

Proposta de Modelo Para Obter Relação Funcional Entre Causas e Efeitos

Cida Sanches
cidasanches@uol.com.br
FACCAMP

Manuel Meireles
profmeireles@uol.com.br
FACCAMP

Resumo: O objetivo principal do trabalho é propor um modelo que estabeleça relações funcionais entre um conjunto de variáveis 'causais' e de 'efeito'. Em vez de se dizer que um evento é causado por outro evento, diz-se que os eventos são função de outros eventos como defende Mach (1960, 1976). O problema é relevante, especialmente no campo da Administração que cotidianamente enfrenta a necessidade de definir relações causais. O modelo proposto faz uso de uma ferramenta administrativa designada Matriz de Priorização, que é muito utilizada para priorizar alternativas ou fazer escolhas com critério mais rigoroso do que outras ferramentas já que requer que se estabeleça um determinado foco e cada uma das alternativas é confrontada com as demais tendo em conta o foco estabelecido. O modelo é apresentado usando-se como exemplo um estudo realizado numa pequena empresa no Estado de São Paulo. Os resultados obtidos com o método foram considerados consistentes e adequados pela gerência da empresa que permitiu a realização do estudo. Ficou claro não só quais eram as principais causas da perda de clientes, mas também em que intensidade cada causa contribuía para esse resultado o que facilitou a compreensão das medidas tomadas. O modelo é inovador na medida em que ajuda a representar relações causa-efeito e pode ser usado para fins preditivos. Este é um ponto positivo do modelo. O ponto fraco do modelo parece residir exatamente no seu ponto forte: a possível subjetividade presente na construção da Matriz de Priorização. Uma vez esta matriz construída, o processo é sistemático e não apresenta possibilidade de resultados diferentes. Isso significa dizer que há certa subjetividade no método proposto. Espera-se que este framework baseado em causalidade facilite a decisão e auxilie os Administradores a tomar ações específicas no que concerne à obtenção de uma maior qualidade.

Palavras Chave: causa raiz - causa-efeito - causalidade - Emach - relação funcional



1. INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre causalidade, um constructo complexo, focando-se na causalidade como relação funcional de acordo com Mach (1976). Para este autor os conceitos de causa e efeito não expressam adequadamente a dependência mútua entre os elementos. A interdependência é representada de forma mais satisfatória pelo conceito de função. Por exemplo, na situação em que os elementos são dependentes imediatamente, os conceitos de causa e efeito podem ser intercambiáveis: o elemento A pode causar B e vice-versa.

A análise de causa-efeito, de acordo com Rohleder e Silver (1997), é uma aproximação comum usada na melhoria da qualidade ou melhoria de processo. O contexto no qual é usada envolve a averiguação de um efeito indesejável e a procura para sua verdadeira causa. Inicialmente, várias possíveis causas são listadas e a identificação das causas mais prováveis normalmente é o resultado de um processo subjetivo e criativo que envolve, por exemplo, brainstorming.

O uso de *frameworks* conceituais baseados em causalidade, dizem Niemeijer e Groot (2008), tem benefícios importantes, pois podem ser relacionados a vários processos e apolíticas específicas de ações administrativas. Para Blalock (1964) o problema da causalidade faz parte de uma questão muito ampla: a da natureza do método científico e em particular, do problema das relações entre teoria e investigação. Parece haver intrinsecamente um hiato (*gap*) entre as linguagens da teoria e da investigação que nunca pode ser preenchido de forma inteiramente satisfatória. Pensa-se em termos de uma linguagem teórica que contém noções tais como causas, forças, sistemas e propriedades, diz Blalock, mas as teorias são testadas em termos de covariações, operações e leituras. Maat (2000) salienta que a questão da causalidade é um aspecto fundamental da cognição humana.

A dificuldade de se estabelecer a relação causa-efeito levou Mach (1976, p.325) a afirmar que a tarefa da ciência é descobrir relações funcionais entre os eventos e as coisas dos fenômenos: “o conceito de causa é substituído pelo conceito de função”.

Um modelo funcional, de acordo com Pearl (2000, p. 203), é uma descrição matemática de um conjunto de variáveis v_i , por meio de um conjunto de funções f_i cujos argumentos são outras variáveis endógenas a_i e também variáveis exógenas u_i (representadas de maneira estocástica): $v_i = f_i(a_i, u_i)$.

Este é o objetivo principal do trabalho: propor um modelo que estabeleça relações funcionais entre um conjunto de variáveis ‘causais’ e de ‘efeito’. Em vez de se dizer que um evento é causado por outro evento, diz-se que os eventos são função de outros eventos como defende Mach (1960, 1976).

O problema é relevante, especialmente no campo da Administração que cotidianamente enfrenta a necessidade de definir relações causais. Em Administração é muito difícil expressar com rigor uma relação causa-efeito. Quando muito “no grau máximo de generalidade chegaremos a proposições de causalidade estrutural, integrando grandes conjuntos de fatores: estamos então longe da causalidade linear e pontual clássica, de tal forma que se pode falar num outro nível de análise, carecendo de instrumentos técnicos diversos”. (Almeida, Pinto & Cruzeiro 1973). Modelos que ajudam a representar relações causa-efeito, e que podem ser usados para fins preditivos, são desejados no mundo dos negócios, diz Elliott (2003).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para o senso comum, de acordo com Almeida, Pinto e Cruzeiro (1973) causa é um acontecimento que produz sempre determinado resultado: noutras palavras X é condição

suficiente e necessária para que Y ocorra. Pimenta (1955, p.40) afirma que a ideia de causa sempre dominou o espírito humano; nas religiões, nos sistemas filosóficos, nas ciências. Procede ela da crença que se converteu em princípio fundamental ou categoria, do pensamento humano, de que tudo o que existe tem uma origem, uma razão de ser; ou é o efeito de uma causa – força, ato, poder, que o antecede e o produz.

A maioria dos pesquisadores aceita o princípio da sequência de Hume (1980), de que causas precedem efeitos. Reichenbach (2000, p.17) tenta definir causalidade sem o quesito de ordenações sequentes, mas reconhece que "... quando nós somos perguntados como distinguimos a causa de efeito, normalmente dizemos que... a causa é o que precede o outro no tempo". Para Meier (2001), causalidade é o modo de saber se um estado de coisas causa outro.

Em uma relação de causa e efeito os eventos X e Y devem ser logicamente independentes. O significado de lógica aqui é que não se pode, racionalmente, ou seja, a partir de uma construção lógica, inferir Y a partir de X (Basso & Pace, 2003). Se para um dado X se observa um determinado Y, ou vice-versa, tem-se o que se denomina correlação ou associação em algum nível.

