

# Suporte à decisão para modelo de maturidade de processo utilizando lógica *fuzzy* a partir da perspectiva do ciclo PDCA

*Decision support for a process maturity model using fuzzy logic from the perspective of the PDCA cycle*

Luiz Fernando de Barros Falcão Vergara

Mestre em Informática pela Pontifícia Universidade Católica – PUC/Rio de Janeiro.  
Rio de Janeiro, RJ [Brasil]  
luiz\_vergara@yahoo.com.br

Luiz Octávio Gavião

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense – UFF.  
Niterói, RJ [Brasil]

Gilson Brito Alves Lima

Professor do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense – UFF.  
Niterói, RJ [Brasil]

## Resumo

Este artigo apresenta um modelo para avaliação do nível de maturidade de processos, considerando uma visão geral da gestão das necessidades (dos processos), sob a perspectiva do ciclo de planejamento (*plan*) – realização (*do*) – controle (*check*) – atuação (*act*), ou PDCA, utilizando a lógica *fuzzy* (termo em inglês que se refere à lógica difusa, na qual um mesmo valor de uma determinada variável pode estar relacionado a mais de um estado) para determinar o resultado final do modelo. O avaliador pontua os níveis de desempenho de cada uma das fases do ciclo aplicando critérios específicos propostos neste artigo. Os resultados individuais das avaliações das quatro fases do ciclo são consolidados para obter a avaliação final do conjunto utilizando um sistema *fuzzy* simples de um único estágio, considerando as regras previamente estabelecidas para o modelo. O resultado final obtido pelo modelo é a medida do nível de maturidade do processo com ênfase na sua gestão.

**Palavras-chave:** *Fuzzy*. Gestão. Maturidade de processos. PDCA. Processos.

## Abstract

This article presents a model for assessing the level of maturity of processes, taking into account an overview of the management of the needs (of the processes) in the perspective of the plan-do-check-act (PDCA) cycle, using fuzzy logic (in which the same value of a single variable could be associated with more than one state) to determine the final outcome of the model. The evaluator scores the performance levels of each stage of the cycle, applying specific criteria proposed in this article. The individual results of the evaluations of the four stages of the cycle are consolidated for the final assessment of the whole using a simple, single-stage fuzzy system, taking into account the rules previously established for the model. The final result obtained through the model is the measure of process maturity level with emphasis on its management.

**Key words:** Fuzzy. Process. Management. Maturity model.

## 1 Introdução

O desenvolvimento (e sucesso) do modelo de avaliação do nível de maturidade da capacidade de uma organização com relação aos seus processos de desenvolvimento de programa criado pelo Software Engineering Institute (SEI) da Universidade de Carnegie Mellon, estimulou as organizações a elaborarem modelos de avaliação de maturidade de processos de natureza diversa (que não apenas de desenvolvimento de *software*). O mote foi o reconhecimento de que modelos de maturidade de processos ajudam a identificar os *gaps* (lacunas) em relação às necessidades do mercado e proporcionam caminhos para aumentar a capacidade da organização para produzir melhores resultados, produtos e/ou serviços de uma forma geral, e com isso obter sucesso no atendimento das exigências do mercado (CURTIS; ALDEN, 2007).

No entanto, modelos de maturidade que impõem avaliações cujos processos decisórios se baseiam no elemento humano como responsável pelos resultados finais estão impregnados da subjetividade inerente ao componente humano dificultando sua aplicação (LEE; LEE; KANG, 2007).

Além disso, nem sempre as organizações têm condições de patrocinar recursos, tempo e envolvimento (das equipes) suficientes para realizar avaliações complexas, frequentemente estabelecidas pelos modelos que requerem grandes levantamentos de informação e por isso impõem prazos dilatados, competindo com a rotina das equipes envolvidas na operação, impactando a produtividade ou prejudicando a própria avaliação de maturidade de interesse da organização.

O valor agregado pelo modelo que está sendo proposto neste artigo, além da simplicidade, é a sua instrumentalidade quando comparado aos demais modelos de maturidade de processos já publicados, proporcionando oportunidade de redução de custos e prazos, quando aplicado, que

representam fatores críticos de sucesso para muitos projetos.

A simplicidade e a instrumentalidade acima referidas foram obtidas a partir de duas componentes determinantes: (1) utilização da lógica *fuzzy* para reduzir a subjetividade inerente ao processo decisório, e aumentar a consistência dos resultados, além de otimizar a consolidação das avaliações parciais, proporcionando velocidade e facilitando a utilização do modelo (ZADEH, 1965, 1973); (2) adoção de abordagem na perspectiva do planejamento (*plan*) – realização (*do*) – controle (*check*) – atuação (*act*), ou PDCA, como base nas avaliações dos colaboradores da equipe, simplificando as análises iniciais, uma vez que se trata de uma abordagem reconhecida e ainda muito utilizada, fatores que facilitam muito a aplicação do modelo em várias situações (DEMING, 1982; MATSUO; NAKAHARA, 2013; SHEWHART; DEMING, 1939).

O resultado destas escolhas é traduzido num modelo simplificado para avaliação da maturidade dos processos, suportado pela lógica *fuzzy*, a partir da adoção de uma visão global da gestão das necessidades dos processos, sob a perspectiva do ciclo PDCA.

A avaliação proposta considera todas as questões relevantes aos processos quando são analisadas as fases do ciclo PDCA. Desta forma, liderança, aplicação de tecnologia, integração e outras também relevantes não devem ser perdidas de vista ao longo da análise das fases do ciclo.

O artigo encontra-se estruturado em cinco seções conforme elencadas a seguir: a primeira seção descreve uma apresentação geral e define o objetivo do artigo. A segunda apresenta o referencial teórico que suportou o artigo. A terceira mostra a estrutura metodológica adotada para avaliação da gestão dos processos de uma forma geral. A quarta apresenta o desenvolvimento e resultados da modelagem *fuzzy* utilizada e, por fim, a quinta e úl-

tima seção na qual são apresentadas as conclusões obtidas, abordando o valor agregado e as possibilidades de novos estudos e evolução do modelo.

## 2 Referencial teórico

As três abordagens (maturidade de processos, *fuzzy* e PDCA), em separado, foram objeto de estudo de muitos artigos elaborados por diversos autores.

### 2.1 Maturidade de processos

A ideia de avaliar a maturidade dos processos nasceu a partir da iniciativa do Departamento de Defesa dos Estados Unidos para desenvolver uma metodologia para melhorar a capacidade dos seus fornecedores de *software* (HUMPHREY; SWEET, 1987).

Em seguida, derivado da iniciativa citada, surgiu o modelo Capability Maturity Model (CMM), proposto pelo Software Engineering Institute (SEI) da Universidade de Carnegie Mellon, que se tornou mais conhecido assim que foram divulgados seus resultados (PAULK et al., 1993).

Posteriormente, percebeu-se que modelos deste tipo poderiam ser aplicados na avaliação de processos de uma forma geral e não apenas para o desenvolvimento de *software*.

Ao longo de duas décadas (1990 a 2010), os modelos de avaliação do nível de maturidade dos processos se popularizaram alcançando uma evolução significativa em termos de robustez e abrangência (HAMMER, 2007; LEE; LEE; KANG, 2007; OMG, 2008; PAULK et al., 1993; ROSEMANN; BRUIN, 2005; TEAM, 2002).

### 2.2 Lógica fuzzy

A lógica *fuzzy*, cujos preceitos foram enunciados originalmente por Zadeh, proporcionou, aos modelos que a adotaram, a possibilidade de

utilizar variáveis contínuas de entrada e de saída para um sistema de decisão multicritério, aproximando-os da realidade a ser representada (CHANG; ZADEH, 1972, 1965).

A utilização da lógica *fuzzy* em diversas aplicações e, por também, diversas razões (simplicidade e facilidade de entendimento, flexibilidade, tolerância à imprecisão dos dados, possibilidade de tratar funções não lineares e complexas, orientada a partir da opinião de especialistas, redução do grau de subjetividade do processo decisório) foi vantajosa em relação às abordagens convencionais restritas a variáveis discretas, em que ocorrem pontos de descontinuidade entre as situações mapeadas pelas entradas e saídas dos respectivos modelos (AFRINALDI; ZHANG, 2014; FERREIRA; SASSI; AFFONSO, 2011; GAVIÃO; LIMA, 2014; JAYAWARDENA et al., 2014; REZAEI; ORTT, 2013).

### 2.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming, representa um importante marco na evolução da qualidade das organizações (SINGH, 2013).

