

# SISTEMA EVOLUTIVO DE GESTÃO INTEGRADA PARA MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

**Alfredo Iarozinski Neto (PUCPR/UTFPR)**

alfredo.iarozinski@gmail.com

**Rafaela Mantovani Fontana (UFPR)**

rafaela.fontana@ufpr.br



*Os Sistemas Integrados de Gestão da Produção (Sistemas ERP) trazem benefícios significativos na operação organizacional e podem auxiliar no aumento da produtividade de micro e pequenas empresas. Com o crescimento das opções de softwares livres no mercado, esta realidade tornou-se ainda mais próxima para este tipo de empresa. Com base neste contexto, este artigo apresenta o modelo de base do projeto Pronux para criação de um sistema ERP livre para micro e pequenas empresas. Todo o projeto será conduzido com base no conceito da organização como um sistema complexo que tem como referência diferentes níveis de maturidade no seu ciclo de vida, o que deve gerar mudanças significativas na forma de se interpretar os processos organizacionais.*

*Palavras-chaves: ERP; Maturidade Organizacional; Sistemas Complexos.*

## 1. Introdução

As micro e pequenas empresas industriais representam uma parcela importante dos empregos e do produto interno bruto (PIB) do País. Segundo um estudo realizado pelo IBGE, em 1999 elas representavam 93,7% do número total de empresas, 37,8% dos empregos e 15,2% da receita líquida de vendas. Este grupo de empresas foi o único a aumentar a participação no número total de empresas industriais no período de 1996 a 1999 (IBGE, 2001). Assim, um aumento na produtividade deste segmento de empresas tem um impacto significativo para o desenvolvimento socioeconômico da região onde estão inseridas.

O uso de tecnologias de informação na gestão tem um impacto sobre toda a cadeia de valor da empresa industrial e contribui significativamente para o aumento da produtividade do sistema econômico (PORTER, 1993). Entretanto, os Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ou ERPs – *Enterprise Resource Planning*) existentes no mercado foram desenvolvidos para atender as necessidades das médias e grandes empresas. Dessa forma, estes sistemas muitas vezes tornam-se inacessíveis para as micro e pequenas empresas, tanto do ponto de vista das necessidades como do ponto de vista dos custos de implantação (BERALDI & ESCRIVÃO FILHO, 2000), (NOGUEIRA NETO et. al., 2000). Com base neste contexto, este artigo apresenta um modelo que será a base para a criação de um sistema de gestão baseado em um software ERP livre voltado à micro e pequena empresa. O projeto foi denominado de PRONUX: Sistema livre de gestão de produção para micro e pequena empresa. Para este projeto considera-se fundamental que dois aspectos sejam observados: 1) o sistema ERP deve ser adequado aos processos da empresa, principalmente no que diz respeito à sua maturidade de processos de negócio (FONTANA, 2006), e, para isso, fundamentado em um sólido modelo de processos de operação; e 2) as pessoas que irão utilizar o sistema devem ter conhecimento não só do uso do sistema, mas também dos processos aos quais ele dá suporte.

## 2. Metodologia utilizada no projeto

O desenvolvimento do modelo de base do projeto PRONUX está focado na abordagem sistêmica. A abordagem sistêmica não é apenas o uso da noção de sistemas para a observação dos fenômenos. Ela pressupõe uma estratégia de ação com o objetivo de gerar o entendimento de um objeto ou fenômeno. Ela pode ser considerada como uma abordagem global que leva em conta a totalidade dos elementos envolvidos em uma situação. A abordagem sistêmica pode ser adotada como um método para abordar a complexidade organizada. Ela ajuda a descrever a complexidade organizada e destaca a interdependência dos elementos de um sistema (MASSA, 2002). A abordagem sistêmica é o modo de agir ancorada nos preceitos da Teoria Geral de Sistemas.

Para implementar a abordagem sistêmica será utilizada a técnica da sistemografia. O termo “sistemografia” foi instituído por Le Moigne (1990) para designar a capacidade do sistema de agir como um instrumento para modelar objetos. Pode-se dizer que a palavra-chave da sistemografia é a concepção do modelo e sua representação por meio de signos (LE MOIGNE, 1990). A Figura 1 apresenta a estratégia da sistemografia em forma de 5 etapas. São elas:

1. Identificar o fenômeno – nesta etapa o pesquisador deve definir o contexto de pesquisa, identificar o objeto ou fenômeno, os elementos relacionados, o ambiente imediato e geral e as fronteiras.

2. Desenvolver o modelo geral – o pesquisador constrói um modelo geral que agrega todos os conhecimentos acessíveis a ele e que possam ser utilizados para observar o fenômeno identificado.
3. Observar a realidade por isomorfismos com base no modelo geral – o conhecimento agregado no modelo geral passa a ser utilizado para observar o fenômeno real que está sendo estudado.
4. Desenvolver modelos da realidade – a realidade é representada por modelos que permitam torna-la mais inteligível aos olhos do pesquisador e da comunidade em que está inserido.
5. Agir sobre a realidade – o pesquisador irá agir sobre a realidade com base no seu modelo de forma que ela se aproxime dos seus objetivos de pesquisa.