Uma correlação é uma mera associação entre um par de variáveis, mas uma correlação não basta para determinar uma causação porque é uma relação simétrica. Isto quer dizer que a extensão pela qual X é correlacionado a Y é exatamente a mesma pela qual Y é correlacionado ou explicado por X. Para quebrar a relação simétrica, é necessário construir uma relação não simétrica. (Basso & Pace, 2003).

De acordo com Cavalcanti (2010), quando se estima um modelo econométrico, relacionando uma variável dependente Y como função de um conjunto de variáveis explicativas X, o sentido de causalidade é apenas hipótese teórica. A análise de regressão não implica necessariamente causalidade, isto é, não demonstra o sentido de influência. E nem sempre é fácil explicar o sentido da relação.

É o que afirmam Almeida, et al. (1973) "partindo-se da verificação de que certas variáveis estão correlacionadas ou associadas com a variável que se quer explicar (dependente), é ilegítima a conclusão imediata de que se está em presença de uma relação causal". De acordo com Boudon (1971) foi Durkheim quem pela primeira vez se apercebeu deste problema. Granger (1998) deu a ele uma solução aceitável, especialmente no campo da econometria. No mesmo sentido vão Kendall e Stuart (1961, p. 279).

O teste de causalidade de Granger (1998) se propõe a verificar se a ocorrência de uma variável X precede a ocorrência de uma variável Y. Se a inclusão dos valores passados de X em um modelo, composto pelos valores passados de Y, o tornará mais apropriado prever valores futuros para Y, pode-se afirmar que X precede Y. Bennett e Gronewoller (2002) destacam que o teste de causalidade proposto por Granger parte da premissa da possibilidade de estimação de modelos auto-regressivos bivariados.

Dessa forma, é interessante lembrar que o termo causalidade, no sentido estatístico, não é sinônimo de endogeneidade. Por essa razão, Leamer (1985) sugere o uso do termo precedência ao termo causalidade. Contudo, este último já se encontra popularizado e bem estabelecido na literatura pelo que as expressões precedência temporal e causalidade significam a mesma coisa.

Há muitos modelos de causalidade como afirma Bastos (2003), e aqui são considerados três tipos deles: (1) relação sequencial, linear ou direta que, de acordo com Norreklit (2000) utiliza os critérios de Hume: (i) X precede Y, cronologicamente falando; (ii) a observação do evento X necessariamente ou com grande probabilidade implica em outra

observação do evento Y e (iii) os dois eventos podem ser observados em um período de tempo pequeno; (2) a causalidade estrutural que se distingue da causalidade sequencial ou linear porquanto assenta em um predominate conjunto de causas. O conceito de causalidade estrutural tem sua origem nos trabalhos Althusser (1980). “Na causalidade estrutural, a estrutura do todo tem o papel de causa ausente, determinando a natureza das instâncias de acordo com o papel que cada uma tem no todo estruturado”. (Jameson, 1981); e (3) o “modelo da causalidade funcional proposto por Mach que sugeriu a ideia de relações funcionais como alternativa à noção de relações causais, substituindo o termo ‘causalidade’ por ‘função’ (matemática)”. (Chiesa, 2006; Laurenti, 2004). Este é o paradigma que se considera no presente trabalho e que a seguir é abordado.

2.1- O PARADIGMA DE MACH

O modelo proposto neste trabalho serve para estabelecer uma relação funcional envolvendo eventos, uns denominados predominantemente causas e outros designados efeitos ou resultados. O modelo atende às considerações de Mach (1976, p.234), físico e filósofo austríaco, que afirma:

Simplemente averiguar os fatos com precisão e representá-los no pensamento requer mais iniciativa do que é comumente suposto. Para que se seja capaz de dizer que um elemento depende de outro e como isso se dá (segundo a noção de relação funcional), um pesquisador deve contribuir com algo de si próprio além do que é imediatamente observado. Seria um erro pensar que alguém pode depreciar isto por chamá-lo de descrição.

Para a maioria das pessoas, quando um evento provoca outro evento, existe uma conexão entre os dois eventos de tal forma que o primeiro antecede o segundo. Hume (1980) questionou esta crença, notando que é óbvio que qualquer pessoa se pode aperceber dos dois eventos, mas não tem necessariamente de perceber a conexão entre os dois.

Hume (1980) negou que se possa fazer qualquer ideia de causalidade a não ser do seguinte: “Quando se observa que dois eventos sempre ocorrem conjuntamente, tende-se a criar a expectativa de que quando o primeiro ocorre o segundo ocorrerá”. Diz ainda que “Levados como somos a transferir o passado para o futuro em todas as nossas inferências, sempre que o passado se mostrou inteiramente regular e uniforme aguardamos o acontecimento com a maior confiança e não damos lugar a suposições contrárias”. (Hume, 1980, p.158):

Mach parece ter incorporado esta crítica de Hume (1980) ao modelo linear de causalidade ao substituir a noção de causa pela noção de relações funcionais, operando uma desvinculação entre explicação científica e explicação causal. Esta operação sugere semelhanças entre Mach (1969, 1974) e Skinner (1974), especialmente se se considerar o paralelismo dos argumentos com que ambos se valem para eliminar a ideia de conexão das relações entre os eventos.

Heidelberger (2007, p. 168) quanto à motivação de Mach para criticar a causalidade linear escreve:

É digno de nota que Ernst Mach, um dos primeiros e mais entusiasmados devotos do paralelismo psicofísico de Fechner, no final das contas abandonou os adendos de Fechner ao postulado empírico e buscou se contentar com explicação alguma – não só em termos da relação psicofísica, mas também para todas as relações entre fenômenos em toda a ciência. Mach quis restringir a ciência natural exclusivamente àquelas dependências funcionais neutras entre os fenômenos, que Fechner considerava apenas como um estágio provisório da psicofísica. Ao fazer isso, Mach quis banir as asserções

causais não só da psicofísica, mas da física e da psicologia. Isso indica que o principal motivo para Mach rejeitar a explicação causal e o realismo científico surgiu de sua preocupação com a teoria mente-corpo, ao invés de seu trabalho em física ou de alguma animosidade basal para com os átomos. Isso também mostra que Fechner de fato (mesmo que não intencionalmente) liderou um movimento antimetafísico, cético com respeito à causalidade, que Mach compartilhou e levou adiante, e que posteriormente levou ao empirismo lógico e além.

Ao propor o conceito de relação funcional como substituto da causalidade, Mach (1959, p.92) assim se justifica:

Para mim, a principal vantagem da noção de função quando comparada à de causa, encontra-se no fato de que a primeira nos força a uma maior precisão de expressão, e que ela é livre de incompletude, indefinição e unilateralidade da segunda. A noção de causa é, na verdade, uma maneira primitiva e provisória de se afastar da dificuldade.