Em 1939, W. Shewhart aplicou o seu ciclo “especificação-produção-inspeção” na administração da produção. Tempos depois, em 1950, W. E. Deming modificou o ciclo de Shewhart para: projeto; fabricação; colocação no mercado; teste por meio de pesquisa de mercado e, por fim, reprojeto do produto. A interpretação japonesa do “ciclo de Deming”, apresentado nas aulas do Dr. Deming em 1950 e 1951, conduziu a abordagem metodológica *plan-do-check-act*, ou ciclo PDCA (MOEN; NORMAN, 2006).

No artigo “*Application of a Holistic Model for Determining BPM Maturity*”, Rosemann e Bruin propõem um modelo com perspectivas similares às fases do ciclo PDCA (ROSEMANN; BRUIN, 2005).

## 2.4 Lógica fuzzy e PDCA nos modelos de maturidade

O emprego da lógica *fuzzy* em modelos de maturidade se verificou em propostas mais recentes, uma destas propostas é direcionada aos processos de desenvolvimento de *software* com base no CMM (AHMED; CAPRETZ; SAMARABANDU, 2008; AHMED; CAPRETZ, 2006, 2015).

A estratégia de utilizar a lógica *fuzzy* e referenciar o PDCA, para elaborar critérios para determinação do nível de maturidade, foi aplicada recentemente na avaliação de processos industriais (AKKASOGLU; WECKENMANN; RAMPP, 2012; WECKENMANN; AKKASOGLU, 2012).

Mais recentemente o interesse em avaliar a maturidade foi sugerido para várias outras finalidades (além de processos), observando uma tendência de utilizar esta abordagem com o propósito de evoluir o desempenho de uma organização em algum sentido.

Como exemplo, foram desenvolvidas propostas de modelos para avaliação de maturidade para: (a) gestão de riscos para construtoras (ZHAO et al., 2013); (b) interoperabilidade técnica para e-governos (SHEFFER CORRÊA et al., 2014); (c) tecnologia da informação e telecomunicações (KIEN; SON; GIANG, 2013); (d) gestão de energia das organizações (ANTUNES; CARREIRA; SILVA, 2014); (e) treinamento à distância (PENICINA, 2011); (f) gestão da inovação nas micro e pequenas empresas do setor de tecnologia (BUENO; POZO, 2015) etc.

Verifica-se que, nos artigos supracitados em (a), (b) e (c), foram desenvolvidos modelos adotando a lógica *fuzzy* como ferramenta; e em (d) e (e) utilizou-se o PDCA, demonstrando a aplicabilidade de ambos os métodos na abordagem em questão.

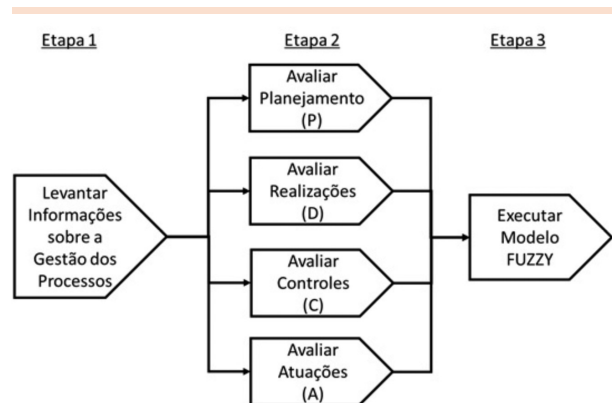
Apesar da diversidade de temas e objetos de avaliação de maturidade nos trabalhos supracitados, observam-se, em comum, apenas as ferramentas adotadas.

Mas a aplicação destas mesmas ferramentas também é diferenciada em cada caso, considerando as necessidades e o foco das medições.

O foco da medição realizada no modelo apresentado neste estudo é a gestão dos processos, isto delimita consideravelmente o conjunto de informações a serem levantadas, fator crítico de sucesso para projetos de avaliação de maturidade de processos.

## 3 Metodologia

A visão geral das etapas da avaliação do nível de maturidade do processo proposta encontra-se representada na sequência de ações da Figura 1.



**Figura 1: Etapas da avaliação do nível de maturidade do processo**

Fonte: Os autores.

As etapas deverão ser realizadas conforme a seguir:

### Etapa 1 – levantar informações sobre a gestão dos processos

Nesta etapa são verificados os processos que pertencem ao escopo do projeto para levantar as informações necessárias a fim de realizar as avaliações na perspectiva das fases do ciclo: Planejamento (P); Realizações (D); Controles (C) e Atuações (A), considerando os critérios estabelecidos.

Devem ser examinados documentos relacionados ao planejamento, à conclusão das realizações, às medições e controles do andamento das ações e referentes aos registros das intervenções e atuações identificadas no ciclo, documentos que suportam todo o ciclo PDCA, e devem ser realizadas entrevistas com gestores e integrantes das equipes envolvidas nos processos.

### Etapa 2 – avaliar a gestão dos processos com base em cada componente do PDCA

Utilizando as informações obtidas na Etapa 1 (de levantamento das informações), cada uma das fases (P, D, C e A) deve ser pontuada de 0 a 10 no processo de avaliação, conforme descrito a seguir.

A título de ilustração, destacou-se um recorte do quadro para avaliação do Planejamento na Figura 2, o qual é composto de colunas para descrever os cenários (CENÁRIO) e critérios para identificar estes cenários (CRITÉRIOS), além de uma coluna (PTOS) relacionando os pontos a se-

rem atribuídos quando identificados os cenários correspondentes.

Neste sentido, para avaliar os processos, com relação à perspectiva “Planejamento”, é necessário observar os critérios definidos na tabela para identificação do cenário, comparando com a situação encontrada a partir das informações levantadas sobre os processos na Etapa 1.

O avanço na tabela ocorre somente quando são atendidas todas as condições dos cenários que antecedem o cenário alcançado e o próprio.

Uma vez localizada a posição do processo na tabela, determina-se como resultado um número, por simplicidade e conveniência, entre 0 (zero) e 10 (dez), relacionado àquela posição.

Foram criadas tabelas semelhantes (com pontuações e métricas idênticas) para avaliar as três outras fases do ciclo PDCA, para as quais se aplicam os mesmos procedimentos. As tabelas completas encontram-se nos Apêndices: (2.A) Planejamento; (2.B) Realizações; (2.C) Controles e (2.D) Atuações.

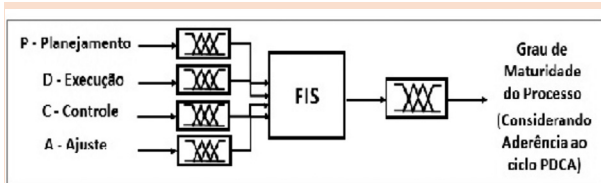
PTOS	CENÁRIO	CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAR CENÁRIO E AVALIAR ‘PLANEJAMENTO’
Valor de 0 a 2	Existe Planejamento para o processo em questão (cobrindo abrangência do processo no horizonte do ciclo PDCA).	<p>Se não atender minimamente o requisito acima (valor 0) parar a avaliação de “Planejar”(P) aqui e de todo o resto, ou seja, nem iniciar a avaliação do nível de maturidade para os demais quadrantes (DCA).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar se existem iniciativas e ações planejadas referentes ao processo.</li> <li>- Se sim, verificar se este planejamento trata as questões de forma global e proativa ou se representa apenas ações dispersas que tratam de forma reativa problemas pontuais ocorridos.</li> <li>- Pontuar com valor entre 0,1 e 2 observando o nível de atendimento do Plano ao requisito acima, considerando a abrangência e a qualidade do Plano em vista das necessidades do processo.</li> </ul>
Adicional	Se existir planejamento (passo 1 atendido, mesmo que não totalmente), as iniciativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar se no planejamento apresentado foram determinadas metas de prazo e designados responsáveis para as iniciativas e ações planejadas.</li> <li>- Pontuar com valor entre 0 e 2 (a ser adicionado) observando prazos e</li> </ul>

Figura 2: Critérios para avaliar “Planejamento”

Fonte: Os autores.

### Etapa 3 – executar modelo *fuzzy*

Para executar a Etapa 3, foi desenvolvido um modelo com um único estágio de sistema de inferência *fuzzy* (sigla na língua inglesa, FIS – *fuzzy inference system*), conforme apresentado na Figura 3.