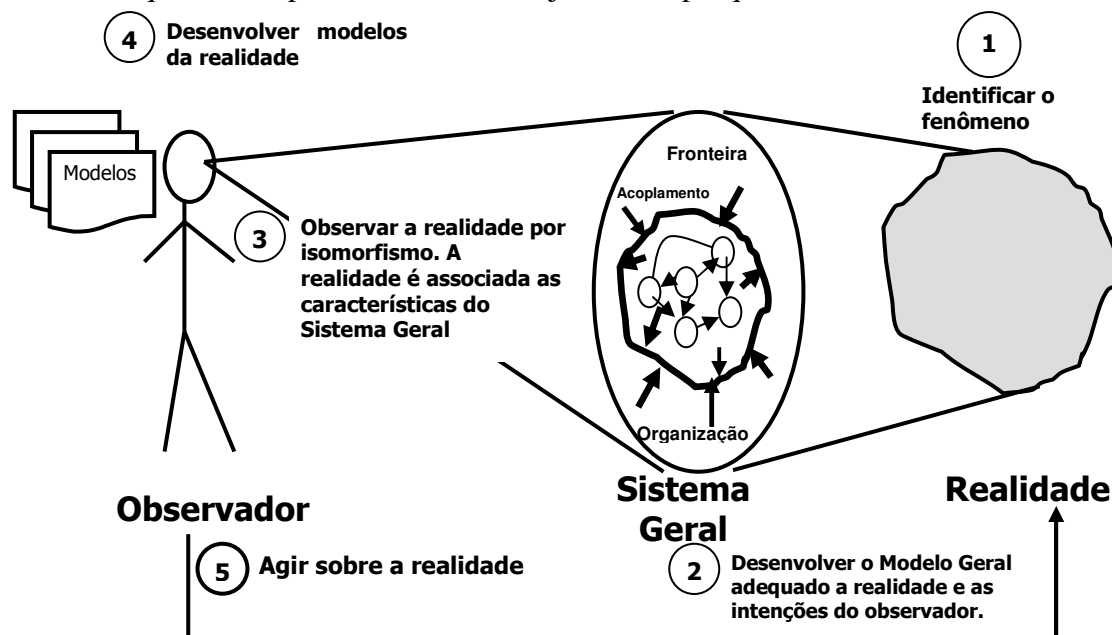


Figura 1 – A etapas da sistemografia.

Na primeira etapa será contextualizado o problema da gestão integrada das micro e pequenas empresas com base em sistemas do tipo ERP. São levantadas as particularidades e as dificuldades relacionadas.

Na segunda etapa será apresentado um modelo geral que servirá como base para a avaliação do problema e avaliar as possibilidades de solução. Este modelo contém o arcabouço teórico-conceitual da teoria da complexidade (MORIN, 2002). Os conceitos associados a teoria da complexidade foram escolhidos por que se aproximam da realidade, e portanto, permitem uma percepção mais inteligível da situação problema.

Na terceira etapa o fenômeno é observado através da lente “modelo geral”, ou seja, o problema do desenvolvimento do sistema integrado de gestão que atenda as necessidades da micro e pequena empresa é analisado com conceitos que refletem o funcionamento de um sistema complexo. A partir dessas observações, pode-se, então, criar modelos que representem melhor a realidade. O resultado da observação científica depende essencialmente do observador, que vê a realidade através da “lente” do modelo geral. No mesmo sentido Le Moigne (1990) destaca que a sistemografia emprega a correspondência entre a forma e a função, por isso estabelece os conceitos de isomorfismo e homomorfismo, herdados da Matemática. Estes conceitos são empregados para estabelecer uma correspondência entre o

objeto identificado, o conceito de sistema geral e a modelagem utilizada.

A quarta etapa é a explicitação da observação na forma de modelos. A partir da observação com base nos conceitos associados ao modelo geral é possível apresentar um modelo do funcionamento de uma organização empresarial com base na teoria da complexidade. Este modelo tenta se aproximar da realidade complexa e múltipla que caracterizam as organizações empresariais.

Na quinta e última etapa da sistemografia será apresentada uma estratégia de intervenção nas organizações empresariais que as conduza a uma situação mais favorável aos objetivos propostos pela pesquisa, ou seja, um sistema de gestão adequado as necessidades e características das PME que seja estável, de qualidade e que exija poucos recursos para implantação e manutenção (financeiros e humanos).

### **3. Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ERPs) e as Micro e pequenas empresas**

Desde a década de 60, a tecnologia da informação se fez presente no ambiente organizacional, quando era utilizada apenas para realização de tarefas isoladas. Na década de 70, ela passa a fazer a integração de pequenas partes da empresa; na década de 80, os departamentos começam a ser integrados e, finalmente, na década de 90, a tecnologia evolui e passa a integrar empresas inteiras e até várias empresas entre si (HEHN, 1999).

Este fenômeno de integração deu-se através dos sistemas de ERP, no Brasil, chamados de Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, que passaram a ser largamente utilizados a partir da década de 90 (MENDES & ESCRIVÃO FILHO, 2002). São sistemas (na forma de pacotes de software) que controlam e fornecem suporte a todos os processos operacionais, produtivos, administrativos e comerciais da empresa. Por serem integrados, possibilitam o uso de uma única base de dados para toda a empresa, com fluxo único de informação (PADILHA et al., 2004). Podem ser desenvolvidos internamente, mas no geral, o termo ERP está associado a pacotes comerciais como o R/3 da SAP, o iBaan Enterprise da Baan, o Oracle E-Business Suíte da Oracle, o Magnus da Datasul ou o AP7 Master da Microsiga (ZWICKER & SOUZA, 2003).

Alguns dos motivos para implantação de um sistema ERP apontam para vantagens em tê-los como instrumentos estratégicos viáveis para melhorar o nível de serviço com parceiros e clientes, para aumentar a competitividade, e para propiciar economias de escala nas operações logísticas multirregionais e transacionais nas empresas. A vantagem competitiva é obtida quando as empresas melhoram significativamente o serviço a seu cliente e ao mesmo tempo reduzem custos (FERREIRA FILHO, 2000).

Em relação aos sistemas desenvolvidos internamente nas organizações, os sistemas ERP possuem características que os diferenciam. São pacotes comerciais de software, incorporam modelos de processos de negócios (não são desenvolvidos para um cliente específico), são sistemas de informação integrados e utilizam banco de dados corporativo. Possuem grande abrangência funcional e requerem procedimentos de ajuste para que possam ser utilizados nas empresas. Eles possuem módulos de Planejamento da Produção, Suprimentos, Produção, Vendas, Recursos Humanos, Contabilidade, Faturamento, Contas a Pagar, Tesouraria e Contas a Receber. Todos interligados e permitindo troca de informações com entidades externas, como fornecedores ou clientes (ZWICKER & SOUZA, 2003).