Observa-se, deste modo, que Mach (1960, 1976) incorpora a utilização do termo “relações funcionais” em substituição a “relações causais”: a presença de um evento influencia a ocorrência de outro. Aqui se avalia probabilidade de ocorrência em vez de certeza de ocorrência. A recorrência de casos semelhantes com efeitos semelhantes, como a conexão de A e B, sob circunstâncias semelhantes, é a essência da relação causal. Entretanto, a experiência não oferece a conexão de causa e efeito: tal relação é um artifício do pensamento para facilitar a reprodução mental dos fatos.

O método adotado por Mach (1976) deriva da adoção das relações funcionais como objeto de estudo, pois considerada que coisas que dependem umas das outras geralmente variam juntas: o método de variação concomitante é o guia universal. E conclui que temos que observar as mudanças em um elemento pelas alterações que ocorrem em outro; os elementos que, porventura, não podem ser manipulados, devem ser mantidos sob controle assegurando a sua constância (variáveis de controle).

Mach (1959, p.89) considera o conceito de causalidade demasiado “rígido”: “a concepção tradicional de causalidade é algo perfeitamente rígido: uma dose do efeito segue a uma dose da causa. Uma espécie de concepção primitiva e farmacêutica do universo é expressa nessa visão, como na doutrina dos quatro elementos”.

Leão e Laurenti (2009) afirmam que é importante esclarecer que o conceito de causalidade como conexão necessária pressupõe a noção de força e sugerem uma relação de suficiência causal entre causa e efeito. Considerando que as relações funcionais descrevem relações empíricas em termos probabilísticos, podemos dizer que esse modo de explicar a relação de dependência entre eventos parece ser incompatível com a noção de causalidade, especialmente, com a noção de conexão necessária entre eventos.

2.2 FERRAMENTAS DE RELAÇÕES CAUSAIS

No campo da Administração, muitas ferramentas gerenciais são conhecidas para lidar com a relação causa-efeito. Dentre elas podem ser citadas: Análise da Causa Raiz, Árvore de Realidade Corrente, Diagrama de Ishikawa (ou Espinha de Peixe), Diagrama de Causa-e-Efeito e Diagrama de Inter-relação.

Uma ferramenta que capacita a determinação da causa raiz é a Análise da Causa Raiz (*Root Cause Analysis*). Okes (2008) afirma que a Análise da Causa Raiz é um processo analítico e requer análise rigorosa sobre a relação causa-efeito. É essencialmente um processo cognitivo. O evento de investigação é chamado análise de causa de raiz e os investigadores

são responsáveis para juntar e pesar evidência e propor hipótese antes de fazer conclusões sobre o que ativou o evento.

Há softwares para análise de causa raiz que suportam análises formais e estruturais como se vê em OpenTube (2013), que disponibiliza caminhos para aquisição de softwares associados a problemas de causa-efeito: (1) *REASON Root Cause Analysis*; (2) *TapRoot*; (3) *NASA Root Cause Analysis Tool (RCAT)*; (4) *XFRACAS*; (5) *PathMaker*; (6) *Reality Charting*; (7) *Solve*; (8) *Tripod Beta*; (9) *PROACT*; e (10) *Investigation Catalyst*.

Outra ferramenta é a *Árvore de Realidade Corrente (Current reality tree)*, que, de acordo com Cox, Blackstone e Spencer (1995, p.19) “é baseada na lógica para estabelecer o relacionamento causa-efeito com o objetivo de determinar a causa-raiz de um efeito no sistema”. Quando usada como ferramenta de diagnóstico a *Árvore de Realidade Corrente* ajuda a identificar o primeiro conjunto de causas de efeitos indesejáveis ou de sintomas negativos.

A literatura indica que a *Árvore de Realidade Corrente* é uma ferramenta complexa para apontar a causa raiz e identificar interdependências causais, diz Doggett (2005). Para Sander (2006) esta ferramenta é adequada para descobrir as principais causas de um efeito específico por meio de uma metodologia sistemática capaz de identificar as relações de causa e efeito de um problema.

Diagrama de Ishikawa, Diagrama de causa-e-efeito e Diagrama de inter-relação são ferramentas para expressar possíveis relações entre causas e efeitos. Sinteticamente pode-se afirmar:

(1) o diagrama de Ishikawa (*Ishikawa diagram* ou *fischbone*), também conhecido como diagrama de espinha de peixe, é um simples mapa causal desenvolvido pelo Dr. Kaoru Ishikawa, que primeiramente usou a técnica nos anos 60. (Enarsson, 1998; Kelley, 2000). O diagrama de Ishikawa é provavelmente o modo mais conhecido de expressar relações de causa-efeito (Tan & Platts, 2003). Concretamente o Diagrama de Ishikawa não aponta a causa raiz de algum problema, porquanto se limita a expressar possíveis tipos de relações causais. Trata-se, portanto, de uma ferramenta gráfica utilizada para explorar e representar opiniões a respeito de fontes de variações em qualidade e/ou defeitos de processo. (Campos, 2004);

(2) o diagrama de causa-e-efeito ajuda a entender a relação entre as causas e mostra visualmente o que já foi estudado, facilitando a comunicação e o planejamento de novas ações (Muran & Gryna, 1988). O diagrama de causa-e-efeito (*Cause-and-effect diagram*) é uma extensão do diagrama de Ishikawa; não é restrito ao diagrama de espinha de peixe e usa estruturas ovais para representar variáveis. Diversos livros-textos populares sugerem perguntar os cinco “por quês”, isto é, perguntar “por quê” cinco vezes para descobrir a origem mais detalhada e profunda das causas de um problema. (Pande & Holpp, 2001); e

(3) o diagrama de interrelação (*Interrelationship diagram*) foi desenvolvido em 1976 pela *Society of Quality Control Technique Development* em associação com a *JUSE-Japanese Scientists and Engineers*, denominava-se diagrama de relações (*relations diagram*). É uma ferramenta que procura integrar o mapeamento do fluxo de materiais com a avaliação das interligações preferenciais. Este método é usado para: (i) identificar as relações de causa e efeito entre um conjunto de itens; (ii) aumentar a compreensão sobre um conjunto de riscos; (iii) determinar as inter-relações e dependências entre um conjunto de ações, ou estratégias, como suporte ao planejamento da resolução de problemas; (iv) determinar quais as áreas de risco que se devem tratar primeiro. O resultado é tão bom quanto o conhecimento que os participantes trazem. É importante selecionar os participantes “certos”, pois eles necessitam estar familiarizados com os itens. (Doggett, 2005). De acordo com Brassard (1994, p.77), os participantes devem possuir “um conhecimento profundo do assunto em discussão”.