**Figura 3: Estágio de sistema de inferência *fuzzy* (FIS)**

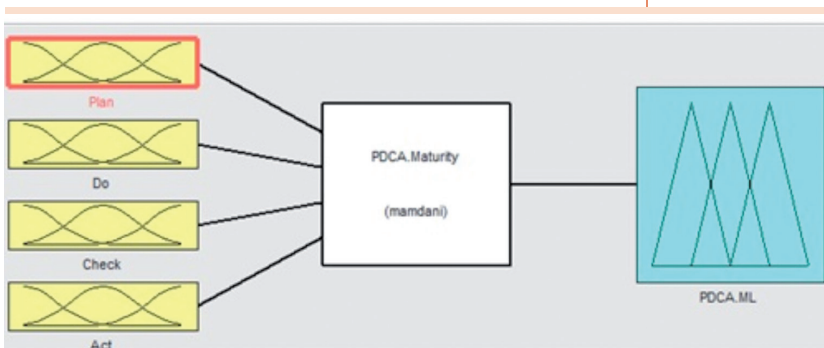
Fonte: Os autores.

Este estágio FIS permite combinar as variáveis de entrada obtidas na Etapa 2 (avaliações para Planejamento, Realização, Controle e Atuação, como componentes da gestão do processo) para produzir a avaliação final do processo de forma global, ou seja, contemplando todas as fases do PDCA.

## 4 Desenvolvimento da modelagem *fuzzy*

A visão geral do sistema inferência *fuzzy* (FIS) desenvolvido encontra-se na Figura 4.

A implementação do sistema foi realizada em três passos seguidos da automatização pelo



**Figura 4: FIS com as entradas e a saída**

Fonte: Os autores com auxílio do MATLAB.

MATLAB (*software* para desenvolvimento e cálculo de modelos matemáticos e estatísticos).

- Passo 1 – descrição dos conjuntos *fuzzy* de entrada.
- Passo 2 – descrição dos conjuntos *fuzzy* de saída.
- Passo 3 – regras de inferência do sistema *fuzzy*.
- Modelo conceitual do sistema de inferência *fuzzy*.
- Análise do Comportamento da Saída.

### 4.1 Passo 1 – descrição dos conjuntos *fuzzy* de entrada

Os conjuntos *fuzzy* de entrada são as probabilidades de as avaliações parciais do processo pertencerem a uma das possíveis categorias quando o resultado da avaliação variar entre os intervalos de valores estabelecidos.

Foram criados conjuntos *fuzzy* de pertinência triangulares para as categorias (“Muito Baixa”; “Baixa”; “Média”; “Alta”; “Muito Alta”) para modelar as avaliações parciais do processo para cada componente do PDCA (“Planejar”; “Realizar”; “Controlar” e “Atuar”).

A Figura 5 mostra, como exemplo, a representação gráfica dos conjuntos *fuzzy* criados para descrever o comportamento da variável de entrada “Planejar”.

Para cada uma das demais variáveis (“Realizar”; “Controlar” e “Atuar”) foram criados conjuntos *fuzzy* idênticos aos representados na figura.

O comportamento dos conjuntos *fuzzy* de entrada pode ser

descrito de forma numérica conforme o Quadro 1.

Este determina que as variáveis linguísticas (para P, D, C e A) podem assumir os seguintes valores: “Muito Baixa”; “Baixa”; “Média”; “Alta” e “Muito Alta”.

Os três valores que aparecem nas células descrevem os triângulos formados pelos conjuntos de entrada que aparecem no Quadro 1, observando a existência de regiões de superposição nas quais as entradas podem ser consideradas pertencentes a uma categoria ou a outra.

O primeiro valor determina o início da faixa para a categoria em questão (até aquele valor a probabilidade de pertencer a categoria é 0), o segundo é o valor em que a categoria assume o pico (probabilidade 1 de pertencer à categoria; e 0, às adjacentes) e o terceiro valor determina o final da faixa referente àquela categoria (a partir dali a probabilidade é 0 de pertencer à categoria).

#### 4.2 Passo 2 – descrição dos conjuntos fuzzy de saída

Os conjuntos fuzzy de saída são as probabilidades da avaliação final (maturidade do processo na perspectiva global do ciclo PDCA) pertencer a uma das categorias criadas quando o resultado varia entre os intervalos de valores estabelecidos para as categorias.

A Figura 6 mostra graficamente o comportamento dos conjuntos fuzzy de saída.

O comportamento dos conjuntos fuzzy de saída pode ser descrito de forma numérica variando

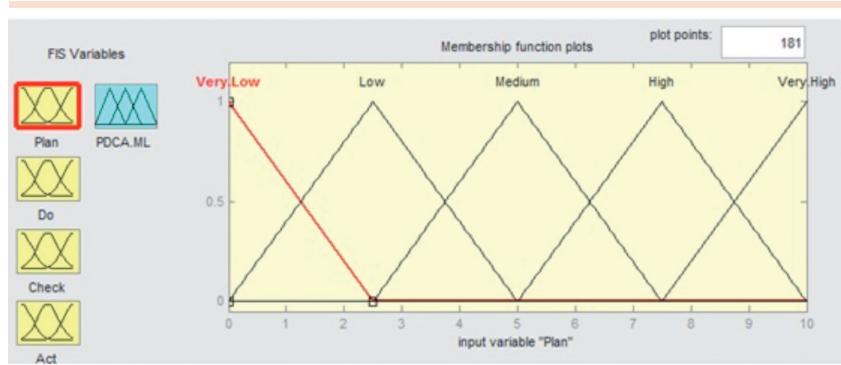


Figura 5: Conjuntos fuzzy de entrada da variável “Planejar”

Fonte: Os autores com auxílio do MATLAB.

Requisito	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Pontuação	0; 0; 2,5	0; 2,5; 5	2,5; 5; 7,5	5; 7,5; 10	7,5; 10; 10

Quadro 1: Categorias dos intervalos da pontuação obtida na avaliação das componentes (P, D, C e A)

Fonte: Os autores.

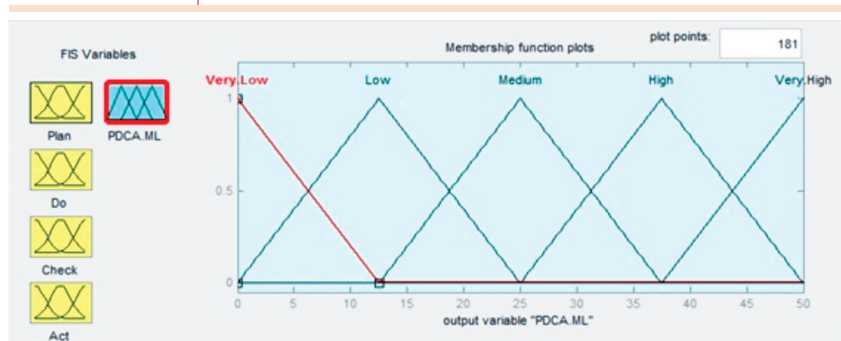


Figura 6: Conjuntos fuzzy de saída (nível de maturidade do processo)

Fonte: Os autores com auxílio do MATLAB.

Requisito	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Pontuação	0; 0; 12,5	0; 12,5; 25	12,5; 25; 37,5	25; 37,5; 50	37,5; 50; 50

Quadro 2: Categorias dos intervalos da avaliação da maturidade do processo (Perspectiva global da gestão P, D, C e A)

Fonte: Os autores.

entre 0 e 50, como mostra o Quadro 2. Este determina que a variável linguística para o nível de maturidade do processo pode assumir os seguintes valores: “Muito Baixa”; “Baixa”; “Média”; “Alta” e “Muito Alta”.

A exceção dos valores numéricos estabelecidos para os intervalos das entradas e das saídas, que são diferentes, aplicam-se ao Quadro 2, as mesmas descrições dos conjuntos *fuzzy* observadas para o Quadro 1, na apresentação do comportamento das entradas.