Segundo Santos Junior et al. (2005), a implantação de uma nova tecnologia da informação gera dificuldades multidimensionais. Dado que a empresa é um sistema sócio-técnico, as

dificuldades existem em função do contexto organizacional e algumas delas podem não ser conhecidas pelas organizações com a devida clareza. A implantação de uma tecnologia da informação, mais especificamente de um ERP, gera inúmeros efeitos na organização por caracterizar, efetivamente, uma grande mudança organizacional (SOUZA & ZWICKER, 2003; SACCOL et al., 2003). São identificadas mudanças estruturais na tecnologia e qualidade da informação, nas técnicas de gestão e processos de trabalho, nos produtos e eficácia organizacional, na qualificação técnica dos funcionários, nos mecanismos de coordenação, nas partes básicas da organização, nos parâmetros de projeto da empresa, na cultura organizacional, na motivação dos funcionários, e nas habilidades e capacidades das pessoas (SACCOL et al., 2003).

Tanto em grandes quanto pequenas e médias empresas, identificam-se dificuldades para adaptação às mudanças geradas pela implantação do sistema. Alguns dos problemas citados por Mendes & Escrivão Filho (2002) são as dificuldades de adaptação às mudanças na rotina do trabalho, resistência da alta administração e dos funcionários mais antigos por não terem conhecimentos básicos em informática, funcionários sem qualificação técnica para dar suporte e utilizar o sistema e falta de confiabilidade nas informações extraídas do sistema. Por isso, os recursos de formação disponíveis no sistema, além do acompanhamento do uso do sistema após a implantação são de fundamental importância.

Por isso, é fundamental que, nessas implantações, a empresa seja considerada um sistema sócio-técnico, em que o aspecto tecnológico deve ser subsidiado por processos de trabalho conhecidos e institucionalizados. O aspecto social da organização deve ter a percepção da importância do estabelecimento dos processos de gestão e da importância da tecnologia neste processo.

É significativa a quantidade de sistemas ERPs livres presentes no mercado. Segundo Serrano & Sarriegi (2006), o ERP livre mais conhecido atualmente é o Compiere, criado em 2001. No entanto, outras grandes iniciativas existem na mesma área: o ERP5, o OpenBravoERP, Fistera, OFBiz, WebERP, Tiny ERP, entre outros. O que se pode observar de todos eles é que, apesar de muitos deles possuírem versões em português, são softwares produzidos fora do Brasil. Como soluções nacionais, pode-se citar o Sistema Processa, Multi-Informática, e o Sentinela ERP, sendo que os dois primeiros são desenvolvidos em tecnologia proprietária (Delphi) e o terceiro é específico para o sistema operacional Linux.

Tanto ERPs proprietários quanto de código aberto envolvem implementações complexas que geralmente requerem mudanças nos processos organizacionais e/ou adaptações das funcionalidades do ERP. Estas atividades normalmente envolvem empresas de consultoria. No entanto, os benefícios em se adotar o ERP de código aberto são maiores do que para outros tipos de aplicativos pela (SERRANO & SARRIEGI, 2006):

- Adaptabilidade crescente: Os sistemas ERP não são “*plug and play*”. Eles sempre demandam um projeto de adaptação para se adequar aos processos de negócios e regulamentos locais. O acesso completo ao código do sistema pode facilitar este processo de customização;
- Dependência decrescente em um único fornecedor: Organizações que adquirem um ERP proprietário são altamente dependentes dos desenvolvedores da solução e do fornecedor. Em caso de descontinuidade destes, o sistema não terá possibilidade de atualização e manutenção;

- Custos reduzidos: As licenças de ERPs proprietários são bastante caras. Nos ERPs livres, além de custos com licenças não serem necessários, os aplicativos geralmente não exigem configurações de hardware caras para serem executados;

Apesar dos benefícios claros, duas questões são importantes de se considerar quando se fornece um software livre (MARQUIONI, 2007). Para que o produto de software possa ser atualizado e melhorado pelo usuário, é necessário que ele saiba “falar a linguagem na qual o programa fonte foi escrito”. Ou seja, ele deve ter conhecimento da linguagem de programação. E, além disso, o software não se reduz a um conjunto de códigos fonte, ou programas. O conhecimento de sua engenharia é necessário para garantir que as alterações nele realizadas sejam de qualidade. E, por isso, é necessário que toda a documentação de engenharia de software seja fornecida juntamente com seu código-fonte.

Por isso, o software livre, neste caso o ERP, deve ser baseado na modelagem dos processos organizacionais, que derivam a modelagem do software, para então resultar em um código fonte. Segundo Campos et al. (2007), especialmente no caso de ERPs livres, a existência de uma análise e documentação dos requisitos de negócio e do software dá acesso aos aspectos de construção do ERP, facilitando seu entendimento, e tornando mais fácil e segura a sua adaptação às necessidades da empresa.

#### 4. Desenvolvimento do modelo geral

Para Le Moigne (1977), modelar é conceber, para um objeto, um modelo que permita conhecê-lo, compreendê-lo, interpretá-lo e auxiliá-lo na antecipação do seu comportamento. Na visão do autor, o observador é um sujeito ativo que procede a uma descrição comunicável do que percebe e do que concebe. Para Villegas (2001), um modelo é, em geral, uma representação de um objeto (numa posição realística) ou a representação de uma idéia (numa posição idealista) que o sujeito cria de um determinado fenômeno.

O artifício do modelo geral para observar os fenômenos da realidade permite que o pesquisador se desloque numa escala imaginária que vai dos modelos mais simples até os modelos mais gerais e mais sofisticados e complexos. Bertalanfy era biólogo e desenvolveu o modelo geral de base da sua Teoria Geral de Sistemas observando animais unicelulares. O modelo básico desenvolvido por Bertalanfy (1975) é utilizado frequentemente na Engenharia de Produção para explicar o funcionamento de uma organização empresarial. É comum nos livros de gestão de produção associar as entradas aos recursos necessários, tal como capital, recursos humanos e informações. As saídas são relacionadas aos produtos e aos resultados. O processo é usado para representar o processo de transformação de matéria prima em produtos e controle a gestão (SLAK et al, 2001). Neste caso, a complexidade de uma organização empresarial foi “reduzida” as principais características associadas a um ser unicelular. Desse modo, uma organização social pode ser observada por meio de um modelo geral baseado em uma visão mecanicista e determinista de seu comportamento ou por um modelo de pouca características e propriedades mais próximas de sua realidade como mostra na Figura 3.

