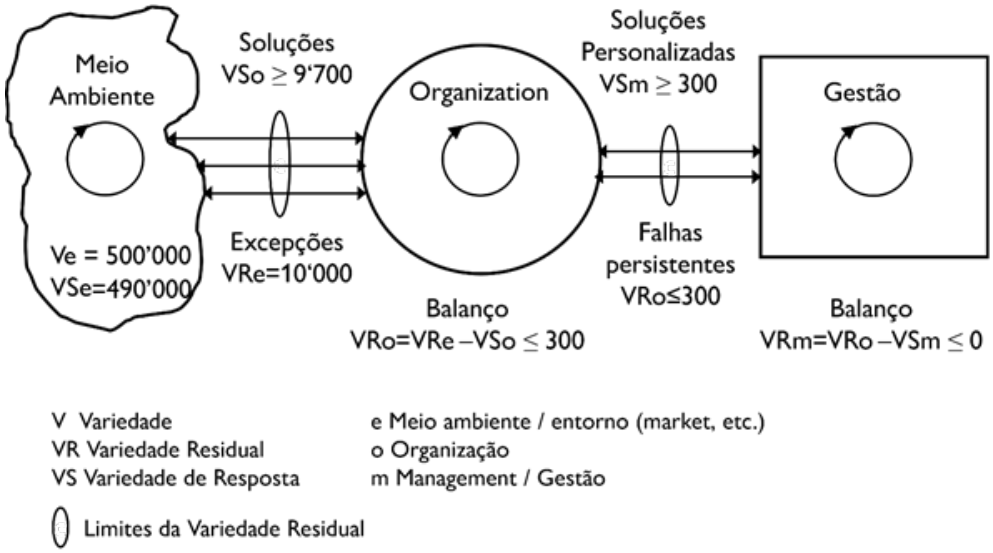
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados e a imagem indicam que a engenharia de variedades tem uma tendência não linear (no caso de um aumento na variedade de mais de um nível), onde a amplificação se afasta mais da linearidade do que a atenuação, que permanece mais próxima de um comportamento linear.

6 O CONCEITO DE VARIEDADE RESIDUAL

Neste ponto, faz sentido introduzir uma distinção conceitual entre três entidades que lidam com a complexidade e interdependem ao mesmo tempo (Figura 10).

Figura 10. Lidando com a Complexidade - Três entidades interdependentes[13]



Fonte: Elaborado pelo autor.

As três entidades são Ambiente, Organização, Administração. Cada uma destas entidades lida com as complexidades específicas com as quais é confrontada. Cada uma delas absorve complexidade através da auto-organização. Há um remanescente de complexidade que ela não consegue atender. Esta Variedade Residual tem que ser absorvida por uma unidade "rio acima", a organização para o meio ambiente e a gerência para a organização. Para ilustrar esse princípio, nos baseamos em um exemplo prático algo abstraído.Referimo-nos a uma empresa que administra um negócio on-line em seu mercado. O mercado mostra uma complexidade de transações de V_e=500.000. A maioria dessas transações é realizada dentro do próprio mercado e sem qualquer interferência por parte da organização. Esta propriedade auto-organizadora é representada pelo ícone de laço ("loop") na Figura 10, indicando a resposta de variedade VS_e=490.000. 2% da variedade - 10.000 transações padronizadas - não são atendidas dentro do mercado e precisam de atenção especial da organização, o que equivale à variedade residual VR_e=Ve-VS_e=10.000. A organização precisa cuidar destas exceções e tem sucesso em 97% dos casos (VS_o=9'700), enquanto o restante - 300 casos de falhas persistentes, que não podem ser atendidos pela organização - precisa da atenção da gerência, o que, mais uma vez, equivale à variedade residual VR_o=VR_e-VS_o=300. A gerência deve apresentar soluções personalizadas, que muitas vezes implicam em algum tipo de redesenho (parcial) de procedimentos, mudanças na gama de produtos, etc. A gerência é bem sucedida se puder oferecer pelo menos estas 300 soluções, ou seja, $VS_m \geq 300$, o que significa VR_m=VR_o-$VS_m \leq 0$ e nenhum problema permanece sem solução. As equações da Figura 10 contêm operadores de desigualdade. Isto expressa o fato de que o saldo pode assumir um valor negativo quando ocorre um excedente de variedade. Se, por exemplo, a variável VS_m é, vamos assumir VS_m=350 (em vez de 300), então o saldo VR_m=-50. Este resultado indica redundância de comando potencial ("redundancy of potential command" McCulloch 1989, Beer 1981).