### 4.3 Passo 3 – Regras de inferência do sistema fuzzy

As regras de inferência tipo “se-então” para o sistema *fuzzy* proposto estão expressas na forma de um conjunto de operações lógicas que combinam as variáveis de entrada (P; D; C e A), encontram-se a seguir:

1. *If (Plan is Very.Low) then (PDCA.ML is Very.Low)*
2. *If (Do is Very.Low) then (PDCA.ML is Very.Low)*
3. *If (Check is Very.Low) then (PDCA.ML is Very.Low)*
4. *If (Act is Very.Low) then (PDCA.ML is Very.Low)*
5. *If (Plan is Low) then (PDCA.ML is Low)*
6. *If (Do is Low) then (PDCA.ML is Low)*
7. *If (Check is Low) then (PDCA.ML is Low)*
8. *If (Act is Low) then (PDCA.ML is Low)*
9. *If (Plan is Medium) then (PDCA.ML is Medium)*
10. *If (Do is Medium) then (PDCA.ML is Medium)*
11. *If (Check is Medium) then (PDCA.ML is Medium)*
12. *If (Act is Medium) then (PDCA.ML is Medium)*
13. *If (Plan is High) then (PDCA.ML is High)*
14. *If (Do is High) then (PDCA.ML is High)*
15. *If (Check is High) then (PDCA.ML is High)*
16. *If (Act is High) then (PDCA.ML is High)*
17. *If (Plan is Very.High) then (PDCA.ML is Very.High)*
18. *If (Do is Very.High) then (PDCA.ML is Very.High)*
19. *If (Check is Very.High) then (PDCA.ML is Very.High)*

20. *If (Act is Very.High) then (PDCA.ML is Very.High)*

O número de regras de inferência foi significativamente reduzido a partir do método URC (*union rule configuration*) – a configuração da regra se baseia na união dos elementos antecedentes –, proposto por Combs, sendo elaboradas 20 regras para o estágio FIS (*fuzzy information system*) e evitando a explosão de regras que a abordagem IRC (*intersection rule configuration*) – a configuração da regra se baseia na interseção dos elementos antecedentes –, proporcionaria para as mesmas alternativas de entrada e saída (COMBS, 1997).

Aplicando o método URC, para quatro variáveis de entrada (P, D, C e A) que podem assumir cinco diferentes categorias (“Muito baixa”; “Baixa”; “Média”; “Alta”; “Muito Alta”), apenas 20 (=4x5) regras são suficientes para o estágio FIS.

### 4.4 Modelo conceitual do sistema de inferência fuzzy

O código da Engenharia do Conhecimento envolvida na construção do modelo conceitual do sistema de inferência *fuzzy* desenvolvido encontra-se no Apêndice 1. O algoritmo do sistema de inferência *fuzzy*, suportado pelo Modelo de Mamdani, permite definir as características gerais do sistema, os conjuntos de entrada, os conjuntos de saída e as regras do modelo *fuzzy*.

O método de inferência Mamdani é o mais simples e comumente utilizado nas mais diversas aplicações da lógica *fuzzy*, devido à sua estrutura de operações “min-max” nas etapas de um sistema *fuzzy* baseado em regras (KARAKOSE; GENCOGLU, 2012; KOBERSI et al., 2013). Este método foi proposto por Mamdani (MAMDANI; ASSILIAN, 1975), com fundamento na pesquisa de Zadeh (ZADEH, LOTFI A, 1973) sobre sistemas complexos e processos de decisão com lógica



fuzzy, com regras linguísticas obtidas a partir de entrevistas com operadores experientes.

Os autores deste artigo priorizaram a simplicidade e generalidade inerentes ao método Mamdani para selecioná-lo como método de inferência.

### 4.5 Análise do comportamento da saída

Foram realizadas simulações utilizando conjuntos discretos de dados de entrada e simulações que abrangem todo o intervalo que as variáveis de entrada podem assumir e seus respectivos estados de forma contínua.

#### 4.5.1 Simulação 1 - simulação aplicando conjuntos discretos de entradas

Foram gerados 20 valores para as entradas “Plan”, “Do”, “Check” e “Act” por meio do simu-

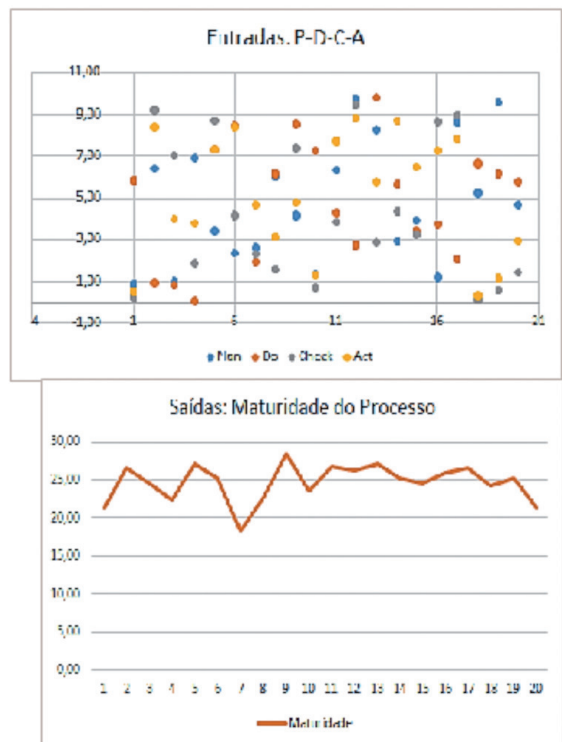
lador do MATLAB, assumindo distribuições uniformes para essas quatro variáveis, no intervalo entre o valor mínimo (i.e. zero) e o máximo (i.e. dez). Esses valores foram submetidos ao sistema de inferência fuzzy, gerando as correspondentes saídas que podem ser observadas no Quadro 3.

Pode-se observar que, para a amostra utilizada, os resultados de saída situaram-se entre 18 e 29, com média entre 24 e 25, ou seja, concentraram-se na faixa central do intervalo de valores possíveis (0 a 50).

#### 4.5.2 Simulação 2 - simulação aplicando conjuntos contínuos de entradas

O modelo foi executado cobrindo, de forma contínua, todo o espectro de valores de entrada (0 a 10) e realizando as possíveis combinações entre os pares de variáveis (referentes às fases) conside-

Amostra	Plan	Do	Check	Act	Maturidade
1	0,88	5,82	0,26	0,52	21,33
2	6,40	0,97	9,21	8,42	26,57
3	0,99	0,79	7,01	4,02	24,51
4	6,91	0,09	1,90	3,80	22,45
5	3,42	7,34	8,67	7,35	27,08
6	2,36	8,47	4,18	8,37	25,18
7	2,64	1,94	2,32	4,64	18,38
8	6,04	6,17	1,56	3,12	22,76
9	4,18	8,51	7,39	4,77	28,49
10	1,36	7,26	0,67	1,35	23,63
11	6,34	4,30	3,84	7,69	26,71
12	9,77	2,72	9,43	8,85	26,29
13	8,26	9,85	2,90	5,80	27,09
14	2,94	5,67	4,36	8,71	25,17
15	3,91	3,43	3,23	6,47	24,49
16	1,20	3,74	8,64	7,27	26,00
17	8,62	2,07	8,92	7,84	26,66
18	5,25	6,66	0,17	0,33	24,30
19	9,55	6,18	0,56	1,12	25,22
20	4,64	5,76	1,46	2,92	21,32



Quadro 3: Planilha de entradas e saídas do modelo

Fonte: Simulador do MATLAB e auxílio de ferramentas gráficas do Excel.

rados. No caso das fases P-D, obteve-se, como saída, o relevo representado na Figura 7.1; e, no caso das fases C-A, a saída encontra-se na Figura 7.2. Validou-se a expectativa de que os comportamentos entre as regiões compreendidas, considerando as fases P-D e C-A, são semelhantes, uma vez que as escalas de valores e as regras aplicadas são idênticas para todas as variáveis.

Da mesma forma, caso fossem apresentadas as figuras que expressam os possíveis resultados proporcionados por meio das demais combinações de pares (P-C; P-A; D-C e D-A, independente da ordem com que apareçam) o mesmo comportamento seria observado.

As Figuras 7.1 e 7.2 demonstram que as saídas (PDCA ML) mais altas (aquelas que se encontram em amarelo e que se aproximam de 50) ocorrem quando todas as entradas apresentam pontuações superiores a oito. Entretanto, as saídas mais baixas (em azul mais escuro) ocorrem quando todas as entradas se encontram abaixo de cinco.

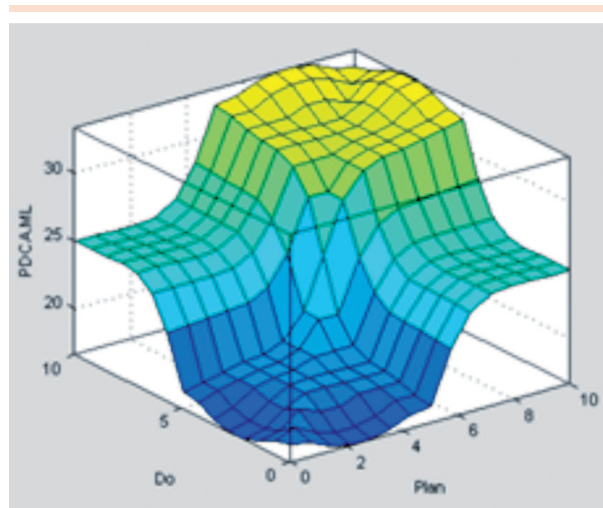
Por intermédio das figuras, observa-se a formação de quatro platôs: um platô na base (valores próximos a 0); dois no nível intermediário (valores próximos a 25) e um no nível superior (valores próximos a 50).