Na medida do possível é preciso aproximar a complexidade do modelo geral à complexidade do fenômeno observado. O pesquisador pode conceber modelos de observação mais próximos do nível de complexidade do fenômeno observado. Seu foco pode se deslocar de um lado para outro numa escala imaginária de níveis de complexidade de sistemas, em cada nível, os fenômenos observados exibem propriedades que não existem em níveis inferiores. As propriedades sistêmicas de um determinado nível são distintas, uma vez que emergem nesse nível particular. Na literatura é possível identificar várias propostas de escalas de

complexidades de sistemas (LE MOIGNE, 1990; BOULDING,1985).

A maior contribuição dessa escala de complexidade modelo está em organizar em uma seqüência evolutiva de propriedades emergentes nos sistemas que se nos encontram diversos níveis de complexidade segundo as intenções de um observador modelador. É fundamental que essa abordagem esclareça como um sistema pode ser decomposto em subsistemas e, ao mesmo tempo, como pode interagir com outros sistemas.

Para Donnadiou et al (2003), a modelagem é a principal linguagem da sistemografia. Esta deve ser realizada observando-se a realidade sob três aspectos principais, ou triangulação sistêmica: a) o aspecto funcional, focado nas finalidades do sistema; b) o aspecto estrutural, que descreve a estrutura do sistema, com ênfase nas relações de seus sub-sistemas; e c) o aspecto histórico, ligado à natureza evolutiva do sistema, ou seja, sua história. A analogia deve ser utilizada para estabelecimento de relações do fenômeno com o modelo teórico. A triangulação sistêmica dá-se através da combinação destas três vias de acesso, deslocando-se de um a outro para aprofundamento da compreensão. Com base na proposta de Donnadiou et al (2003) e nas considerações de Morin (2002) e Maturana e Varela (1995), foi possível ampliar a base observação sistêmica destes 3 aspectos para: a estrutura, o comportamento global do sistema (que inclui as funções) e a sua história evolutiva. O quadro 1 mostra estes aspectos e as principais características que lhe são associadas.

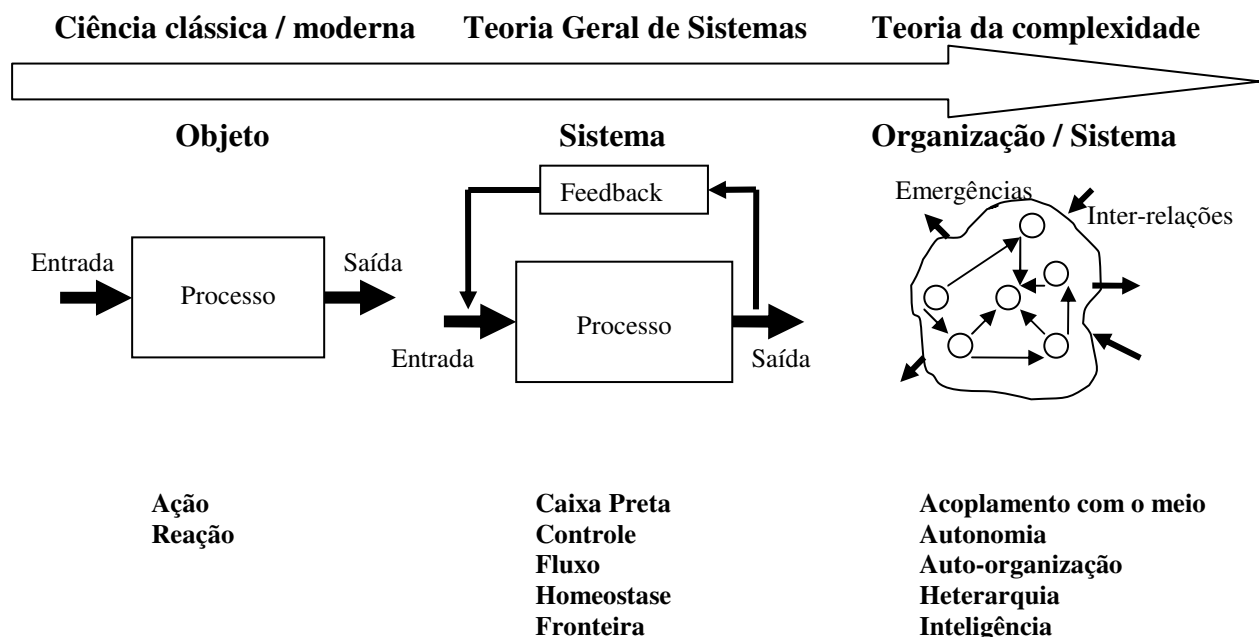


Figura 2– A evolução dos modelos de observação.

Quadro 1 – As características associadas aos macro-conceitos

Dimensões da modelagem sistêmica	Conceitos da teoria da complexidade associados
Aspecto estrutural	Fronteira, quantidade de elementos, extensão, quantidade de estados, arranjos estruturais, regras formais, intensidade das inter-relações, linguagem, e acoplamento estrutural.
Aspecto comportamental	Informação, entropia, inteligência, capacidade de processamento, memória, ação, cognição, percepção, reflexão, mudança estrutural, auto-informação e emergência.

Aspecto histórico	Sensibilidade as condições iniciais, ciclo de vida, evolução, atrator estranho, história, auto-organização, capacidade de adaptação e auto-produção.
-------------------	--

A estrutura está associada a uma dimensão quantitativo-espacial, ou seja, ela está relacionada com a extensão do fenômeno observado, com sua estrutura física, com a quantidade de elementos que fazem parte do fenômeno observado, a tudo que é material e formalizado. Em um sistema empresarial ela determina a estrutura funcional, define as responsabilidades e os modos de divisão das tarefas ou ações. A estrutura engloba as regras formais de comportamento e de decisão. A estrutura pode ser entendida como um conjunto de restrições formais que delimitam o comportamento dos elementos do sistema para tornar estes comportamentos compatíveis com as suas finalidades globais. A estrutura do sistema é a base sobre a qual emerge o comportamento global do sistema. A estrutura de um sistema normalmente está associada à variedade do sistema. A variedade depende da quantidade e da diversidade dos elementos e dos estados de um sistema. Assim, um sistema será percebido como mais complexo quanto maior for o número de configurações possíveis entre os elementos que compõem o sistema.