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo é elucidar formas de lidar com complexidade por meio da engenharia de variedade. Definimos o conceito e exploramos o papel da engenharia de variedade. Ademais demostramos o seu funcio-

13 O conceito de Variedade Residual e o diagrama remontam a Espejo (1989). As equações provêm dos autores.

namento mediante exemplos de atenuação e amplificação de variedades como estratégias para vencer complexidade. O horizonte substantivo tem coberto as diferentes dimensões da sustentabilidade, - ecológica, social e econômica, bem como o aspecto abrangente de uma governança integral, que cobre todas estas dimensões.

Demonstramos que ambas as vertentes, atenuação e amplificação podem ser uma bênção: podem levar a um equilíbrio de variedades entre agentes concorrentes ou conflitantes. Ao mesmo tempo, indicamos que qualquer uma destas estratégias também pode levar ao fracasso.

Nossa ênfase tem sido a melhoria da auto-variedade e a atenuação da hetero-variedade, mas também consideramos as outras duas opções: atenuação de auto-variedade e amplificação de hetero-variedade. Uma visão geral é dada na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos resultados de diferentes estratégias de engenharia de variedades.

	Sucesso	Fracasso
Amplificar auto-variedade	Reframing/ Redesenho de estratégias e estruturas, Foco estratégico, Inovar (CASO B), Aumentar o poder de marketing através de novos produtos (CASO C), Gestão flexível (CASO D)	Amplitude excessiva da gama de produtos (CASO C), Tornar-se dominante de forma a comprometer a relação com o meio ambiente
Atenuar auto-variedade	Manter o conjunto de opções estratégicas e estruturais focalizadas (CASO C)	Falta de flexibilidade na gestão (CASO D)
Amplificar hetero-variety	Compreender os fatores de complexificação no ambiente (mercado, regulamentação, etc.)	Incapacidade de lidar com a proliferação de variedades no ambiente
Atenuar hetero-variedade	Modelagem e estruturação do Meio Ambiente e da organização, Reframing/redesenho de estratégia e estrutura (CASO A)	Limitação da co-evolução dos agentes interativos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não alegamos que os sucessos e fracassos listados na Tabela sejam completos. Os casos apresentados são apenas alguns exemplos do universo das manifestações da engenharia da variedade. Mas estes são típicos para o tema, emprestando-se a uma modesta generalização.

A amplficação da auto-variedade pode levar a sucessos notáveis. A abordagem mais poderosa nessa categoria é o reenquadramento/redesign de estruturas ou estratégias. A falha principal a que nos referimos foi o colapso da auto-variedade de um negócio quando a complexidade da oferta estava esticada excessivamente.

O aumento da auto-variedade é muitas vezes conseguido através da concentração, especialização ou contração do negócio. Nesses casos, uma mudança de variedade está implícita para ambos os lados da equação, VH e VE. A VE, vista superficialmente, pode ser reduzida em função de uma perda de “massa”. Entretanto, o ponto crucial é que o ambiente é redefinido. Ele se torna menor e menos complexo. Daí em diante, a variedade relativa VE/VH muda em favor do negócio, que então tem um melhor controle sobre o mercado.

A atenuação bem sucedida da hetero-variedade depende de uma compreensão das estruturas inerentes ao sistema de interação. Construir e implementar bons modelos aqui é crucial; o reenquadramento/redesign da estratégia e da estrutura é provavelmente a alavanca mais poderosa. Um amortecimento excessivo pode levar ao fracasso se uma forte resistência à parte dominante surgir do meio ambiente, respectivamente, se a coevolução dos atores envolvidos se tornar impossível.

A alavanca mais poderosa em ambas as abordagens - reforço da auto-variedade e atenuação da hetero-variedade - é o (re) enquadramento (reframing) / (re-) desenho.

A variedade potencial de um sistema complexo nunca pode ser materializada completamente, com todos os seus estados ou comportamentos. A gestão é o processo pelo qual os estados e comportamentos desejáveis de um sistema são habilitados enquanto os indesejáveis são evitados. Como já mostramos, a engenharia de variedades é um veículo poderoso, porém sutil, para a realização deste delicado empreendimento.

O que precisaria de mais elaboração para complementar os casos aqui tratados, é a dinâmica da engenharia de variedade nos processos organizacionais. As equações e números utilizados acima são muito abstratos e seriam insuficientes para descrever esses processos em um sentido qualitativo. A amplificação e a atenuação da variedade nas organizações são o fruto de comunicação e conversações.[14] Podemos pensar, por exemplo, em conversações para reflexão e para ação. Essa dinâmica da engenharia de variedade é um tópico importante que requer mais investigação.

Além da demonstração do modo de funcionar, é preciso enfatizar, nesta conclusão, o que a engenharia de variedade pode significar no futuro. É um enfoque conceitual inortodoxo e efetivo no confronto com complexidades. Pode, por exemplo, orientar as decisões e ações em situações de conflito. O seu principio de funcionamento pode parecer simples demais. Porém, este principio é uma plataforma para incitar inovações. Pode estimular o desenho inventivo de sistemas complexos, e às vezes radical, - quando se trata de reframing ou transformação. E pode fomentar a resiliência necessária para lidar com a incerteza ubíqua. A engenharia de variedade tem um grande potencial!