Os desníveis entre estes platôs (valores de 0 a 25 e de 25 a 50) aparecem como relevos muito inclinados, explicitando uma tendência de que as saídas possuem mais chance de se encontrarem em algum dos platôs citados.

Além disso, esta inclinação acentuada de relevo identifica uma região de alta sensibilidade, na qual o resultado de saída varia muito rapidamente com pequenas variações das entradas.

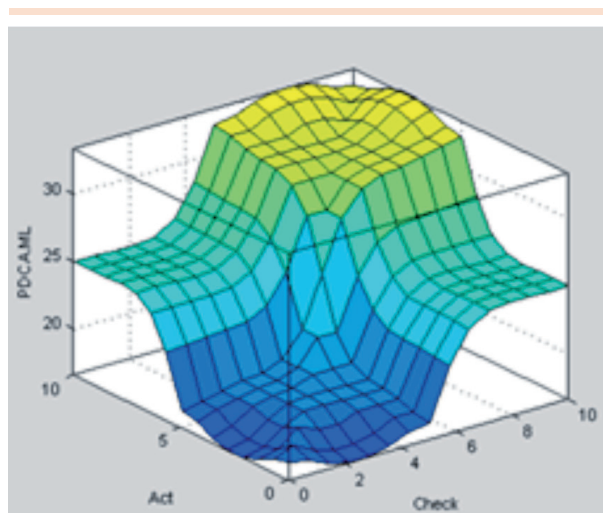
O fato de as duas combinações (P-D e C-A) apresentarem o mesmo formato reforça os comportamentos descritos.

O efeito de tais concentrações é que, pelo modelo proposto, o resultado das avaliações da “Gestão dos Processos” dá um “salto” até a cate-



**Figura 7.1: Combinação entre as distribuições de PxD**

Fonte: Simulador do MATLAB.



**Figura 7.2: Combinação entre as distribuições de CxA**

Fonte: Simulador do MATLAB.

goria “Média” (25) a partir de valores próximos de cinco atribuídos aos critérios (no caso, P, D, C e A), estaciona neste patamar (25) até que alcançando avaliações acima de oito, ocorre um novo “salto” de qualidade e o resultado se aproxima da categoria “Muito Alta” (50).

Na prática, isto representa um primeiro e significativo esforço para “descolar” da “base” no sentido que a “Gestão dos Processos” supere um determinado limite de qualidade e alcance

valores próximos à categoria “Média”, e um segundo esforço, relevante, para sair desta categoria (“Média”) e conseguir penetrar na região de qualidade superior (categoria “Muito Alta”).

A análise da envoltória que delimita o comportamento da saída do modelo proposto demonstra que em algumas regiões destas curvas o esforço é muito grande comparado ao reduzido crescimento da percepção de valor. Assim, as organizações devem apurar com extremo rigor o custo benefício para decidir quando é oportuno investir na melhoria dos processos que se encontram nestas regiões (platôs observados nas Figuras 7.1 e 7.2).

## 5 Considerações finais

O interesse em avaliar a maturidade com a finalidade de melhorar o desempenho das organizações, observado para diversos temas, reforça que esta é uma abordagem efetiva para aqueles que se propõem a este objetivo.

Este interesse é evidenciado pela extensa (e recente) publicação disponível no meio acadêmico.

Este trabalho retoma a avaliação da maturidade sob o ponto de vista dos processos, considerando que o conhecimento da maturidade destes é uma ótima ferramenta para proporcionar a requerida melhoria do desempenho da(s) organização(ões).

Os objetivos e as necessidades das organizações que estão envolvidas nos projetos de melhoria devem ser considerados na escolha do modelo de maturidade.

Decerto, também, que o modelo adotado é fator determinante para os levantamentos de informação e avaliações que se seguem e que vão se desdobrar em requisitos de prazos, custos, recursos, nível de especialização e experiência requerida dos membros da equipe do projeto.

O modelo apresentado neste artigo proporciona instrumentalidade e simplicidade na sua aplicação, uma vez que se utilizam critérios derivados do ciclo PDCA, ferramenta amplamente conhecida e dominada pelo mercado.

A possibilidade de utilizar uma abordagem com foco na gestão (dos processos) baseia-se no pressuposto de que aperfeiçoar a gestão dos processos é a forma mais eficaz de aprimorar os processos e seus resultados, quando simplifica a avaliação reduzindo o número de variáveis envolvidas na avaliação.

O maior diferencial é proporcionado pela adoção de um sistema de inferência *fuzzy* para suportar o modelo, o que reduz a subjetividade envolvida nos processos decisórios inerente à componente humana que participa e conduz estes processos.

As duas ferramentas (ciclo PDCA e lógica *fuzzy*) tornam o modelo acessível aos profissionais mais generalistas, ampliando a oportunidade de desenvolver processos em organizações que ainda não tenham experimentado tais iniciativas por restrições de custo e de disponibilidade de pessoal especializado.

Além disso, por se tratar de uma solução modular, que hoje se apresenta com apenas um estágio *fuzzy*, é válido afirmar que este seja um embrião que pode servir de base ou compor o desenvolvimento de modelos de avaliação mais amplos de processos, caso sejam identificadas necessidades específicas da aplicação que justifiquem tal utilização, pela criação de novos estágios *fuzzy* em “cascata” e/ou em “paralelo” que venham a suportar outras variáveis e perspectivas a serem consideradas, no entanto, preservando o benefício da redução da subjetividade nos processos de decisão.

Desta forma, pode ser objeto de futuras pesquisas a serem desenvolvidas, o desenvolvimento de modelos de maior abrangência, capazes de abarcar de forma direta outras variáveis relacio-

nadas ao processo, avaliando diferentes aspectos, como, por exemplo: qualidade da informação que suporta o processo; nível de integração das bases de informação; nível de automação; aspectos da cultura corporativa, tais como liderança, resistências, atitudes das equipes, nível de conflitos, agregando novas perspectivas ao modelo apresentado neste artigo.

## Referências

- AFRINALDI, F.; ZHANG, H.-C. A fuzzy logic based aggregation method for life cycle impact assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 67, p. 159-172, mar. 2014.
- AHMED, F.; CAPRETZ, L. F. A decision support tool for assessing the maturity of the software product line process. *International Journal of Computing & Information Sciences*, v. 4, n. 3, p. 97-115, 2006.
- AHMED, F.; CAPRETZ, L. F. A framework for process assessment of software product line. *Journal of Information Technology Theory and Application*, v. 7, n. 1, p. 135-157, 24 jul. 2015. Orientado à avaliação da maturidade dos processos de desenvolvimento de Sw.Utiliza modelagem fuzzy.Compara os resultados com o CMM para avaliar a consistência do modelo.
- AHMED, F.; CAPRETZ, L. F.; SAMARABANDU, J. Fuzzy inference system for software product family process evaluation. *Information Sciences*, v. 178, n. 13, p. 2780-2793, 2008.
- AKKASOGLU, G.; WECKENMANN, A.; RAMPP, A. Design of a Maturity Model for new Forming Processes Considering Uncertain Values. *Quality-Access to Success*, v. 13, n. 5, p. 47-52, 2012.
- ANTUNES, P.; CARREIRA, P.; SILVA, M. M. da. Towards an energy management maturity model. *Energy Policy*, v. 73, p. 803-814, out. 2014.
- BUENO, M.S.; POZO, H. Análise sobre o grau de maturidade em gestão da inovação nas micro e pequenas empresas do setor de tecnologia de Santos-SP. *Exacta*, v. 13, n. 2, p. 197-208, 2015.
- CHANG, S. S. L.; ZADEH, L. A. On fuzzy mapping and control. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, v. SMC-2, n. 1, p. 30-34, 1972.
- COMBS, W. E. *The Combs method for rapid inference*. 1997. Disponível em: <[http://athena.ecs.csus.edu/~hellerm/EEE222/Atricles/Combs\\_Fuzzy\\_Logic/Combs\\_Rapid\\_Inference.htm](http://athena.ecs.csus.edu/~hellerm/EEE222/Atricles/Combs_Fuzzy_Logic/Combs_Rapid_Inference.htm)>.
- CORRÊA, A. S.; MOTA, A. A.; MOTA, L. T. M. A fuzzy rule-based system to assess e-government technical interoperability maturity level. *Transforming Government: People, Process and Policy*, doi: 10.1108/TG-08-2013-0028, v. 8, n. 3, p. 335-356, 12 ago. 2014.
- CURTIS, B.; ALDEN, J. The business process maturity model (BPMM): what, why and how. *BPM Trends*, p. 1-4, 2007.
- DEMING, W. E. *Quality, productivity, and competitive position*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study, 1982.
- FERREIRA, R. P.; SASSI, R. J.; AFFONSO, C. D. O. Aplicação de uma rede neuro Fuzzy para a previsão do comportamento do tráfego veicular urbano na região metropolitana da cidade de São Paulo. *Exacta*, v. 9, n. 3, p. 1-12, 2011.
- GAVIÃO, L. O., LIMA, G. B. A. Diagnóstico multidisciplinar da educação ambiental no ensino médio brasileiro: aplicação de indicadores de desempenho em uma escola de Niterói (RJ). *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 7, n. 2, p. 46-63, 2014.
- HAMMER, M. The process audit. *Harvard Business Review*, v. 85, n. 4, p. 111-123, 2007.
- HUMPHREY, W. S.; SWEET, W. L. *A method for assessing the software engineering capability of contractors: preliminary version*. Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh PA Software Engineering Inst, 1987.
- JAYAWARDENA, A. W. et al. A comparative study of fuzzy logic systems approach for river discharge prediction. *Journal of Hydrology*, v. 514, p. 85-101, jun. 2014.
- KARAKOSE, E.; GENCOGLU, M. T. *Adaptive fuzzy control approach for dynamic pantograph-catenary interaction*. 2012. In: MECHATRONIKA INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 15<sup>th</sup>., 2012, Praga. *Anais...* Praga: IEEE, 2012. p. 1-5.
- KIEN, P. X.; SON, L. N.; GIANG, N. T. P. Measuring the ICT maturity of enterprises under uncertainty using group fuzzy ANP. *International Journal of Machine Learning and Computing*, v. 3, n. 6, p. 524-528, Dec. 2013.
- KOBERSI, I. S. et al. Control of the heating system with fuzzy logic. *World Applied Sciences Journal*, v. 23, n. 11, p. 1441-1447, 2013.
- LEE, J.; LEE, D.; KANG, S. An overview of the business process maturity model (BPMM). *Advances in web and network technologies, and information management*. [S.l.]: Springer, 2007. p. 384-395.
- MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, v. 7, n. 1, p. 1-13, 1975.