O aspecto comportamental corresponde ao comportamento global do sistema produzido a partir de inter-relações entre seus elementos. O comportamento global é a percepção de uma ação única do sistema apesar da diversidade que o compõem. O comportamento global é um comportamento da organização como um todo. Na base do comportamento organizacional está o sistema cognitivo que é responsável pelo tratamento, troca de informações e pelas decisões necessárias ao desenvolvimento de ações que permitam assegurar as finalidades do sistema. Portanto, o aspecto comportamental está relacionado à dimensão sócio-cognitiva. A dimensão social é estabelecida pelas necessidades de se estabelecer inter-relações entre os elementos do sistema para que as ações ocorram de forma coordenada emergindo uma percepção de conjunto. Nesta dimensão a percepção de complexidade está associada a incerteza. A incerteza reúne as noções de conhecimento parcial e incompleto. A incerteza representa a falta de informação sobre o fenômeno. O aumento da informação permite uma redução da incerteza no sistema e conseqüente uma redução na percepção de complexidade.

O aspecto histórico, está associado a dinâmica temporal, à frequência da ação, a imprevisibilidade e a trajetória evolutiva do sistema. Este aspecto está associado à percepção de evolução do sistema ao longo do tempo pelo observador. O sistema tem um comportamento não estático ao longo do tempo. A história do sistema permite observar suas capacidades de auto-organização, ou seja, possuir capacidades de se transformar, se produzir, se unir e se manter apesar das perturbações do ambiente.

É interessante observar que cada uma destes aspectos foi mais ou menos privilegiada pelas diferentes áreas científicas. A estrutura foi privilegiada pela Teoria de Sistemas e pela Cibernética, os comportamentos globais pelas Ciências Cognitivas e, mais recentemente, a história de um sistema pela Teoria do Caos.

A estrutura, o comportamento e a história de um sistema estão associadas por uma cadeia de inter-relações, ou seja, o estudo não pode ser feito de maneira separada. Os três aspectos estão associados por relações de recursividade, isto é, a mudança em uma delas acarretará conseqüências nas outras. Como base nos 3 aspectos da modelagem sistêmica será apresentado a seguir um modelo que represente o funcionamento de uma organização empresarial com base nos conceitos oriundos da Teoria da Complexidade.

## 5. O modelo de referência do PRONUX



A organização empresarial, como um sistema humano, possui níveis de complexidade dinâmica e este tipo de complexidade é característico de sistemas de múltiplos agentes interagindo ao longo do tempo. Nossas ações neste tipo de sistema normalmente criam efeitos colaterais inesperados e a causa disso é nossa tendência em interpretar a experiência como uma série de eventos (STERMAN, 2000). Por isso, considera-se fundamental que, para a implantação de um sistema ERP que abrange toda a operação de uma empresa, estabeleça-se um modelo de entendimento da organização como um sistema complexo. Este entendimento provê uma forma diferente de pensar em organizações e de se elaborar estratégias intervencionistas (MITLETON-KELLY, 2003).

A organização, segundo proposto por Fontana (2006) pode ser considerada como um sistema complexo formado por entidades autônomas, interconectadas de diferentes formas e em diferentes intensidades, que se auto-organizam gerando entidades de níveis superiores. Seus comportamentos emergem como resultado da não-linearidade de suas estruturas de *feedback* e suas estruturas co-evoluem com o ambiente, com potencial de geração nova ordem após períodos de instabilidade. A evolução deste sistema complexo pode ser sintetizada como um processo que, a partir da estrutura de relações do sistema gera um padrão de comportamento, ou atrator, que descreve uma trajetória. Ao longo do tempo, limites de complexidade são alcançados em cada atrator e, após período de instabilidade, novos atratores assumem e a complexidade cresce; ou o sistema não evolui e se dissipa.

O conceito das entidades formadoras da estrutura organizacional remete ao conceito de hólón. A noção de hólón foi introduzida por Koestler (1969) para organizações sociais e sistemas vivos. O hólón é a unidade de base, que constitui um bloco construtivo, autônomo e cooperativo, de um sistema. Um sistema holônico é uma sociedade de hólons que cooperam para atingir uma meta ou objetivo. Em um sistema hologárquico, os hólons executam suas tarefas de maneira autônoma, mas possuem o conhecimento sobre o sistema como um todo, de forma a contribuírem para um ótimo global (VERDANAT, 1996).

Cada unidade organizacional de base (hólón) é descrita por seu conjunto de capacidades e atributos. O conjunto principal de características é o potencial de ação, a autonomia, o controle auto-referenciado, a competição, a cooperação e a capacidades de comunicação e evolução. Como exemplos de unidades organizacionais de base podem-se citar postos de trabalho, postos de transporte, postos de controle de qualidade ou a equipe de desenvolvimento do projeto. Estas unidades de base podem ser configuradas para formar organizações de ordens superiores, tais como departamentos de planejamento, células de montagem ou células de processamento.

Cada unidade organizacional de base é composta por um sistema estrutural e um sistema cognitivo. O sistema estrutural compreende tudo aquilo que é formal ou físico. O sistema cognitivo compreende a aquisição, processamento e transmissão da informação. Os dois sistemas estão intimamente relacionados pois é sistema estrutural que fornece as possibilidades de qualidade e quantidade de interconexões entre os indivíduos da organização. Um sistema cognitivo informal pode-se desenvolver, com regras auto-produzidas não formais, a partir da autonomia dos indivíduos, com o objetivo de manter a organização do sistema e alcançar suas finalidades.

Do relacionamento entre os sistemas estrutural e cognitivo, emerge o comportamento da organização, que, do ponto de vista de um observador, são as funções que o sistema realiza para cumprir suas finalidades. Esta emergência posiciona o sistema complexo dentro de um

conjunto de possíveis comportamentos, que chama-se de atrator. Eijnatten (2003) define que um atrator é uma condição que força o sistema a repetir um padrão de comportamento, nem sempre exatamente da mesma forma, mas todas às vezes dentro de fronteiras claras e específicas. Este comportamento apresenta um nível de complexidade que constitui a capacidade do sistema em interpretar a demanda e escolher a melhor configuração estrutural-cognição. Dessa forma, o comportamento organizacional posiciona-se dentro de um atrator que representa o nível de complexidade da organização. A figura 3 mostra o comportamento como emergência dos sistemas estrutural e cognitivo, posicionando-se em um determinado nível de complexidade.