2.3 MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO

O modelo proposto faz uso de uma ferramenta administrativa designada Matriz de Priorização, e é essa ferramenta que agora aqui se aborda. De acordo com Scarpi (2010, p.526) a Matriz de Priorização é uma ferramenta de gestão muito utilizada para priorizar alternativas ou fazer escolhas com critério mais rigoroso do que as demais ferramentas. É importante que se estabeleça um determinado foco e cada uma das alternativas é confrontada com as demais. Esta ferramenta é muito importante para se definir a mais alguma coisa, entre diversas opções, porquanto se trata de uma tabela que permite a comparação de uma alternativa com todas as outras.

Exatamente por ter esta propriedade 'definir a mais alguma coisa, entre diversas opções' a Matriz de Priorização foi adotada para apontar a causa ou as causas mais relevantes dentre um determinado conjunto de causas logicamente relacionadas a um efeito específico.

Scarpi (2010, p. 526) ilustra como se aplica a Matriz de Priorização mostrando os passos a seguir, com um exemplo exibido nas figuras 1 e 2 e que se refere à 'perda de clientes' por um Laboratório de Análises Clínicas.

Formula de comparação: O fator Y (abaixo) contribui muito mais (10); mais (5); de forma igual (1); menos (0,2); muito menos (0,1) do que o fator X (à direita) para o sintoma indesejado	Demora na recepção	Demora na colheita	Demora na entrega	Resultado incorreto	Amostra incorreta	Requisição incorreta	Soma de pontos da linha	Importância 0-5
Demora na recepção								
Demora na colheita								
Demora na entrega								
Resultado incorreto								
Amostra incorreta								
Requisição incorreta								
Passos 1, 2 e 3								
Formula de comparação: O fator Y (abaixo) contribui muito mais (10); mais (5); de forma igual (1); menos (0,2); muito menos (0,1) do que o fator X (à direita) para perder clientes	Demora na recepção	Demora na colheita	Demora na entrega	Resultado incorreto	Amostra incorreta	Requisição incorreta	Soma de pontos da linha	Importância 0-5
Demora na recepção		5.0	1.0	0.1	0.2	1.0		
Demora na colheita			1.0	0.1	0.2	1.0		
Demora na entrega				0.1	0.1	1.0		
Resultado incorreto					5.0	10.0		
Amostra incorreta						1.0		
Requisição incorreta								
Passo 4								

Figura 1. Passos 1 a 4 de uma análise por meio de Matriz de Priorização. Fonte: Scarpi, M. J. (2010). Administração em Saúde. São Paulo: DOC.

Passo 1: Definir corretamente o foco. Neste passo o problema deve ser definido corretamente, de forma que a comparação entre as alternativas seja coerente. No exemplo de Scarpì (2010) o foco definido é ‘perder clientes’.

Passo 2: Desenhar matriz de Priorização. Colocar os elementos a serem comparados numa matriz $N \times N$. Como há seis elementos a priorizar, a matriz é 6×6 como mostra a etapa 1 da figura 1. Observar que a diagonal, que é o encontro do fator em uma linha com o mesmo fator na respectiva coluna, é neutralizada. Para tal pinta-se tais células com uma cor destacável.

Passo 3: Definir a fórmula de comparação. Neste passo escreve-se a fórmula por meio da qual se fará sempre a comparação entre duas alternativas. No exemplo exibido na figura 1 pode ser observada a fórmula de comparação no topo à esquerda:

O fator Y (abaixo) contribui
 muito mais (10);
 mais (5);
 de forma igual (1);
 menos (0,2);
 muito menos (0,1)
 do que o fator X (à direita)
 para o sintoma indesejado

Neste caso, o ‘sintoma indesejado’ é ‘perder clientes’. A seguir são colocados os fatores em linhas e colunas, seguindo a mesma ordem.

Passo 4: Comparar e pontuar acima da diagonal. Neste passo (figura 1) é feita a comparação de cada linha com os elementos de cada coluna, considerando-se a contribuição para o foco. Inicialmente, faz-se a comparação considerando apenas os valores acima (ou à direita) da diagonal. Ao efetuar a comparação adota-se o texto da comparação e o valor correspondente em pontos. Recomenda-se que a Matriz de Priorização seja calculada por três a cinco pessoas que conheçam as circunstâncias do problema e que cheguem a um consenso na avaliação.

Por exemplo, ao comparar ‘Demora na recepção’ com ‘Demora na colheita’ se procede da seguinte forma, considerando que a ‘demora na recepção’ contribui mais do que a ‘demora na coleta’ para a perda de clientes:

O fator Y=Demora na recepção (abaixo) contribui
 mais (5);
 do que o fator X=Demora na coleta (à direita)
 para **perder clientes**

Neste caso é colocado o valor 5 na célula correspondente aos fatores comparados.

Assim se procede, fator a fator, inicialmente considerando as comparações acima da diagonal. Ao término desta parte se deve ter a Matriz de Priorização como ilustra o passo 4 da a figura 1.

Formula de comparação: O fator Y (abaixo) contribui muito mais (10); mais (5); de forma igual (1); menos (0,2); muito menos (0,1) do que o fator X (à direita) para perder clientes	Demora na recepção	Demora na colheita	Demora na entrega	Resultado incorreto	Amostra incorreta	Requisição incorreta	Soma de pontos da linha	Importância 0-5
	Demora na recepção	5.0	1.0	0.1	0.2	1.0		
Demora na colheita	0.2	1.0	0.1	0.2	1.0			
Demora na entrega	1.0		0.1	0.1	1.0			
Resultado incorreto	10.0			5.0	10.0			
Amostra incorreta	5.0				1.0			
Requisição incorreta	1.0							
Passo 5								
Formula de comparação: O fator Y (abaixo) contribui muito mais (10); mais (5); de forma igual (1); menos (0,2); muito menos (0,1) do que o fator X (à direita) para perder clientes	Demora na recepção	Demora na colheita	Demora na entrega	Resultado incorreto	Amostra incorreta	Requisição incorreta	Soma de pontos da linha	Importância H 0-5
Demora na recepção	5.0	1.0	0.1	0.2	1.0	7.3	0.6	
Demora na colheita	0.2	1.0	0.1	0.2	1.0	2.5	0.0	
Demora na entrega	1.0	1.0	0.1	0.1	1.0	3.2	0.1	
Resultado incorreto	10.0	10.0		5.0	10.0	45.0	5.0	
Amostra incorreta	5.0	5.0	10.0	0.2	1.0	21.2	2.2	
Requisição incorreta	1.0	1.0	1.0	0.1	1.0	4.1	0.2	
Passos 6 e 7								

Figura 2. Passos 5 a 7 de uma análise por meio de Matriz de Priorização. Scarpi, M. J. (2010). Administração em Saúde. São Paulo: DOC.