Agradecimentos

Os autores estão muito gratos à senhora Katharina Schwaninger-Planta pelo seu apoio incansável e criativo na redação deste artigo. Os nossos agradecimentos vão também para a professora Juliana Mariano Alves pelo seu excelente acompanhamento editorial.

14 "Comunicação", no sentido de Shannon & Weaver (1949), é definida como a seleção de uma mensagem "a partir de um conjunto conhecido de mensagens possíveis" (Dubberly & Pangaro 2009:1). A conversação envolve "a capacidade de novas mensagens serem geradas e o entendimento resultante confirmado ou negado. ... Somente na conversação podemos aprender novos conceitos, compartilhar e evoluir o conhecimento e confirmar o acordo" (Ibidem:2). O aprendizado ocorre através de conversações sobre um assunto que serve para tornar o conhecimento explícito (Pask 1976). E aprender é uma das mais fortes alavancas para reforçar auto-variedade.

References

Ashby, W. R. (1956). An Introduction to Cybernetics. London, Chapman & Hall.

Beer, S. (1979). The Heart of Enterprise. Chichester, Wiley.

Beer, S. (1981). The Brain of the Firm. Chichester, Wiley.

Beer, S. (1984). The Viable System Model: Its Provenance, Development, Methodology and Pathology. Journal of the Operational Research Society 35(1): 7-25.

Beer, S. (1985). Diagnosing the System for Organizations. Chichester, Wiley.

Beer, S. (1988). "Holism and the Frou-Frou Slander." Kybernetes 17(1): 23-32.

Ben-Eli, M. U. (2012). The Cybernetics of Sustainability: Definition and Underlying Principles. In: Enough for All Forever: A Handbook for Learning about Sustainability. Eds. J. Murray, G. Cawthorne, C. Dey and C. Andrew. Champaign, IL, Common Ground Publishing, University of Illinois: 255-268.

Bleicher, K. and C. Abegglen (2017). Das Konzept Integriertes Management : Visionen - Missionen - Programme. Frankfurt/New York, Campus.

Brundtland, G. H. (1991\1987). Nosso Futuro Comum. Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 2a edição. Rio de Janeiro, RJ, Editora da Fundação Getúlio Vargas.

Chen, J. (2021) Corporate Governance. https://www.investopedia.com/terms/c/corporategovernance.asp

Cukier, K., et al. (2021). Framers: Human Advantage in an Age of Technology and Turmoil. USA, Dutton.

Dubberly, H. and P. Pangaro (2009). "What is conversation? Can we design for effective conversation?" ACM — Interactions XVI.4.

Dube, K., et al. (2021) COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry. Journal of Air Transport Management 92: 102022.

Espinosa, A. and J. Walker (2011). A Complexity Approach to Sustainability. Theory and Application. London, Imperial College Press.Espejo, R. (1989). The VSM Revisited. In: The Viable System Model, Interpretations and Applications of Stafford Beer's VSM. Eds. R. Espejo and R. Harnden. Chichester, Wiley: 77-100.

Gössling, S., et al. (2020). Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment. Journal of Sustainable Tourism 29(1): 1-20.

James, G., et al. (2021). An Introduction to Statistical Learning.with Applications in R. Second Edition, Springer.

Jeong, H. Y., et al. (2022). Optimal scheduling and quantitative analysis for multi-flying warehouse scheduling problem: Amazon airborne fulfillment center. Transportation Research Part C 143.

Kaufmann, M. (2022). Die Servicehölle wird zum Alltag. St. Galler Tagblatt 10 July 2022: 23

McCulloch, W. S. (1989). The Collected Works of Warren S. McCulloch. Salinas, CA, Intersystems Publications.

Pask, G. (1976). Conversation Theory: Applications in Education and Epistemology. Amsterdam, Elsevier.

Sachs, J. D. (2015). The Age of Sustainable Development. New York, Columbia University Press.

Schwaninger, M. (2000). Managing complexity - the path toward intelligent organizations. Systemic Practice and Action Research 13(2): 207-241.

Schwaninger, M. (2001). Intelligent organizations - an integrative framework. Systems Research and Behavioral Science 18: 137-158.

Schwaninger, M. (2009\2006). Intelligent Organizations: Powerful Models for Systemic Management. Berlin, Springer.

Shannon, C. and W. Weaver (1949). The Mathematical Theory of Communication. Urbana/Chicago/London, University of Illinois Press.

Varela, F. J., et al. (1991). The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience. Cambridge, Mass, The MIT Press.