Ao longo do tempo, períodos de instabilidade surgem dentro da organização e são caracterizados como limites de complexidade. Durante os períodos de relativa estabilidade, o sistema realiza mudanças que preservam sua estrutura contra perturbações internas e externas. Elas não alteram profundamente o subsistema estrutural e cognitivo, mantendo o comportamento da organização dentro de fronteiras específicas, ou seja, dentro de um atrator. Com o tempo, a estrutura fundamental do sistema tende a entrar em colapso, pois, segundo Stacey (1995), os sistemas informais movem a organização para um estado fragmentado e de desordem.

Quando este limite é alcançado, o sistema muda de atrator, ou salta para um outro nível de complexidade, quando o ciclo reinicia, ou o sistema não se adapta e morre. Essencialmente, desde o momento que entra em um atrator, o sistema passa por um ciclo de vida de desenvolvimento e amadurecimento, quando atinge o ponto de bifurcação, que marca o limite da complexidade. Chamado por Eijnatten (2003) de ciclo de vida caórdico. Neste ponto, ou o sistema salta para um novo nível de complexidade, ou morre (

Figura 4). O novo nível de complexidade pode ser um nível inferior ao nível atual, não precisando levar necessariamente o sistema à morte. Este novo nível de complexidade será caracterizado por outros tipos de comportamento, que deverão atender a um nível de eficiência identificado pelo próprio sistema como necessário para atender às pressões do ambiente. O processo de percepção e interpretação dessa necessidade e implantação das mudanças necessárias ocorre nos sistemas estrutural e cognitivo.

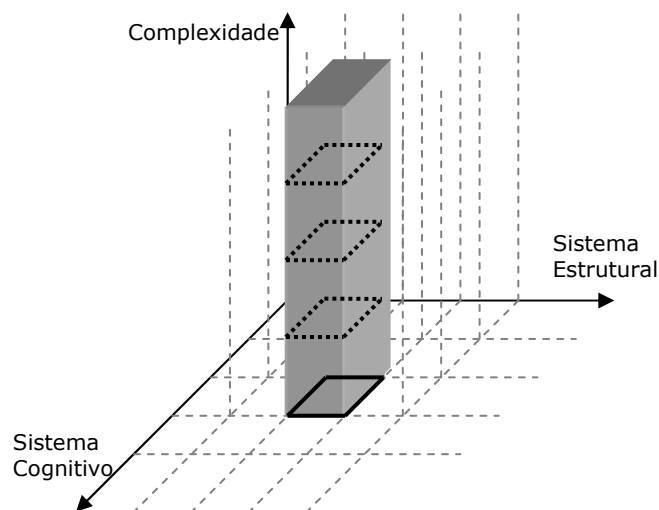


Figura 3 - A complexidade organizacional, como emergência dos sistemas estrutural e cognitivo.

Esta visão da organização como um sistema complexo possui implicações na implantação de sistema ERP. Fontana (2006) mostrou que os sistemas cognitivo e estrutural estão

intimamente relacionados em todo o processo de implantação. Além disso, a implantação deste tipo de sistema pode gerar alteração no nível de complexidade organizacional, possibilitando novas formas de comportamento. E esta alteração normalmente é originada por um período de instabilidade, em que o sistema havia alcançado seu limite de complexidade, que gerou potencial para um novo conjunto de comportamentos, alcançado por implementações bem sucedidas de sistemas ERP.

Este aumento no nível de complexidade das operações organizacionais é também, um aumento no seu nível de maturidade, pois a maturidade da organização está relacionada a sua capacidade “de fazer muito bem o que deve ser feito para sobreviver no seu ambiente”. Se a implantação de um sistema ERP altera as possibilidades de comportamentos do sistema organizacional, ela pode aumentar sua maturidade. Sua estrutura gerará comportamentos que atenderão às necessidades do ambiente e, conseqüentemente, farão com que a organização atinja seus objetivos.

Uma série de autores desenvolveram modelos que descrevem os níveis de maturidade pelos quais uma organização passa no seu ciclo de vida (GREINER, 1994; CHURCHILL & LEWIS, 1983; ROOKE & TORBERT, 1998; MONTENEGRO & BARROS, 1988; MINTZBERG & WESTLEY, 1992; SÖDERLING, 1998; KIRIRI, 2004; RAPOSO & FERREIRA, 1998). Estes níveis representam, na verdade, pontos de referência nos quais a organização pode passar ao longo do seu ciclo de vida. Os autores descrevem em média 6 níveis de maturidade. Em cada nível, a organização apresenta diferentes características de processos. Diferentes focos na gestão, estrutura organizacional, estilo de gestão, sistemas de controle, estratégias, entre outros. Dessa forma, os processos de negócio executados diferem em cada um dos níveis. Como a implantação do sistema ERP gera mudanças nesses processos, fica evidente que ela pode auxiliar na “movimentação” da empresa de um nível para outro, e isto realmente acontece em alguns casos, conforme verificado em Fontana (2006).