Passo 5: Pontuar abaixo da diagonal. Para se preencher abaixo (ou à esquerda) da diagonal, deve-se ter em conta que na coluna são escritos os valores inversos e transpostos da linha correspondente. Por exemplo, a primeira linha tem os valores (5)(1)(0.1)(0.2)(1). A primeira coluna terá os valores transpostos inversos, ou seja: (1/5)(1/1)(1/0.1)(1/0.2)(1/1) ou, simplificadamente: (0.2)(1)(10)(5)(1). Isso pode ser visto no passo 5 da figura 2.

Passo 6: Calcular a pontuação obtida. Neste passo somam-se, para cada linha, os pontos obtidos. Observar que todos os valores são somados, antes e depois da diagonal, linha a linha. É o que mostra a coluna ‘Soma de pontos da linha’ nos passos 6 e 7 da figura 2.

Passo 7: Normalizar. A coluna ‘Importância H 0-5’ é uma normalização da coluna ‘Soma de pontos da linha’ no intervalo 0 a 5. A normalização de zero a 5 é feita utilizando a seguinte fórmula: $I_p = 5 \frac{p - \min}{\max - \min}$ onde p é o números de pontos, min o menor valor de pontos observado; max o maior valor observado. Min e max são, respectivamente, neste caso, 2,5 e 45.

Por exemplo, para o primeiro valor 7,3 tem-se: $I_p = 5 \frac{p - \min}{\max - \min} = 5 \frac{7,3 - 2,5}{45 - 2,5} = 0,6$

Passo 8: Interpretar o resultado. O ‘Resultado incorreto’ é o que mais impacto tem para a ‘perda de clientes’ neste exemplo extraído de Scarpi (2010) referente a um Laboratório de Análises Clínicas.

3- MODELO PROPOSTO PARA OBTER RELAÇÃO FUNCIONAL ENTRE CAUSAS E EFEITOS

O modelo proposto é apresentado a seguir usando-se como exemplo um estudo realizado numa pequena empresa no Estado de São Paulo. A empresa está em atividade há dois anos e vem enfrentando inúmeros problemas que conduzem à perda de clientes. Este trabalho desenvolveu-se em janeiro de 2013.

Tabela 1: Matriz de Priorização para cálculo de H e V

	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Formula de comparação: O fator Y (abaixo) contribui muito mais (10); mais (5); de forma igual (1); menos (0,2); muito menos (0,1) do que o fator X (à direita) para a perda de clientes	Cliente_espera	Cliente_reclama	Falta_treinamento	Func_Desconhecem_o_que_vendem	Gerencia_imatura	Pessoal_desmotivado	Excesso_de_dividas	Comunicação_deficiente	Gestores_nao_sabem_administrar	Processos_irracionais	Mau_atendimento	Pontos_das_linhas	Normalização_H_0-5
2	Cliente espera		10,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	11,1	0,6
3	Cliente reclama	0,1		0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1,3	0,0
4	Falta treinamento	10,0	10,0		10,0	0,1	0,1	5,0	10,0	1,0	5,0	10,0	61,2	4,0
5	Func Desconhecem o que vendem	10,0	5,0	0,1		0,2	1,0	5,0	0,2	0,1	1,0	10,0	32,6	2,1
6	Gerencia imatura	10,0	10,0	10,0	5,0		10,0	5,0	5,0	1,0	5,0	10,0	71,0	4,6
8	Pessoal desmotivado	10,0	10,0	10,0	1,0	0,1		5,0	1,0	0,1	0,2	5,0	42,4	2,7
9	Excesso de dividas	10,0	10,0	0,2	0,2	0,2	0,2		1,0	0,1	0,2	0,2	22,3	1,4
10	Comunicação deficiente	5,0	5,0	0,1	5,0	0,2	1,0	1,0		0,2	1,0	0,2	18,7	1,1
11	Gestores nao sabem administrar	10,0	10,0	1,0	10,0	1,0	10,0	10,0	5,0		10,0	10,0	77,0	5,0
12	Processos irracionais	5,0	5,0	0,2	1,0	0,2	5,0	5,0	1,0	0,1		5,0	27,5	1,7
13	Mau atendimento	10,0	10,0	0,1	0,1	0,1	0,2	5,0	5,0	0,1	0,2		30,8	1,9
14	Pontos da coluna	80,1	85,0	21,9	32,6	2,3	27,7	41,2	28,6	2,9	23,0	50,6		
15	Normalização V 0-5	4,7	5,0	1,2	1,8	0,0	1,5	2,4	1,6	0,0	1,3	2,9		

Etapa 1: Obter a lista de potenciais causas que logicamente podem ser reconhecidas como contribuintes para o principal efeito. O efeito foi definido como ‘perda de clientes’ e os pesquisadores com o auxílio do gerente responsável fizeram inicialmente um brainstorming. Onze causas foram listadas como possíveis explicadoras da perda de clientes, como mostra a Tabela 1.

Etapa 2: Obter os valores normalizados H e V referentes aos totais das linhas e das colunas. Para esta etapa aplicou-se o procedimento de uma típica Matriz de Priorização como visto no item 2.4 (passos 1 a 7).

Foram calculadas, a seguir, as somas dos ‘pontos das linhas’ e dos ‘pontos das colunas’. Observar que a soma dos pontos das colunas é um procedimento simples, embora não contemplado na Matriz de Priorização.

Fez-se a seguir a normalização desses valores obtendo-se:

- a normalização H (ou horizontal) correspondendo à normalização dos totais das linhas no intervalo 0-5 (coluna 15 da tabela 1);
- a normalização V (ou vertical) correspondendo à normalização dos totais das colunas no intervalo 0-5 (linha 15 da tabela 1).

Observar que a soma dos pontos das colunas, bem como a normalização desses valores (linhas 14 e 15 da tabela 1) são procedimentos adicionais à Matriz de Priorização, mas o processo é o mesmo que se aplica às colunas 14 e 15 dessa matriz.

Desta forma, temos dois grupos de valores: os valores normalizados H correspondentes às somas dos valores dispostos nas linhas e os valores normalizados V correspondentes às somas dos valores dispostos nas colunas.

Pode-se observar que para cada um dos fatores é possível obter um par (H,V). Por exemplo, para o fator ‘Cliente Espera’ temos o par (0,6; 4,7); para o fator ‘Gestores não sabem administrar’ temos o par (5,0; 0,0).

Tabela 2: Cálculos do Emach de cada fator

Fatores	V	H	Emach	C-E
Cliente reclama	5.0	0.0	4.00	Efeitos
Cliente espera	4.7	0.6	1.86	
Excesso de dividas	2.4	0.0	1.35	
Mau atendimento	2.9	1.9	-0.01	Fatores causais
Comunicação deficiente	1.6	1.1	-0.26	
Func Desconhecem o que vendem	1.8	2.1	-0.40	
Processos irracionais	1.3	1.7	-0.54	
Pessoal desmotivado	1.5	2.7	-0.59	
Falta treinamento	1.2	4.0	-0.76	
Gestores nao sabem administrar	0.0	5.0	-0.99	
Gerencia imatura	0.0	4.6	-1.00	

Nota: Fatores: lista de fatores considerados ordenados decrescentemente por Mach; V: normalização dos totais das colunas; H: normalização dos totais das linhas. Mach: poder do fator na relação causa-efeito; C-E: fatores causais (Mach negativo) e efeitos (Mach positivo).