MATSUO, M.; NAKAHARA, J. The effects of the PDCA cycle and OJT on workplace learning. *The International Journal of Human Resource Management*, v. 24, n. 1, p. 195-207, 2013.

MOEN, R.; NORMAN, C. *Evolution of the PDCA cycle*. [S.l.: s.n.], 2006

OMG. Business Process Maturity Model (BPMM) Version 1.0. *Business Process Trends*, n. June, p. 496, 2008.

PAULK, M. C. et al. Capability maturity model, version 1.1. *Software*, v. 10, n. 4, p. 18-27, 1993.

PENICINA, L. Towards e-learning capability maturity model. *Scientific Journal of Riga Technical University. Computer Sciences*, v. 43, n. 1, p. 88-91, 2011.

REZAEI, J.; ORTT, R. Supplier segmentation using fuzzy logic. *Industrial Marketing Management*, v. 42, n. 4, p. 507-517, maio 2013.

ROSEMANN, M.; BRUIN, T. de. Application of a holistic model for determining BPM Maturity. *BPTrends*, n. Feb., p. 1-21, 2005.

SHEWHART, W. A.; DEMING, W. E. *Statistical method from the viewpoint of quality control*. [S.l.]: Courier Corporation, 1939.

SINGH, V. *PDCA cycle: a quality approach*. Utthan: The Journal of Management Sciences, 2013.

TEAM, C. P. Capability Maturity Model® Integration (CMMI SM), Version 1.1. *CMMI for Systems Engineering, Software Engineering, Integrated Product and Process Development, and Supplier Sourcing (CMMI-SE/SW/IPP/SS, V1. 1)*, 2002.

WECKENMANN, A; AKKASOGLU, G. Maturity determination and information visualization of new forming processes considering uncertain indicator values. In: MANUFACTURING ENGINEERING SOCIETY INTERNATIONAL CONFERENCE, 4<sup>th</sup>., 2011, Cadiz, Espanha. *Proceedings...Cadiz, Espanha: AIP CONFERENCE PROCEEDINGS*, 1431, 2012, p. 899-911.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZADEH, L. A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, v. SMC-3, n. 1, p. 28-44, 1973.

ZHAO, X.; HWANG, B.; LOW, S. Developing Fuzzy Enterprise Risk Management Maturity Model for Construction Firms. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 139, n. 9, p. 1179-1189, Sep. 2013.

System

Name='PDCA.Maturity'  
Type='mamdani'  
Version=2.0  
NumInputs=4  
NumOutputs=1  
NumRules=20  
AndMethod='min'  
OrMethod='max'  
ImpMethod='min'  
AggMethod='max'  
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='Plan'  
Range=[0 10]  
NumMFs=5  
MF1='Very.Low':trimf,[0 0 2.5]  
MF2='Low':trimf,[0 2.5 5]  
MF3='Medium':trimf,[2.5 5 7.5]  
MF4='High':trimf,[5 7.5 10]  
MF5='Very.High':trimf,[7.5 10 10]

[Input3]

Name='Check'  
Range=[0 10]  
NumMFs=5  
MF1='Very.Low':trimf,[0 0 2.5]  
MF2='Low':trimf,[0 2.5 5]  
MF3='Medium':trimf,[2.5 5 7.5]  
MF4='High':trimf,[5 7.5 10]  
MF5='Very.High':trimf,[7.5 10 10]

[Input2]

Name='Do'  
Range=[0 10]  
NumMFs=5  
MF1='Very.Low':trimf,[0 0 2.5]  
MF2='Low':trimf,[0 2.5 5]  
MF3='Medium':trimf,[2.5 5 7.5]  
MF4='High':trimf,[5 7.5 10]  
MF5='Very.High':trimf,[7.5 10 10]

[Input4]

Name='Act'  
Range=[0 10]  
NumMFs=5  
MF1='Very.Low':trimf,[0 0 2.5]  
MF2='Low':trimf,[0 2.5 5]  
MF3='Medium':trimf,[2.5 5 7.5]  
MF4='High':trimf,[5 7.5 10]  
MF5='Very.High':trimf,[7.5 10 10]

[Output]

Name='PDCA.ML'  
Range=[0 50]  
NumMFs=5  
MF1='Very.Low':trimf,[0 0 12.5]  
MF2='Low':trimf,[0 12.5 25]  
MF3='Medium':trimf,[12.5 25 37.5]  
MF4='High':trimf,[25 37.5 50]  
MF5='Very.High':trimf,[37.5 50 50]

[Rules]

1 0 0 0, 1 (1) : 2	0 0 0 2, 2 (1) : 2	0 0 4 0, 4 (1) : 2
0 1 0 0, 1 (1) : 2	3 0 0 0, 3 (1) : 2	0 0 4 4, 4 (1) : 2
0 0 1 0, 1 (1) : 2	0 3 0 0, 3 (1) : 236	5 0 0 0, 5 (1) : 2
0 0 0 1, 1 (1) : 2	0 0 3 0, 3 (1) : 2	0 5 0 0, 5 (1) : 2
2 0 0 0, 2 (1) : 2	0 0 0 3, 3 (1) : 2	0 0 5 0, 5 (1) : 2
0 2 0 0, 2 (1) : 2	4 0 0 0, 4 (1) : 2	0 0 0 5, 5 (1) : 2
0 0 2 0, 2 (1) : 2	0 4 0 0, 4 (1) : 2	