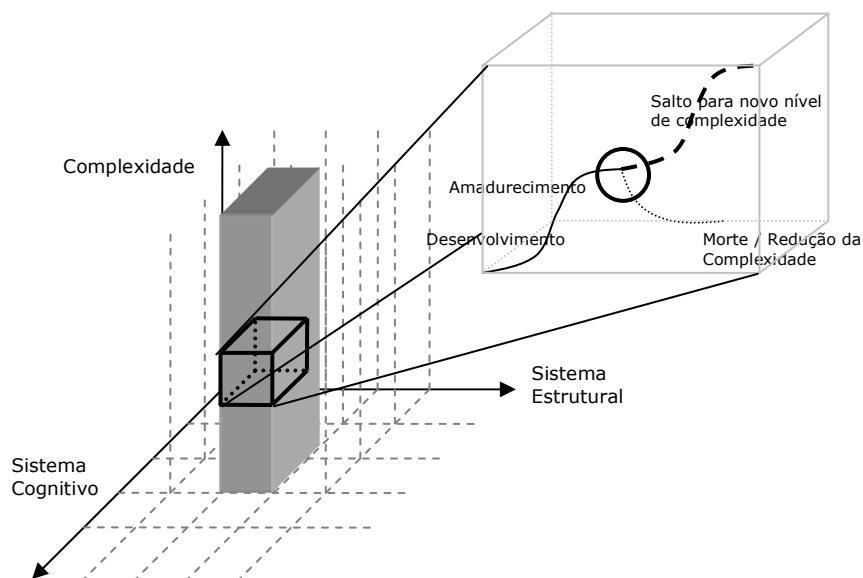


Figura 4 - Limite de complexidade e mudança de atrator do comportamento organizacional

Cada nível de maturidade corresponde a um conjunto de processos de negócio com características específicas e, quando um sistema ERP corresponder a um dos níveis de

maturidade, ele deve dar suporte a esses processos de negócio. Lembrando que mesmo que a empresa seja enquadrada em um nível de maturidade e os processos do sistema estejam adequados a este nível, a customização desses processos sempre vai ser necessária para que o sistema se enquadre no negócio da empresa.

## **6. A estratégia de intervenção**

O objetivo do projeto Pronux é criar um modelo de gestão associada a um sistema ERP livre focado nos processos de negócio de micro e pequenas empresas. Sua base conceitual considera a organização como um sistema complexo e a caracterização do nível de maturidade como um elemento fundamental para a implantação do sistema de informação. Há a preocupação de que os modelos de gestão sejam rigorosamente definidos para dar origem aos requisitos de negócio do ERP a ser criado.

Dessa forma, o sistema será organizado em módulos e em níveis – o sistema deverá englobar os principais módulos funcionais necessários a gestão do negócio, tais com: controle de estoque, custos, planejamento e controle da produção, gestão da qualidade e gestão financeira. Além disso, ele deverá ser desenvolvido em níveis, indo dos níveis mais básicos da gestão aos mais elaborados, visando uma adaptação progressiva do sistema com a evolução da complexidade e das competências existentes na organização. Para fomentar este processo, o sistema deverá incorporar rotinas que possibilitem a aprendizagem dos usuários dos conceitos e métodos de gestão utilizados. Assim, na medida em que o usuário interage com o sistema ele adquire conhecimentos e melhora as suas competências pessoais.

O Sistema de gestão será apoiado por softwares desenvolvidos dentro da filosofia do software livre, ou seja, as licenças serão livres para utilização e os códigos fontes serão abertos. Este aspecto irá facilitar a adaptação do sistema às inúmeras configurações que a organização possa assumir ao longo do seu ciclo de vida.

Finalmente, o sistema deverá privilegiar uma relação simbiótica do homem com sistema, isto é, as capacidades sócio-cognitivas dos indivíduos serão valorizadas ao invés de serem desprezadas com nas abordagens tradicionais. Os indivíduos terão um papel ativo e não de submissão em relação ao processo de tomada de decisão no sistema.

## **7. Considerações Finais**

Este artigo apresentou o modelo de referência o projeto de criação de um sistema de gestão apoiado em ERP livre voltado para micro e pequenas empresas. O modelo de referência desenvolvido deve prover a clareza necessária para a condução do projeto proposto e deve garantir que o sistema integrado de gestão seja criado a partir de conceitos sólidos e fundamentados que reflitam a realidade das micro e pequenas empresas. O sistema desenvolvido deverá atender as características e necessidades das pequenas empresas – atender as necessidades funcionais básicas da gestão de forma simples, que exija poucos investimentos em implantação, treinamento, software e hardware. Espera-se que, como consequência, a implantação do sistema gere efetivamente os benefícios esperados.

São significantes as dificuldades geradas nas implantações de ERPs por conta das dificuldades de adaptação dos usuários ao novo sistema. O preparo dos usuários é um fator crítico no sucesso da implantação de novos processos suportados pelo ERP. Ela tem um impacto direto no sistema cognitivo da organização. Dessa forma, o software livre a ser desenvolvido irá possuir contempladas funcionalidades de formação, que permitam ao usuário conhecer o processo de negócio e o sistema, enquanto o utiliza. Na medida em que os

indivíduos da organização empresarial obtêm o conhecimento sobre os processos eles acumulam um potencial de mudanças que permite a organização evoluir para níveis mais elevados de maturidade/complexidade. Além disso, sabe-se que todo software evolui e, por isso, é importante destacar que a produção de software deve focar em uma continuidade para que a manutenção e atualização deste produto sejam realizadas.

A licença livre do sistema ERP dará à empresa liberdade para alterar o sistema. O software livre não é um software grátis, embora tenha seus custos reduzidos por se concentrarem apenas em consultorias para implantação e treinamento. Este sistema deve ser construído considerando-se os modelos de processos organizacionais e de forma adaptável aos níveis de maturidade definidos no modelo de referência.

### **Agradecimentos**

Nossos agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro ao projeto.