O valor H pode ser considerado como desdobramento causal, isto é, quanta carga o fator tem para responder (ser responsável) pelo evento em análise (neste caso ‘perda de clientes’). Olhando a tabela 2 fica claro que ‘Gerência imatura’, ‘Gestores não sabem administrar’, e ‘Falta treinamento’ destacam-se como fatores predominantemente causais. H é um valor ativo, portanto.

O valor V pode ser considerado como sintoma, ou desdobramento do efeito no evento em análise. ‘Cliente reclama’, ‘Cliente espera’ e ‘Mau atendimento’ são sintomas do evento em análise que é a ‘perda de clientes’. V é um valor passivo, essencialmente.

Etapa 3: Calcular o Emach de cada fator. (Resolveu-se adotar Emach /pronunciar emäk/ para não confundir com o número Mach, também homenagem a E. Mach). O número Mach exprime a razão da velocidade de um móvel em relação à velocidade do som. Com os *outputs* H e V da Matriz de Priorização elabora-se a tabela com o valor Emach para cada

fator. Este valor, assim denominado em homenagem a Ernst Mach, é calculado com a seguinte fórmula: $Emach_{HV} = \frac{V}{H+1} - 1$.

O Emach expressa o sentido e a potência do fator na relação causa-efeito (C-E). Fatores causais são negativos e fatores efeito são positivos como ilustra a tabela 2. Quanto maior o Emach do fator mais efeito ele expressa. Os limites de Emach são -1 (causa raiz) e 4, principal sintoma do efeito. Pela tabela 2 verifica-se que ‘Cliente reclama’ é o principal sintoma do efeito analisado ‘perda de clientes’; a causa raiz é o fator com Emach -1: neste exemplo é ‘Gerência imatura’.

A figura 3 mostra os valores *plotados* de Emach e V. Gráfico semelhante, entretanto, com associação negativa, pode ser construído com os valores observados de H e Emach.

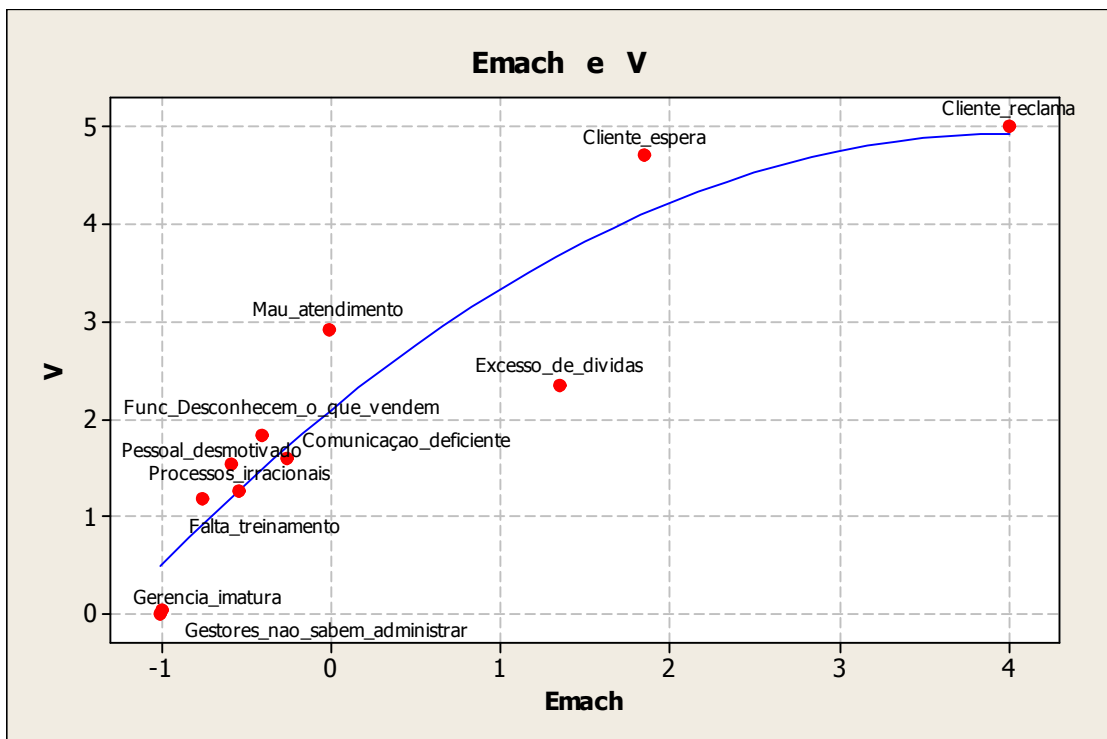


Figura 3: 'Mapa' de causas e efeitos

Etapa 4: Determinar a relação funcional entre os fatores. Foi visto acima que um modelo funcional é uma descrição matemática de um conjunto de variáveis por meio de uma função. A relação funcional pode ser calculada mediante softwares estatísticos. No presente caso utilizou-se o Minitab r.16. Qualquer função envolvendo H,V e Emach é possível de ser estabelecida.

Tabela 3: Relação Funcional

Regression Analysis: Emach versus H				
The regression equation is Emach = 1.70 - 0.676 H				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1.6979	0.5169	3.28	0.009
H	-0.6758	0.1894	-3.57	0.006
S = 1.05227 R-Sq = 58.6% R-Sq(adj) = 54.0%				

Se os valores de Emach expressam o sentido e a potência do fator na relação causa-efeito eles podem ser associados às variáveis V e H de forma a estabelecer alguma função. A associação entre Emach e H, que é fundamental para decidir ações, pode ser vista na tabela 3. Neste caso, o coeficiente de determinação ajustado é de 54%. O R^2 ajustado, de acordo com Triola (1999) denota o coeficiente de determinação múltipla, que é uma medida do grau de ajustamento da equação de regressão múltipla aos dados amostrais.

O coeficiente de determinação $R^2(\text{adj})=54\%$ interpretado segundo Ryan e Joiner (2001, p.301), indica que 54% da variação total do Emach é explicada pela variação da variável H. Estes coeficientes de determinação são aceitáveis. Maroco (2007, p.571) quanto a isto afirma:

O valor de R^2 que se considera produzir um ajustamento adequado é algo subjetivo. No caso de ciências exatas, $R^2 > 90\%$ são geralmente aceites como indicadores de um bom ajustamento, enquanto que para as ciências sociais valores de $R^2 > 50\%$ consideram já aceitável o ajustamento do modelo aos dados.