Apêndice 1 – Codificação do sistema fuzzy

PTOS	CENÁRIO	CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAR CENÁRIO E AVALIAR "PLANEJAMENTO"
De 0 a 2	Existe Planejamento para o processo em questão (cobrindo abrangência do processo no horizonte do ciclo PDCA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar se existem iniciativas e ações planejadas referentes ao processo.</li> <li>- Se sim, verificar se este planejamento trata as questões de forma global e proativa ou se representa apenas ações dispersas que tratam de forma reativa problemas pontuais ocorridos.</li> <li>- Pontuar com valor entre 0,1 e 2 observando o nível de atendimento do Plano ao requisito acima, considerando a abrangência e a qualidade do Plano em vista das necessidades do processo.</li> <li>Se não atender os requisitos acima (valor 0) parar a avaliação de "Planejar" (P) aqui e nem iniciar a avaliação do nível de maturidade para as demais fases (DCA) do ciclo.</li> </ul>
De 2,1 a 4	As iniciativas planejadas possuem metas de prazo estabelecidas e responsáveis designados para as ações.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar se no planejamento apresentado foram determinadas metas de prazo e designados responsáveis para as iniciativas e ações planejadas.</li> <li>- Pontuar com valor entre 2,1 e 4 observando prazos e responsáveis para as iniciativas planejadas considerando o nível de clareza e objetividade como são estabelecidos pelo planejamento.</li> <li>Se o planejamento não estabelece nem prazos e nem responsáveis pelas ações/iniciativas parar a avaliação do Planejamento.</li> </ul>
De 4,1 a 6	O planejamento considerou melhorias identificadas nas lições aprendidas nos ciclos PDCA anteriores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pontuar, atribuindo valor entre 4,1 e 6 observando as lições aprendidas registradas e as respectivas iniciativas/ações propostas no planejamento.</li> <li>- Pontuar com zero (0), caso não sejam efetuados registros das lições aprendidas para aquele processo, ou que estas não sejam consideradas para efeito de planejamento do processo.</li> </ul>
De 6,1 a 8	A abrangência e consistência do planejamento realizado atende as necessidades do processo e envolveu todas as partes interessadas ( <i>stakeholders</i> ) internas à organização relacionadas ao processo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantar as reuniões que abordaram o planejamento deste processo e verificar de que forma foram conduzidas estas reuniões. - Com base nas atas, verificar a abrangência dos temas (Atendimento a requisitos da Política de Negócio da organização, Objetivos Estratégicos, Metas, Operacionais) considerados para direcionar as decisões de planejamento.</li> <li>- Também com base nas atas das reuniões, identificar envolvidos, convidados e participantes nas decisões, distinguindo os colaboradores do nível operacional daqueles do nível estratégico e gerencial.</li> <li>- Pontuar, atribuindo valor de 6,1 e 8 observando as necessidades do processo comparadas aos temas abordados e o nível dos envolvidos no planejamento das ações/iniciativas relacionadas ao processo.</li> </ul>
De 8,1 a 10	As interfaces dos processos (sejam elas internas ou externas) são levadas em consideração para efeito de planejamento do processo, tendo como meta a integração da cadeia de valor como um todo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar, através das atas, se dentre os convidados e participantes das reuniões de planejamento constam representantes responsáveis pelos processos clientes e fornecedores (sejam eles internos ou externos à organização) que possuem interface com o processo sob avaliação.</li> <li>- Pontuar com valor de 8,1 a 10 observando se a totalidade ou parte das interfaces (internas e externas) do processo estão sendo consideradas para efeito de planejamento.</li> </ul>

### Apêndice 2.A - Critérios para avaliar "PLANEJAMENTO"

PTOS	CENÁRIO	CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAR CENÁRIO E AVALIAR "REALIZAÇÕES"
De 0 a 2	Ou não são realizadas ações para melhoria do processo, ou poucas ações foram propostas com este objetivo. No entanto, as ações iniciadas não atendem o planejamento realizado ou atendem de forma incompleta. Além disso, não possuem previsão de conclusão e nem responsável formalmente designado para gerenciá-las. Nesta condição, observa-se uma realização de até 20% das ações planejadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atribuir 0, quando não foi apresentada nenhuma evidência de resultado de ação realizada para atender um planejamento pré-estabelecido.</li> <li>- Atribuir até 2 pontos, quando forem apresentadas evidências sobre a efetiva conclusão de iniciativas que constam do planejamento em até no máximo 20% do planejado para o período.</li> <li>- Demais ações/iniciativas planejadas encontram-se em andamento, mas sem prazo e nem responsável formal designado ou foram descontinuadas.</li> <li>- Observa-se que os resultados das ações realizadas não representam ganhos significativos em relação às necessidades que o planejamento visava a atender originalmente.</li> </ul>
De 2,1 a 4	Existem ações sendo realizadas com o objetivo de melhoria do processo. As ações iniciadas estão em consonância com o planejamento realizado. Os prazos foram estabelecidos, mas não estão sendo respeitados, portanto, o planejamento não é executado na sua íntegra. Existem responsáveis designados formalmente para o gerenciamento das iniciativas e ações de melhoria. Mas estes não são dedicados ao gerenciamento destas, trabalham em diversas frentes concorrentes e consideradas prioritárias pelo seu superior hierárquico. Nesta condição, observa-se uma realização entre 20,1% e 40% das ações planejadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atribuir de 2,1 a 4 pontos para "Realizar", quando:</li> <li>- Forem apresentadas comunicações que evidenciam a efetiva conclusão de 20,1% até no máximo 40% das iniciativas que constam do planejamento do período.</li> <li>- Demais ações/iniciativas planejadas encontram-se em andamento, mas estão com os prazos comprometidos.</li> <li>- Forem identificados os responsáveis designados, mas for muito difícil falar com eles, pois sempre estão ocupados com diversas missões concorrendo em paralelo.</li> <li>Quando se consegue falar com os responsáveis designados, eles declaram impossibilidade de dedicar mais tempo e esforço em vista das diversas outras iniciativas/trabalhos dos quais são responsáveis/envolvidos e que possuem prioridade superior.</li> </ul>
De 4,1 a 6	Existem ações sendo realizadas com o objetivo de melhoria do processo. As ações iniciadas estão em consonância com o planejamento realizado. Os prazos foram estabelecidos, mas não são totalmente respeitados, portanto, o planejamento não é executado na sua íntegra. Existem responsáveis designados formalmente para o gerenciamento das iniciativas e ações de melhoria, dedicados ao gerenciamento destas. Estes podem até trabalhar em outras frentes concorrentes, mas estão claramente estabelecidas, para os responsáveis designados, as iniciativas/ações planejadas no ciclo PDCA, que possuem reconhecida prioridade com relação às demais demandas. Os responsáveis designados não possuem o <i>empowerment</i> necessário para mobilizar os envolvidos que eventualmente não são seus subordinados na hierarquia (formal) da organização, até conseguem uma mínima mobilização através do seu relacionamento pessoal. Nesta condição, observa-se uma realização entre 40,1% e 60% das ações planejadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atribuir de 4,1 a 6 pontos para "Realizar", quando:</li> <li>Forem apresentadas comunicações que evidenciem a efetiva conclusão de 40,1% até no máximo 60% das iniciativas que constam do planejamento do período.</li> <li>- Demais ações/iniciativas planejadas encontram-se em andamento, mas estão com os prazos comprometidos.</li> <li>- Consegue-se falar com os responsáveis designados, sobre os atrasos e observa-se alto volume de reclamações pelo baixo envolvimento das equipes de outras gerências/áreas no desenvolvimento da solução.</li> </ul>

### Apêndice 2.B - Critérios para avaliar "REALIZAÇÕES" (1/2)

PTOS	CENÁRIO	CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAR CENÁRIO E AVALIAR "REALIZAÇÕES"
De 6,1 a 8	<p>– Existem ações sendo realizadas com o objetivo de melhoria do processo. As ações iniciadas estão em consonância com o planejamento realizado. Os prazos foram estabelecidos, mas nem sempre são respeitados, portanto, o planejamento não é executado na íntegra.</p> <p>Existem responsáveis designados formalmente para o gerenciamento das iniciativas e ações de melhoria, dedicados ao gerenciamento destas. Estes também trabalham em outras frentes concorrentes, mas as iniciativas/ações planejadas no ciclo PDCA possuem reconhecida prioridade com relação às demais demandas.</p> <p>Os responsáveis designados possuem o <i>empowerment</i> necessário para mobilizar os envolvidos que eventualmente não são seus subordinados na hierarquia formal da organização.</p> <p>No entanto, os patrocinadores não são conhecidos ou não estão envolvidos o suficiente, e, por isso, as iniciativas são impactadas quando ocorrem conflitos de interesse entre os <i>stakeholders</i> da iniciativa/ação.</p> <p>Nesta condição, observa-se uma realização entre 60,1% e 80% das ações planejadas.</p>	<p>Atribuir de 6,1 a 8 pontos para "Realizar", quando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Forem apresentadas comunicações que evidenciam a efetiva conclusão de 60,1% até no máximo 80% das iniciativas que constam do planejamento apresentado.</li> <li>– Demais ações/iniciativas planejadas encontram-se em andamento, mas "estouraram" os prazos.</li> </ul> <p>– Houver pouca dificuldade para falar com os responsáveis designados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Maior parte das ações/iniciativas fluíram naturalmente.</li> </ul> <p>Quando questionados sobre o não cumprimento de prazos, percebem-se eventuais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reclamações sobre a falta de entendimento e acordo quando ocorrerem situações de conflito envolvendo gerências distintas.</li> </ul>
De 8,1 a 10	<p>– Existem ações sendo realizadas com o objetivo de melhoria do processo. As ações iniciadas estão em consonância com o planejamento realizado. Os prazos foram estabelecidos, mas nem sempre são respeitados, portanto, o planejamento não é executado na íntegra.</p> <p>Existem responsáveis designados formalmente para o gerenciamento das iniciativas e ações de melhoria, dedicados ao gerenciamento destas. Estes também trabalham em outras frentes concorrentes, mas as iniciativas/ações planejadas no ciclo PDCA possuem reconhecida prioridade com relação às demais demandas.</p> <p>Os responsáveis designados possuem o <i>empowerment</i> necessário para mobilizar os envolvidos que eventualmente não são seus subordinados na hierarquia formal da organização.</p> <p>Os patrocinadores são conhecidos e envolvidos com as iniciativas/ações, possuindo atuação relevante quando ocorrem conflitos de interesse entre os <i>stakeholders</i> da iniciativa/ação.</p> <p>Nesta condição, observa-se uma realização entre 80,1% e 100% das ações planejadas.</p>	<p>Atribuir de 8,1 a 10 pontos para "Realizar", quando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Forem apresentadas comunicações que evidenciem a efetiva conclusão de 80,1% até 100% das iniciativas que constam do planejamento apresentado.</li> </ul> <p>Ou seja, até no máximo 19,9% de ações/iniciativas planejadas encontram-se em andamento, mas não respeitaram os prazos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Muita facilidade de falar com os responsáveis designados pela execução das ações/iniciativas.</li> <li>– Todas as ações/iniciativas fluem naturalmente.</li> </ul> <p>– Nas raras situações de não cumprimento de prazo, percebem-se explicações muito claras de que não foi um problema de execução, ou o planejamento foi muito otimista e assumiram-se prazos subdimensionados.</p>