### **Referências**

- BERALDI, Lirce C.; ESCRIVÃO FILHO, Edmund.** Impacto da tecnologia de informação na gestão de pequenas empresas. Revista Ciência da Informação - IBICT, Brasília, v. 29, n. 1, pg. 46-50, jan./abr. 2000.
- BERTALANFFY, L.** Teoria geral dos sistemas. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1975.
- BOULDING, K. E.** The world as a total system. London, Sage publications, 1985.
- CAMPOS, R.; CARVALHO, R. A.; RODRIGUES, J.** Enterprise Modeling for Development Processes of Open-Source ERP. POMS 18th Annual Conference. Texas/USA. Maio, 2007.
- CHURCHILL, N. C.; LEWIS, V. L.** The Five Stages of Small Business Growth. Harvard Business Review, mai-jun, p. 30-50, 1983.
- DONNADIEU, G. et al.** - L' Approche systémique: de quoi s'agit-il?. Union Européenne de Systemique. 2005, <http://www.afsctet.asso.fr/SystemicApproach.pdf>, em Janeiro de 2008.
- FERREIRA FILHO, V. J. M.** Sistemas Computacionais para o Gerenciamento Estratégico da Logística. Revista Pesquisa Operacional, v. 20, n. 1, p.135-143, 2000.
- FONTANA, R.** Análise do processo de mudança organizacional a partir de um modelo baseado na teoria da complexidade: aplicação na implantação de sistemas ERP. Dissertação de mestrado. PUCPR. Curitiba: 2006.
- GREINER, L. E.** Evolution and Revolution as Organizations Grow. New Jersey: Prentice Hall, 2 ed., 1994.
- HEHN, H. F.** Peopleware: como trabalhar o fator humano nas implementações de sistemas integrados de informação (ERP). São Paulo: Editora Gente, 1999.
- HERZOG, T.** A Comparison of Open Source ERP Systems. Institute of Information Systems and Operations. Viena, jun-2006.
- IBGE (2001).** Pesquisa Industrial Anual. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/26102001pia99.shtm>. Acesso em [21/12/2007].
- KIRIRI, P. N.** Small and Medium Enterprises (SMEs): validation life cycle stage determinants. Australasian Journal of Business and Social Inquiry. v.2, n.1, mar, 2004.
- KOESTLER, A.** O Fantasma da Máquina. Zahar Editores, Rio de Janeiro. 1969.
- LE MOIGNE, J. L.** La modélisation des systèmes complexes. Dunod, Paris, 1990.
- MARQUIONI, C. E.** Uma breve análise da produção de software livre. In: 4º CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO DA TECNOLOGIA E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, 2007, São Paulo. Anais do 4º CONTECSI, 2007, p. 1136.
- MASSA, H.** Fondements de la pratique de l'approche systémique en travail social - L'approche systémique. Les Cahiers de l'ACTIF 2002, 308-309, JANVIER-FEVRIER 2002, p. 9-28
- MATURANA R., Humberto; VARELA G., Francisco;** A árvore do conhecimento. Campinas : PSY II, 1995.
- MENDES, J. V.; ESCRIVAO FILHO, E.** Sistemas integrados de gestão ERP em pequenas empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial. Gestão & Produção, dez. 2002, vol.9, no.3, 277-296.

- MINTZBERG, H.; WESTLEY, F.** Cycles of Organizational Change. *Strategic Management Journal*, v. 13, p. 39-59, 1992.
- MITLETON-KELLY, E.** Ten Principles of Complexity. In: *Complex Systems and Evolutionary Perspectives of Organisations: the application of complexity theory to organizations*. Elsevier, 2003.
- MONTENEGRO, G. F.; BARROS, J. P. D.** Gerenciamento em Ambiente de Mudança: uma ferramenta gerencial para neutralizar ameaças. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1988.
- MORIN, E.** Ciência com consciência. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 344 p
- NOGUEIRA NETO, M. S. N. et. al.** Aplicação de Sistemas Integrados de Gestão em Pequenas e Médias Empresas. In: **SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INDUSTRIAIS**, 2000, São Paulo. SIMPOI - Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Industriais. Anais do SIMPEP 2000, 2000. p. 1-11.
- PADILHA, T. C. C.; COSTA, A. F. B.; CONTADOR, J. L.** Tempo de implantação de sistemas ERP: análise da influência de fatores e aplicação de técnicas de gerenciamento de projetos. *Revista Gestão & Produção*, v.11, n.1, p.65-74, 2004.
- PORTER M. E.** Vantagem Competitiva. tradução de Elizabeth Maria de Pinho Braga, Ed. Campus, RJ, 1993.
- RAPOSO, M. L. B.; FERREIRA, J. J. M.** Estudo e Desenvolvimento de uma Taxonomia de Estádio de Ciclo de Vida das Pequenas e Médias Empresas. *Revista Gestão*. n. 1, ISCTE, 1998.
- ROOKE, D.; TORBERT, W.** Organizational Transformation as a Function of CEO's Developmental Stage. *Organization Developmental Journal*, v. 16, n. 1, p. 11-28, 1998.
- SACCOL, A. Z.; MACADAR, M. A.; SOARES, R. O.** Mudanças Organizacionais e Sistemas ERP. In: **SOUZA, C. A.; SACCOL, A.** *Sistemas ERP no Brasil: Teoria e Casos*. São Paulo: Atlas, 2003. p. 173-190.
- SANTOS JUNIOR, S.; FREITAS, H.; LUCIANO, E. M.** Dificuldades para o Uso de Tecnologia da Informação. *RAE Eletrônica*, v. 4, n. 2, art. 20, jul-dez, 2005.
- SERRANO, N; SARRIEGI, J. M.** Open Source Software ERPs: A New Alternative for an Old Need. *IEEE Software*, mai-jun, 2006. p. 94-97.
- SIMON Herbert A.** *Sciences des systèmes sciences de l'artificiel*. Dunod, Paris, 1991.
- SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S.** *Administração da Produção*. São Paulo, Atlas, 2001.
- SÖDERLING, R. A.** The Dynamics of the Firm: in search for a general model. 43rd ICSBW Conference, jun, 1998.
- SOUZA, C. A.; ZWICKER, R.** Sistemas ERP: Estudos de Casos Múltiplos em Empresas Brasileiras. In: **SOUZA, C. A.; SACCOL, A.** *Sistemas ERP no Brasil: Teoria e Casos*. São Paulo: Atlas, 2003.
- STERMAN, J. D.** *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Irwin Mc-Graw Hill, 2000.
- VERNARDAT, F. B.** *Enterprise Modeling and Integration: principles and applications* – London, 1996.
- VILLEGAS, O. R. T.** Emergent tendencies in multi-agent-based simulations using constraint-based methods to effects practical proofs over finite subsets of simulation outcomes. Thesis doctored. Centre for policy modellig the Manchester Metropolitan University, 2001.
- ZWICKER, R.; SOUZA, C. A.** Sistemas ERP: Conceituação, Ciclo de Vida e Estudos de Caso Comparados. In: **SOUZA, C. A.; SACCOL, A.** *Sistemas ERP no Brasil*. São Paulo: Atlas, 2003. p. 63-87.