Os resultados obtidos com o método proposto, especialmente os exibidos na tabela 2 e na figura 3 foram considerados consistentes e muito adequados pela gerência da pequena empresa que permitiu a realização do estudo. Ficou claro para os responsáveis pela empresa não só quais eram as principais causas da perda de clientes, mas também em que intensidade cada causa contribuía para esse resultado (valor H), o que facilitou a compreensão das medidas tomadas.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A proposta deste modelo, que auxilia a estabelecer relações funcionais entre um conjunto de variáveis ‘causais’ e de ‘efeito’ atende aos pressupostos de Mach (1960, 1976), se bem que no âmbito da Administração seja muito difícil expressar com rigor tal tipo de relação (Almeida, Pinto & Cruzeiro 1973).

O modelo aqui proposto é inovador na medida em que ajuda a representar relações causa-efeito, e pode ser usado para fins preditivos o que o pode tornar “desejado no mundo dos negócios”. (Elliott, 2003). É um ponto positivo do modelo, portanto.

Este modelo não requer longas séries temporais, como o de Granger (1998), mas exige apenas que se utilize um procedimento baseado na lógica para estabelecer potenciais causas. Pode-se considerar que leva vantagem à Análise da Causa Raiz que é um processo analítico e requer análise rigorosa sobre a relação causa-efeito, como afirma Okes (2008). Também se apresenta mais simples do que a Árvore de Realidade Corrente que, no entender de Doggett (2005) é uma ferramenta complexa para apontar a causa raiz e identificar interdependências causais.

O modelo proposto faz uso de uma ferramenta administrativa simples e já conhecida, designada Matriz de Priorização, ligeiramente ampliada por uma linha e uma coluna nas quais se normalizam os valores obtidos. Esta normalização torna os resultados circunscritos ao intervalo -1 e 4 no que se refere à variável Emach que expressa o sentido (positivo ou negativo) e a potência (de 1 a 4) do fator na relação causa-efeito. Quanto maior o Emach do fator mais ‘efeito’ é a participação deste no evento. Só por si esta variável expressa quão ‘efeito’ é o fator considerado, considerando que ‘efeitos negativos’ são ‘causas’.

Se se levar em conta os critérios de desempenho que Doggett (2005) considerou para comparar ferramentas destinadas a avaliar causa raiz, pode-se afirmar que este modelo tem capacidade para: (1) encontrar a causa raiz de um evento; (2) mostrar de forma sistemática o que é causa e o que é efeito; (3) mostrar a interdependência causal, que pode ser plenamente



observada na matriz de priorização; (4) identificar o fator de relacionamento (Emach); (5) mostrar os fatores intermediários entre a causa raiz e o principal efeito (ver tabela 2); (6) testar a lógica da resposta (ver tabela 1); (7) ser aplicado rapidamente; (8) ser sistemático e preciso; (9) não estar sujeito a influência subjetiva durante o procedimento (após a Matriz de Priorização); e (10) suportar inúmeros fatores, relativos ao problema, para analisar.

O valor Emach de cada fator é decorrente de duas variáveis importantes atribuídas ao fator em questão: o valor H que indica a carga de causabilidade do fator ou de quanto o fator contribui ativamente para o efeito em análise e o valor V que indica quanto o fator pode ser considerado como desdobramento do efeito no evento em análise. Todas estas variáveis dotam o modelo de orientação para a decisão, apontando onde a ação deve ocorrer.

Por fim, cabe destacar que o modelo proposto possibilita o estabelecimento de uma relação funcional atendendo aos pressupostos de Mach (1960, 1976).

Espera-se que este *framework* baseado em causalidade facilite a decisão e auxilie os Administradores a tomar ações específicas no que concerne à obtenção de uma maior qualidade atendendo, desta forma, a Niemeijer e Groot (2008).

Certamente há muito a fazer no que concerne à possibilidade de futuras pesquisas de forma a testar mais intensamente o modelo proposto. Tais pesquisas podem envolver problemas com amplo número de variáveis; o mesmo problema sob óticas gerenciais diferentes; aplicações em diversos setores da Administração. Deve ser investigado até que ponto o modelo suporta relações causais complexas de forma a aprimorá-lo.

O ponto fraco do modelo parece residir exatamente no seu ponto forte: a possível subjetividade presente na construção da Matriz de Priorização. Uma vez construída, o processo é sistemático e não apresenta possibilidade de resultados diferentes. Entretanto, é possível que a construção da Matriz de Priorização enseje resultados diversos quando feita por pessoas diferentes ou pelas mesmas pessoas em diferentes momentos. Isso significa dizer que há subjetividade no método proposto.

É possível que futuras pesquisas sobre Emach possam adotar o paradigma Design Science já que esta metodologia objetiva desenvolver conhecimento que possa ser usado por profissionais em seus campos de atuação para resolução de problemas (Van Aken, 2005). Design Science é fundamentalmente um paradigma que busca criar inovações que definem ideias, práticas, capacidades técnicas, e produtos pelas quais a análise, projeto, implementação e uso podem ser efetivamente e eficientemente efetuados (Tsichritzis, 1997; Denning, 1997).

Leão e Laurenti (2009) afirmam que o conceito de causalidade pressupõe a noção de força (e neste quesito o modelo proposto atende ao gerar as variáveis H e V) e sugerem uma relação de suficiência causal entre causa e efeito. É neste aspecto de 'suficiência causal', que é avaliada na construção da Matriz de Priorização, que a subjetividade mais se faz observar. Desta forma, trabalhos que busquem a redução da subjetividade do processo são bem vindos.

Para os pesquisadores na área de processo decisório o modelo pode fornecer subsídios para estruturar logicamente pensamentos relacionados a causas e efeitos; para os que lidam com qualidade e melhoria de processos o modelo pode ser útil para identificar a causa raiz. Para os que se ocupam de estudos organizacionais que versem sobre a prática da gestão e suas relações e possibilidades com as teorias da administração, acredita-se que este trabalho estimule a reflexão sobre o conhecimento prático da atividade gerencial.