**Apêndice 2.B – Critérios para avaliar "REALIZAÇÕES" (2/2)**

PTOS	CENÁRIO	CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAR CENÁRIO E AVALIAR "CONTROLES"
De 0 a 2	<p>Não são realizadas medições (não foram criados indicadores para medição do desempenho) do processo, ou a gestão se utiliza de indicadores que só conseguem mensurar de forma efetiva até 20% das partes críticas do processo em produção.</p>	<p>– O responsável pelo processo não conseguiu mostrar indicadores que tenham sido adotados e estejam sendo efetivamente utilizados para medição do desempenho do processo (ou não existem, ou foram criados, mas não estão em produção), neste caso atribuir 0.</p> <p>Caso tenha(m) sido identificado(s) algum(ns) indicador(es) de medição sendo utilizado(s), atribuir valor entre 0,1 e 2 observando se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– O responsável apresentou evidências de indicadores em produção que abrangem a medição efetiva de até 20% das partes críticas do processo.</li> </ul> <p>– Os resultados das medições (acima referidos) foram expostos, e foi demonstrada a efetividade das medidas.</p>
De 2,1 a 4	<p>A gestão se utiliza de indicadores que conseguem mensurar de forma efetiva de 20,1% até 40% das partes críticas do processo em produção.</p>	<p>Pontuar, atribuindo valor entre 2,1 e 4, observando se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– O responsável apresentou evidências de indicadores em produção que abrangem a medição efetiva de 20,1% até 40% das partes críticas do processo.</li> </ul> <p>– Os resultados das medições (acima referidos) foram expostos, e foi demonstrada a efetividade das medidas.</p>
De 4,1 a 6	<p>A gestão se utiliza de indicadores que conseguem mensurar de forma efetiva de 40,1% até 60% das partes críticas do processo em produção.</p>	<p>Pontuar, atribuindo valor entre 4,1 e 6, observando se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– O responsável apresentou evidências de indicadores em produção que abrangem a medição efetiva de 40,1% até 60% das partes críticas do processo.</li> </ul> <p>– Os resultados das medições (acima referidos) foram expostos, e foi demonstrada a efetividade das medidas.</p>
De 6,1 a 8	<p>A gestão se utiliza de indicadores que conseguem mensurar de forma efetiva de 60,1% até 80% das partes críticas do processo em produção.</p>	<p>Pontuar, atribuindo valor entre 6,1 e 8, observando se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– O responsável apresentou evidências de indicadores em produção que abrangem a medição efetiva de 60,1% até 80% das partes críticas do processo.</li> </ul> <p>– Os resultados das medições (acima referidos) foram expostos, e foi demonstrada a efetividade das medidas.</p>
De 8,1 a 10	<p>A gestão se utiliza de indicadores que conseguem mensurar de forma efetiva de 80,1% até 100% das partes críticas do processo em produção.</p>	<p>Pontuar, atribuindo valor entre 8,1 e 10 observando se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– O responsável apresentou evidências de indicadores em produção que abrangem a medição efetiva de 80,1% até 100% das partes críticas do processo.</li> </ul> <p>– Os resultados das medições (acima referidos) foram expostos, e foi demonstrada a efetividade das medidas.</p>

**Apêndice 2.C: Critérios para avaliar "CONTROLES"**

PTOS	CENÁRIO	CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAR CENÁRIO E AVALIAR "ATUAÇÕES"
De 0 a 2	Foram efetuados ajustes/melhorias determinados pelos resultados dos indicadores estabelecidos pelo CONTROLE, mas só conseguiram ser efetivados até 20% dos ajustes/melhorias considerados necessários.	Atribuir de 0 a 2 pontos para "Atuar", quando: – O responsável apresentar reduzidas evidências (comunicações, atas, aprovações e validações) que demonstrarem efetividade nos ajustes/melhorias no processo em produção, com base no comportamento dos indicadores estabelecidos pela fase de CONTROLE. – Os ajustes/melhorias forem bem-sucedidos em até 20% do total (de ajustes/melhorias) considerados necessários. – Todos os ajustes/melhorias acima referidos forem identificados, descritos, ações e iniciativas relacionadas e seus resultados aferidos.
De 2,1 a 4	Foram efetivados de 20,1% até 40% dos ajustes/melhorias determinados pelos resultados dos indicadores estabelecidos pelo CONTROLE.	A efetividade ou não de cada ajuste (no processo em produção) foi demonstrada. Atribuir de 2,1 a 4 pontos para "Atuar", quando: – Forem bem-sucedidos de 20,1% a 40% do total de ajustes/melhorias considerados necessários. – Todos os ajustes/melhorias acima referidos forem identificados, descritos, ações e iniciativas relacionadas e seus resultados aferidos.
De 4,1 a 6	Foram efetivados de 40,1% até 60% dos ajustes/melhorias determinados pelos resultados dos indicadores estabelecidos pelo CONTROLE.	A efetividade ou não de cada ajuste (no processo em produção) foi demonstrada. Atribuir de 4,1 a 6 pontos para "Atuar", quando: – Forem bem-sucedidos de 40,1% a 60% do total de ajustes/melhorias considerados necessários. – Todos os ajustes/melhorias acima referidos forem identificados, descritos, ações e iniciativas relacionadas e seus resultados aferidos.
De 6,1 a 8	Foram efetivados de 60,1% até 80% dos ajustes/melhorias determinados pelos resultados dos indicadores estabelecidos pelo CONTROLE.	A efetividade ou não de cada ajuste (no processo em produção) foi demonstrada. Atribuir de 6,1 a 8 pontos para "Atuar", quando: – Forem bem-sucedidos de 60,1% a 80% do total de ajustes/melhorias considerados necessários. – Todos os ajustes/melhorias acima referidos forem identificados, descritos, ações e iniciativas relacionadas e seus resultados aferidos.
De 8,1 a 10	Foram efetivados de 80,1% até 100% dos ajustes/melhorias determinados pelos resultados dos indicadores estabelecidos pelo CONTROLE.	A efetividade ou não de cada ajuste (no processo em produção) foi demonstrada. Atribuir de 8,1 a 10 pontos para "Atuar", quando: – Forem bem-sucedidos de 80,1% a 100% do total (de ajustes/melhorias) considerados necessários. – Todos os ajustes/melhorias acima referidos forem identificados, descritos, ações e iniciativas relacionadas e seus resultados aferidos. – A efetividade ou não de cada ajuste (no processo em produção) for demonstrada.

**Apêndice 2.D – Critérios para avaliar "ATUAÇÕES"**

Recebido em 7 mar. 2016 / aprovado em 26 abr. 2016

**Para referenciar este texto**

VERGARA, L. F. B. F.; GAVIÃO, L. O.; LIMA, G. B. A. Suporte à decisão para modelo de maturidade de processo utilizando lógica fuzzy a partir da perspectiva do ciclo PDCA. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 269-284, 2016.