5. REFERÊNCIAS

Almeida, J.F. de, Pinto, J. M., & Cruzeiro, M. E. (1973). A propósito do problema da causalidade em ciências sociais : o modelo de decomposição de proporções de R. Boudon. *Análise social*, 10(40), 734-777. Recuperado em 2 de março, 2013, de <http://catalogo.biblioteca.iscte-iul/>



2013
SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA
EM GESTÃO E TECNOLOGIA

Gestão e Tecnologia para a Competitividade

23.24.25 de Outubro de 2013

- Basso, L.F.C., & Pace, E.S.U. (2003). Uma análise crítica da direção da causalidade no Balanced Scorecard. RAE- Revista de Administração de Empresa 2(1). Recuperado em 16 de fevereiro, 2013, de <http://rae.fgv.br/rae-eletronica>.
- Bastos, J. B., Filho. (2003). Os problemas epistemológicos da realidade, da compreensibilidade e da causalidade na teoria quântica. Revista Brasileira de Ensino de Física, 25(2).
- Blalock, H. M., Jr. (1964). Causal Inferences in Non-Experimental Research. Chapei Hill: University of North Carolina Press.
- Boudon, R. (1971). Les Mathématiques em Sociologie. Paris: PUF.
- Brassard, M., & Ritter, D. (1994). GE Capital Services Memory Jogger II. GOAL/QPC. Massachusetts:GE.
- Campos, V. C. (2004). TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Belo Horizonte: INDG.
- Cavalcanti, M. A. F. H. (2010). Identificação de modelos var e causalidade de Granger: uma nota de advertência. Revista de Economia Aplicada, 14(2), 251-260.
- Chiesa, M. (2006). Bahaviorismo radical: a filosofia e a ciência. Brasília: Celeiro/IBAC.
- Cox III, J.F., Blackstone, H., Jr., & Spencer, MS. (1995). APICS Dictionary (8a ed.). Falls Church, VA: American Production and Inventory Control Society.
- Denning, P.J. (1997). A New Social Contract for Research, Communications of the ACM 40(2), 132-134.
- Doggett, A. M. (2005). Root Cause Analysis: A Framework for Tool Selection. The Quality Management Journal, 12(4), 34.
- Elliott, M. R. (2003). Causality and How to Model It. BT Technology Journal, 21(2), 120.
- Enarsson, L. (1998). Evaluation of suppliers: How to consider the environment. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 28(1), 5-17.
- Granger, C.W.J. (1998). Causal Inference: The New Palgrave. In: J. Eatwell, M. Milgate, & Newman, P. (Eds.). A Dictionary of Economics (v 1 - A to D). London: Macmillan Press.
- Heidelberger, M.(2004). Nature from within: Gustav Theodor Fechner and his psychophysical worldview. Pittsburgh: U. Pittsburgh Press.
- Hume, D. (1980). Investigação sobre o entendimento humano. São Paulo: Abril Cultural.
- Jameson, F. (1981). The political unconscious. Londres: Methuen.
- Kelley, D.L. (2000). More new twists on traditional quality tools and techniques. Journal for Quality & Participation, 23(4), 30-31.
- Kendall, M.G., & Stuart, A. (1961). The Advanced Theory of Statistics. Charles Griffin Publishers: Nova York.
- Laurenti, C. (2006). Um exame crítico do conceito de causalidade no behaviorismo radical. In: H. J. Guilhardi, & N. C. Aguirre (Orgs.), Sobre comportamento e cognição. Santo André:ESETec.
- Laurenti, C. (2004). Hume, Mach e Skinner: a explicação do comportamento. São Carlos: USFSCar.
- Leamer, E.E. (1985). Vector autoregressions for causal inference. In: K. Brunner e A. Meltzer (org.), Understanding Monetary Regimes, Journal of Monetary Economics, supplement, 255-304.
- Leão, M. F.F.C. de, & Laurenti, C. (2009). Uma Análise do Modelo de Explicação no Behaviorismo Radical: o Estatuto do Comportamento e a Relação de Dependência entre Eventos. Interação em Psicologia, 2009, 13(1), 165-174.
- Maat, H. P., & Ted, S. (2000). Domains of use or subjectivity? The distribution of three Dutch causal connective explained. In: E. Couper-Kuhlen & B.Kortmann (eds.) Cause Condition Concession Contrast. Berlin, NY: Mouton de Gruyter.
- Mach, E. (1960). The science of mechanics: a critical and historical account of its development. Illinois: Open Court.
- Mach, E. (1976). Knowledge and Error: sketches on the psychology of enquiry. D. Reidel: Boston.
- Maroco, J. (2007). Análise estatística com utilização do SPSS. 3.ed. Lisboa: Sílabo
- Meier, E. A. (2001). Contrastive study of causal subordination in english and norwegian, PhD Thesis, University of Oslo, Oslo, Norway.



2013
SEGeT
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA
EM GESTÃO E TECNOLOGIA

Gestão e Tecnologia para a Competitividade

23.24.25 de Outubro de 2013

- Muran, J., M., & Gryna, F. M. (1988). *Juran's Quality Control Handbook* (4a ed.). New York: McGraw-Hill.
- Niemeijer, D., & Groot, R. S. (2008). Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. *Environ Dev Sustain* 10(89), 106.
- Norreklit, H. (2000). The Balance on the Balanced Scorecard – a Critical Analysis of Some of its Assumptions. *Management Accounting Research*, 11, 65.
- Okes, D. (2008). The Human Side of Root Cause Analysis. *The Journal for Quality and Participation*, 31(3), 20.
- OpenTube. 10 Best Software Tools To Conduct Root Cause Analysis and Solve Complex Problems. Recuperado em 15 de janeiro, 2013 de <http://open-tube.com/10-best-software-tools-to-conduct-root-cause-analysis-and-solve-complex-problems/>.
- Pande, P.S., & Holpp, L. (2001). *What Is Six Sigma?* New York: McGraw-Hill Trade.
- Pearl, J. (2000). *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pimenta, J. (1955) *Enciclopédia de Cultura*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1955.
- Reichenbach, H. (2000). *Direction of time*. New York: Dover Publication.
- Rohleder, T.R., & Silver, E.A. (1997). A Tutorial on Business Process Improvement. *Journal of Operations Management*, 15, 139–154.
- Roth, A. L. (2004). *Métodos e Ferramentas de Qualidade*. Dissertação de Mestrado, FACCAT, Taquará, Rio Grande do Sul, RS, Brasil.
- Ryan, B., & Joiner, B.L. (2001). *Minitab handbook*. Pacific Grove, CA: Duxbury.
- Sander, W. (2006). Root Cause Analysis. *Quality Progress*, 39(11), 80.
- Scarpi, M. J. (2010). *Administração em Saúde*. São Paulo: DOC.
- Skinner, B. F. (1974). *About Behaviorism*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Tan, K.H., & Platts, K. (2003). Linking Objectives to Actions: A Decision Support Approach Based on Cause-Effect Linkage. *Decision Sciences*, Summer, 34(3), 569.
- Triola, M. F. (1999). *Introdução à estatística*. Rio de Janeiro: LTC.
- Tsichritzis, D. (1997). The Dynamics of Innovation. In: Denning, P. J., & Metcalfe, R. M. (Eds.) *Beyond Calculation. The Next Fifty Years of Computing*. New York: Copernicus.
- Van Aken, J.E. (2005). Management Research as a Design science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management. *British Journal of Management*, 16, 19-36.